

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARGRET SIBYLLE ENGEL

CARACTERIZAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA, ATRAVÉS DE MEDIÇÕES,
MAPEAMENTOS E ENTREVISTAS DE PERCEPÇÃO SONORAS NA LINHA
VERDE EM CURITIBA – PARANÁ

CURITIBA

2012

MARGRET SIBYLLE ENGEL

CARACTERIZAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA, ATRAVÉS DE MEDIÇÕES,
MAPEAMENTOS E ENTREVISTAS DE PERCEPÇÃO SONORA NA LINHA
VERDE EM CURITIBA – PARANÁ

Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do grau de Mestre em Engenharia de
Recursos Hídricos e Ambiental, no curso de
Pós-Graduação em Engenharia de Recursos
Hídricos e Ambiental, Área de concentração em
Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia,
Universidade Federal do Paraná,

Orientador: Prof. Dr. Ing – Paulo Henrique
Trombetta Zannin

CURITIBA

2012

-
- E57c Engel, Margret Sibylle
Caracterização da poluição sonora, através de medições, mapeamentos e entrevistas de percepção sonora na Linha Verde em Curitiba-Paraná. [manuscrito] / Margret Sibylle Engel. – Curitiba, 2012.
194f. : il. [algumas color.] ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2012.
- Orientador: Paulo Henrique Trombetta Zannin.
1. Poluição sonora. 2. Mapeamento sonoro (Curitiba/PR). I. Universidade Federal do Paraná. II. Zanin, Paulo Henrique Trombetta. III. Título.
-
- CDD: 620.23



TERMO DE APROVAÇÃO

MARGRET SIBYLLE ENGEL

“Caracterização da Poluição Sonora, através de medições e mapeamento sonoros e entrevistas de percepção sonora na Linha Verde em Curitiba - Paraná”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

PRESIDENTE:

Paulo Henrique Trombetta Zannin
Universidade Federal do Paraná
Orientador

MEMBROS:

Cristovão Vicente S. Fernandes
Universidade Federal do Paraná

Carolina Reich Marcon Passero
Universidade Federal do Paraná

Stelamaris Rolla Bertoli
Universidade Estadual de Campinas

Curitiba, 05 de junho de 2012

Aos meus pais Guido e Maria-Elisabeth pela vida, amor, valores e respeito que me dedicaram durante todos os anos de minha vida.

À minha avó, Elisabeth Margarethe Maria Ernst Grün (*in memoriam*) pelo exemplo de vida transmitido durante a sua existência.

Às minhas irmãs Karin e Miriam que me instigaram a buscar o conhecimento.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, benção e proteção.

Ao professor Paulo Henrique Trombetta Zannin, pela orientação e conhecimentos compartilhados, apoio, incentivo, confiança e principalmente pela amizade.

Ao professor Eloy Kaviski, pelos conhecimentos compartilhados, acolhida e incentivo durante e execução deste trabalho.

Aos amigos e colegas Paulo Eduardo Kirrian Fiedler, Fernando Bunn, Emerson Hochsteiner Vasconcelos, Daniel Detzel, Stéphanie Saez Meyer, Alinne Mizukawa, Guilherme Luiz Dalledonne, Guilherme Samways, Karyn Hamad, pelo companheirismo durante o percurso do mestrado e pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico da Universidade Federal do Paraná, David Queiroz Sant'Ana, Bani Szeremeta e Carolina Reich Marcon Passero pelo conhecimento e companheirismo compartilhados.

Aos bolsistas de iniciação científica: Felipe do Valle, Jonathan Frost e Fernanda Hariane Ferraz, pela ajuda na realização das determinações de campo e processamento das amostras.

Aos funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento pelo apoio no preenchimento das formalidades burocráticas exigidas pela Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Eng. de Recursos Hídricos e Ambiental.

Ao meu pai, professor Guido Irineu Engel, pela dedicação, incentivo, inspiração, apoio e força transmitidos durante esses dois últimos anos que eu dediquei ao mestrado, às minhas irmãs, Karin e Miriam e à minha mãe, Maria-Elisabeth, pelo carinho e compreensão.

À Capes, pelo auxílio financeiro.

Não há autoconhecimento, nem auto percepção naqueles que não estão em união com o Supremo. Sem auto percepção não há paz, e sem paz, não se pode ter felicidade. (2.66)

Bhagavad Gita, O Som de Deus.

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo caracterizar a poluição sonora em um trecho da Linha Verde Sul e adjacências, no município de Curitiba, Estado do Paraná. Para tanto, foram levantados dados objetivos, através de medições e mapeamento sonoro, bem como dados subjetivos, através da realização de entrevistas estruturadas, feitas com uma amostra de moradores da região de estudo, que resultaram em um estudo de percepção sonora. A análise estatística dos dados objetivos (análises de frequências e coeficiente de correlações de Pearson) revelou que a Linha Verde e parte das vias adjacentes estão poluídas acusticamente. Além disto, há uma correlação forte entre os níveis sonoros registrados e as seguintes variáveis: fluxo de motos, velocidade, fluxo de carros e o fluxo total de veículos. O mapeamento sonoro indicou que as fachadas das residências localizadas nas vias poluídas acusticamente são afetadas por ruídos acima dos 70 dB(A). Já a análise estatística dos dados subjetivos (coeficientes de correlações de Pearson, Spearman, V de Cramer e análises de frequências) revelou correlações moderadas, fracas e até muito fracas entre as variáveis subjetivas e que os informantes da amostra analisada não se incomodam com os ruídos da região; estes, entretanto, perceberam um aumento significativo dos níveis sonoros, apresentando inclusive algumas reações aos ruídos da região, como: irritabilidade e insônia. Foi realizada ainda uma Análise Fatorial dos dados subjetivos, que levou a uma redução das variáveis, possibilitando a confrontação desta com os dados objetivos através de uma Regressão Logística Multinomial. O resultado desta regressão explicou 85,2% de todos os sintomas físicos e psicológicos apontados pelos informantes no estudo de percepção sonora.

Palavras-chave: Medição sonora. Mapeamento sonoro. Percepção sonora.
Paisagem sonora.

ABSTRACT

The aim this study is to characterize sound pollution in the south section of the Green Line and surroundings, in the city of Curitiba, Paraná. For this purpose objective data have been collected through noise measurements and noise mapping, as well as subjective data, through structured interviews with a sample of dwellers of the study area, which led to a noise perception study. The statistical analysis of the objective data (frequency analysis and Pearson correlation coefficient) showed that the south section of the Green Line and part of the surrounding streets are noise polluted. Furthermore there is a strong correlation between the noise level pressure and the following variables: motorcycle flow, vehicle speed, car flow and the total vehicle flow. The noise mapping showed that the façades of the dwellings in the noise polluted streets are affected by a noise pressure of over 70 dB(A). As for the statistical analysis of the subjective data (Pearson, Spearman, V of Cramer correlation coefficient and frequency analysis) showed moderate, weak and even very weak correlations between the subjective variables, and that interviewees of the analyzed sample did not feel annoyed with the noise in the study area; however they noticed a significant increase of the sound pressure levels and even reported some reactions to the noise in the study area, such as: irritability and sleeping disorders. In addition, a factor analysis of the subjective data has been carried out which led to a variables reduction, this allowed a confrontation between these variables with the objective data through a multinomial logistic regression. The result of these regression accounted for 85,2% of all the reported physical and psychological symptoms by the interviewees in the noise perception study.

Key words: Noise measurement. Noise mapping. Noise perception. Soundscape.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MEDIDAS DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO NA EUROPA.....	37
TABELA 2 - NÍVEL DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO (NCA) PARA AMBIENTES EXTERNOS, EM dB(A)	46
TABELA 3 - LIMITES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS DE RUÍDO – LEI MUNICIPAL 10.625/2002	47
TABELA 4 - EFEITOS SUBJETIVOS RELACIONADOS ÀS MUDANÇAS DE NÍVEL SONORO.....	50
TABELA 5 - ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO	56
TABELA 6 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO SONORA DO ESTUDO PILOTO	62
TABELA 7 – PARÂMETROS PARA A ADOÇÃO DAS INCERTEZAS DEVIDAS ÀS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS (Y)	65
TABELA 8 - CRITÉRIOS DE RECOMENDAÇÃO DE FIABILIDADE ESTIMADA PELO ALFA DE CRONBACH (ADAPTADO DE PETERSON, 1994)	67
TABELA 9 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS DO ESTUDO PILOTO DE ACORDO COM OS TEMPOS DE MEDIÇÃO	93
TABELA 10 - TRIPLICATAS DAS MEDIÇÕES SONORAS DOS PONTOS 1 E 2 DO ESTUDO PILOTO.....	96
TABELA 11 - FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS DA LINHA VERDE.....	100
TABELA 12 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NA LINHA VERDE	101
TABELA 13 - FLUXO DE VEÍCULOS DOS PONTOS DA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO	103
TABELA 14 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO	105
TABELA 15 - FLUXO DE VEÍCULOS DOS PONTOS DA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO.....	107
TABELA 16 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO.....	109
TABELA 17 - FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS DA VILA HAUER / XAXIM	111
TABELA 18 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS VILA HAUER / XAXIM	113
TABELA 19 - FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS EXTRAS	114
TABELA 20 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NOS PONTOS EXTRAS	115
TABELA 21 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS MEDIÇÕES SONORAS E DEMAIS VARIÁVEIS.....	116
TABELA 22 - RESULTADOS DAS CALIBRAÇÕES DOS MAPEAMENTOS SONOROS	119
TABELA 23 - RESULTADOS DAS MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL	139
TABELA 24 - RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES DOS DADOS OBTIDOS NAS ENTREVISTAS	143

TABELA 25 - DEMONSTRAÇÃO DAS 15 CARGAS FATORAIS PROVENIENTES DAS VARIÁVEIS ORIGINAIS DE 21 COMPONENTES	148
TABELA 26 - COMUNALIDADES AJUSTADAS E EXTRAÇÃO DE 7 FATORES COMUNS	149
TABELA 27 - PROPORÇÃO DA VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PELOS COMPONENTES PRINCIPAIS MENSURADA DE FORMA INDIVIDUAL E CUMULATIVA DE 12 COMPONENTES	149
TABELA 28 - TESTES DE RACIO VEROSSIMILHANÇA	153
TABELA 29 - COEFICIENTES DO MODELO MULTINOMIAL QUE RELACIONA OS SINTOMAS E REAÇÕES ATRELADOS AO RUÍDO COM AS CATEGORIAS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SIGNIFICATIVAS	153

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NA LINHA VERDE ..	101
GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NA LINHA VERDE COM O LIMITE ESTABELECIDO.....	102
GRÁFICO 3 - FLUXO TOTAL E POR CATERGORIA DE VEÍCULOS NA LINHA VERDE	102
GRÁFICO 4 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO	104
GRÁFICO 5 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO COM O LIMITE ESTABELECIDO	106
GRÁFICO 6 - FLUXO TOTAL E POR CATERGORIA DE VEÍCULOS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO	106
GRÁFICO 7 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO.....	108
GRÁFICO 8 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO COMPARAÇÃO COM OS LIMITES ESTABELECIDOS	110
GRÁFICO 9 - FLUXO TOTAL E POR CATERGORIA DE VEÍCULOS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO	110
GRÁFICO 10 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS VILA HAUER / XAXIM	112
GRÁFICO 11 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NOS BAIROS XAXIM E VILA HAUER COM O LIMITE ESTABELECIDO	113
GRÁFICO 12 - FLUXO TOTAL E POR CATERGORIA DE VEÍCULOS NOS BAIROS XAXIM E VILA HAUER COM O LIMITE ESTABELECIDO	113
GRÁFICO 13 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS EXTRAS	115
GRÁFICO 14 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NOS PONTOS EXTRAS COM O LIMITE ESTABELECIDO.....	116
GRÁFICO 15 - FLUXO TOTAL E POR CATERGORIA DE VEÍCULOS NOS PONTOS EXTRAS.....	116

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DA VIBRAÇÃO DAS PARTÍCULAS FORMANDO UMA ONDA SONORA	25
FIGURA 2 - ONDA SONORA COM TOM PURO	28
FIGURA 3- POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO DA LINHA VERDE	53
FIGURA 4 - MAPA DE CURITIBA E DEMARCAÇÃO DE TRECHOS DA LINHA VERDE	54
FIGURA 5 - ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO NA LINHA VERDE	55
FIGURA 6 - ZONAS DE SILÊNCIO NA ÁREA DE ESTUDO (1)	58
FIGURA 7 - ZONAS DE SILÊNCIO NA ÁREA DE ESTUDO (2)	58
FIGURA 8 - PROJETO PAISAGÍSTICO DO PARQUE LINEAR DA LINHA VERDE	59
FIGURA 9– VISTA EM PLANTA E EMCORTE DA DISTRIBUIÇÃO DE VIAS DA LINHA VERDE	60
FIGURA 10 - FLUXOGRAMA DE MEDIÇÕES SONORAS	69
FIGURA 11 - MEDIÇÃO SONORA REALIZADA NA LINHA VERDE	70
FIGURA 12 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO SONORA	72
FIGURA 13 - MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA B&K 2260	76
FIGURA 14 - CONTAGEM DE VEÍCULOS REALIZADA SIMULTANEAMENTE COM AS MEDIÇÕES SONORAS	78
FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DO MAPEAMENTO SONORO	80
FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS EDIFICAÇÕES NO SOFTWARE PREDICTOR 7810 V. 6.2.....	83
FIGURA 17 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA EM 3D DAS EDIFICAÇÕES NO SOFTWARE PREDICTOR 7810 V.6.2.....	84
FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DA PARTE SUBJETIVA.....	86
FIGURA 19 - MAPA SONORO DO PONTO 1 DO ESTUDO PILOTO QUE COMPARA A PROPAGAÇÃO DO SOM DE ACORDO COM OS TEMPOS DE MEDIÇÃO	95
FIGURA 20 - MAPA SONORO DO PONTO 2 DO ESTUDO PILOTO QUE COMPARA A PROPAGAÇÃO DO SOM DE ACORDO COM OS TEMPOS DE MEDIÇÃO	95
FIGURA 21 - COMPARAÇÃO DOS GRIDS 30(1), 20(2), 15(3) E 10(4) NO MAPEAMENTO SONORÓ DO PONTO 2 DO ESTUDO PILOTO	98
FIGURA 22 - LEGENDA UTILIZADA NO MAPEAMENTO SONORO	120
FIGURA 23 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DE ESTUDO	122
FIGURA 24 - MAPEAMENTO SONORO DAS ÁREAS DAS ESCOLAS 1 E 3... ..	123
FIGURA 25 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DA ESCOLA 5 E CRECHE	123
FIGURA 26 - MAPEAMENTOS SONOROS DAS ÁREAS DA ESCOLA 5 E CRECHE – PARTE 2.....	124
FIGURA 27 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DA ESCOLA 4.....	124
FIGURA 28 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DA ESCOLA 2.....	125

FIGURA 29 – BAIRRO EM QUE RESIDEM OS ENTREVISTADOS	128
FIGURA 30 – DISTRIBUIÇÃO DOS INFORMANTES POR GÊNERO	128
FIGURA 31 – FAIXA ETÁRIA DOS ENTREVISTADOS	129
FIGURA 32– TEMPO DE RESIDÊNCIA NO ENDEREÇO ATUAL	129
FIGURA 33 – GRAU DE ESCOLARIDADE DOS INFORMANTES	129
FIGURA 34 - "SENTE INCÔMODO COM OS RUÍDOS DA REGIÃO?"	130
FIGURA 35 - "DURANTE O PERÍODO DE RESIDÊNCIA NESTE LOCAL, O RUÍDO:"	130
FIGURA 36 – RUÍDOS QUE MAIS INCOMODAM NA REGIÃO	131
FIGURA 37 – PERÍODOS DO DIA COM MAIOR INTENSIDADE SONORA	131
FIGURA 38 - PERÍODO OU PERÍODOS DA SEMANA COM A MAIOR INTENSIDADE SONORA.....	131
FIGURA 39 - A INTERFERÊNCIA SONORA PREJUDICA A SAÚDE?	133
FIGURA 40 – CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO	133
FIGURA 41 – ATIVIDADES DENTRO DE CASA EM QUE O RUÍDO ATRAPALHA	133
FIGURA 42 - RESULTADOS PARA A PERGUNTA "JÁ TEVE A INTENÇÃO DE SE MUDAR DEVIDO AO RUÍDO EXTERNO DA REGIÃO ONDE VOCÊ VIVE?"	133
FIGURA 43 – PERÍODO DO DIA EM QUE A PERMANÊNCIA DO INFORMANTE EM SUA RESIDÊNCIA É MAIOR.....	135
FIGURA 44 - O RUÍDO DA REGIÃO ONDE VOCÊ RESIDE PODE DESVALORIZAR O SEU IMÓVEL?	135
FIGURA 45 - A LOCALIZAÇÃO FOI UM FATOR IMPORTANTE PARA A ESCOLHA DO IMÓVEL?	135
FIGURA 46 - O TAMANHO DO IMÓVEL FOI UM FATOR IMPORTANTE PARA A SUA ESCOLHA?	135
FIGURA 47 - O VALOR DO IMÓVEL FOI UM FATOR IMPORTANTE PARA A SUA COMPRA/LOCAÇÃO?.....	136
FIGURA 48 - VOCÊ CONSIDERA A SUA VIZINHANÇA:	136
FIGURA 49 - EM RELAÇÃO AO RUÍDO, VOCÊ CONSIDERA O LOCAL DE SUA RESIDÊNCIA:.....	136
FIGURA 50 - ESQUEMA DE CORRELAÇÕES SIGNIFICANTES DAS VARIÁVEIS DO QUESTIONÁRIO DE PERCEÇÃO SONORA	145

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	18
1.1 APRESENTAÇÃO DO ASSUNTO E JUSTIFICATIVA	18
1.2 OBJETIVO GERAL	20
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 POLUIÇÃO.....	22
2.1.1 Poluição sonora.....	23
2.1.2 Efeitos da poluição sonora	23
2.2 SOM E RUÍDO	24
2.2.1 Ruído urbano e seu controle	26
2.3 CONCEITOS RELACIONADOS À PROPAGAÇÃO DAS ONDAS SONORAS	27
2.3.1 Fenômenos de propagação da onda	29
2.4 PROPRIEDADES ACÚSTICAS DAS ONDAS SONORAS	31
2.4.1 Velocidade do som.....	31
2.4.2 Frequência sonora.....	31
2.4.3 Campo acústico.....	32
2.4.4 Fontes sonoras.....	32
2.4.5 Intensidade sonora	33
2.4.6 Potência sonora	34
2.5 MEDIÇÃO DO RUÍDO.....	35
2.5.1 Nível de pressão sonora.....	35
2.5.2 Curvas de ponderação do ruído	36
2.5.3 Nível de pressão sonora equivalente.....	36
2.5.4 Níveis estatísticos (Ln)	36
2.6 MAPEAMENTO SONORO	37
2.6.1 ISO 9613-2/1996	39
2.6.2 Grupo de Trabalho de Avaliação da Exposição ao Ruído da Comissão Européia “European Commission Working Group Asssessment of Exposore to Noise – WG-AEN”	44
2.7 ASPECTOS NORMATIVOS	45
2.7.1 NBR 10.151/2000.....	45
2.7.2 Lei Municipal 10.625/2002 do Município de Curitiba.....	46
2.8 TEORIA DA PERCEPÇÃO.....	48
2.8.1 Percepção sonora	49
2.9 ESTUDOS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS SONOROS.....	50
CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS	52
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	52
3.1.1 A importância da Linha Verde para Curitiba	52
3.1.2 Delimitações e zoneamento	53
3.2 ESTUDO PILOTO	61
3.2.1 Tempo de medição sonora	62

3.2.2	Verificação da necessidade de realização de triplicatas das medições sonoras	64
3.2.3	Determinação do tamanho do grid para mapeamento sonoro	66
3.2.4	Confiabilidade das perguntas do questionário de percepção sonora	67
3.3	AVALIAÇÃO OBJETIVA DO ESTUDO	68
3.3.1	Medições sonoras	68
3.3.2	Mapeamento sonoro.....	78
3.4	AVALIAÇÃO SUBJETIVA DO ESTUDO	85
3.4.1	Determinação do método	85
3.4.2	Definição da população	87
3.4.3	Definição do erro amostral.....	87
3.4.4	Determinação do tamanho da amostra.....	87
3.4.5	Questionário de percepção sonora.....	88
3.5	TABULAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS REALIZADAS	89
	CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E SUA INTERPRETAÇÃO	93
4.1	RESULTADOS DO ESTUDO PILOTO	93
4.1.1	Resultados do tempo de medição	93
4.1.2	Resultados da verificação da necessidade de realização de triplicatas das medições sonoras	96
4.1.3	Resultados da determinação do tamanho do grid para mapeamento sonoro	97
4.1.4	Resultados da confiabilidade das perguntas do questionário de percepção sonora	99
4.2	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO OBJETIVA	99
4.2.1	Resultados da Linha Verde	100
4.2.2	Resultados da Rua Maestro Francisco Antonello	103
4.2.3	Resultados da Rua Major Vicente de Castro	107
4.2.4	Resultados obtidos nos bairros Vila Hauer / Xaxim	111
4.2.5	Resultados nos pontos extras	114
4.2.7	Coeficientes de correlação entre as medições sonoras e as demais variáveis	116
4.2.8	Discussão dos resultados das medições sonoras	117
4.2.9	Mapeamento sonoro de áreas com conjuntos de pontos.....	118
4.2.10	Discussão sobre os resultados do mapeamento sonoro.....	126
4.3	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA	126
4.3.1	Resultados da análise da estatística descritiva.....	127
4.3.2	Resultados da análise estatística multivariada	147
4.4	RESULTADOS DA CONFRONTAÇÃO DOS DADOS OBJETIVOS COM OS DADOS SUBJETIVOS	151
4.4.1	Resultados da Regressão Logística Multinomial	151
4.4.2	Discussão dos resultados da confrontação dos dados objetivos com os dados subjetivos	155
	CONCLUSÕES	157
	RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	159
	REFERÊNCIAS	160
	APÊNDICES	175

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO UTILIZADO NO ESTUDO DE PERCEPÇÃO SONORA DA LINHA VERDE	176
APÊNDICE 2 – CÓDIGO FONTE EM MATLAB PARA A RESOLUÇÃO NA ANÁLISE FATORIAL	181
APÊNDICE 3 – RESULTADO PRIMÁRIO DA ANÁLISE FATORIAL DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA	182
APÊNDICE 4 – RESULTADO FINAL DA ANÁLISE FATORIAL DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA	190

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO ASSUNTO E JUSTIFICATIVA

A poluição sonora é um fenômeno mundial, sobretudo em grandes centros urbanos, relacionado ao aumento do tráfego de veículos automotores e a construção civil (MOHAMMADI, 2009). Vários estudos vêm abordando a problemática da poluição sonora em grandes centros urbanos e meios de contornar tal problemática (BURGESS, 1977; SANDBERG, 1987; BROWN e LAM, 1987; GARCIA e FAUS, 1991; LI *et al.*, 2002; TSAI *et al.*, 2009; JAKOVLJEVIC *et al.*, 2009; NAISH, 2010; LAM e MA, 2012).

A cidade de Curitiba, com uma população de aproximadamente 2 milhões de habitantes é uma cidade que se caracteriza por um intenso tráfego de veículos, não somente nas horas de *rush*, mas também ao longo de todo o período do dia. Estatísticas recentes indicam que o tráfego de veículos e a intensidade da construção civil vêm aumentando de ano para ano. Segundo o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (2012) a frota de veículos curitibana cresce 5% ao ano e de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012), houve aumento dos custos na construção civil do Estado do Paraná na ordem de 8,17% entre 2011 e 2012, indicando aquecimento do mercado.

Em algumas áreas o tráfego de veículos é mais intenso, a exemplo da Linha Verde que corta a cidade de Norte a Sul, sendo esta uma antiga rodovia brasileira que possibilita o fluxo de veículos provenientes da região norte ao sul do Brasil. Em 2007 esta via tornou-se uma via exclusivamente urbana, e o tráfego de veículos pesados foi desviado para o anel viário que contorna a cidade de Curitiba. Porém, mesmo com a diminuição do tráfego pesado, esta via vem apresentando congestionamentos acentuados, como qualquer via de grande importância no contexto urbano, e conseqüentemente com a intensificação do fluxo de veículos, houve a geração de impactos intensos sobre a saúde da população, decorrentes da poluição sonora.

Vários estudos têm sido elaborados em relação ao ruído ambiental no contexto da cidade de Curitiba (ZANNIN *et al.*, 2002-a; ZANNIN *et al.*, 2003; DINIZ e ZANNIN, 2004; ALVES FILHO *et al.*, 2004; ZANNIN *et al.*, 2006; CALIXTO *et al.*, 2008; SZEREMETA e ZANNIN, 2009). Estes estudos abordam questões como a poluição sonora na cidade de Curitiba, percepção sonora dos moradores de Curitiba, avaliações de ruídos de subestações de energia elétrica, influência da composição do tráfego de veículos nos ruídos de transporte, estudo sobre o ruído de tráfego em áreas residenciais, avaliação sonora e de *soundscape* em parques.

No contexto da Linha Verde, os estudos sobre ruídos ambientais iniciaram-se em 2002 com estudos realizados por Calixto *et al.* (2002), indicando os resultados de diagnóstico dos ruídos ambientais provenientes do tráfego de veículos de rodovias situadas dentro do perímetro urbano da cidade. No ano seguinte Zannin *et al.* (2003) indicou os efeitos da composição do tráfego de veículos desta via no ruído urbano. Paz e Zannin (2009, 2010) realizaram mapeamentos sonoros desta via. Com a urbanização da rodovia, houve a necessidade da realização de estudos ambientais para verificar os impactos gerados na fase de implantação da nova grande via urbana e assim Zannin e Sant'Ana (2011) e Fiedler *et al.* (2012) demonstraram através de diagnósticos dos ruídos ambientais e mapeamento sonoro a evolução dos ruídos gerados na transformação da rodovia em grande via urbana. Portanto, faltam estudos sobre a percepção sonora dos ruídos provenientes da Linha Verde e fontes da região.

O diferencial do presente estudo é a utilização de duas técnicas para avaliação dos impactos ambientais que produzem resultados objetivos – medições e mapeamento sonoro – e uma técnica que produz resultados subjetivos – questionários de percepção sonora, na Linha Verde e em suas adjacências. No contexto da cidade de Curitiba não há estudos com a utilização destas três técnicas para avaliação de impactos ambientais sonoros em conjunto e que possibilitem a verificação da abrangência da propagação sonora de uma das principais vias da cidade, o que torna este estudo inédito. A combinação destes resultados gera um diagnóstico mais abrangente da paisagem sonora estudada, auxiliando na tomada de decisões da gestão pública para a mitigação de tais

impactos, bem como contribuindo com dados que podem auxiliar a gestão da saúde pública no tocante a poluição sonora e seus efeitos deletérios.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é a caracterização da poluição sonora, através de medições, mapeamentos sonoros e estudo da percepção sonora por parte da população que reside em uma parte do trecho sul da Linha Verde.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

As etapas realizadas para o alcance dos objetivos foram:

- Fazer medições dos níveis de pressão sonora em trechos pós-obra da primeira etapa (trecho sul) da construção da Linha Verde;
- Elaborar mapas acústicos deste trecho;
- Elaborar estudo de percepção sonora ambiental através da aplicação de questionários na amostra selecionada para a área de estudo;
- Confrontar os dados objetivos (medições), obtidos nas medições dos níveis de pressão sonora e mapeamento sonoro, com os dados subjetivos (entrevistas), obtidos nos questionários de percepção sonora.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do estudo proposto no presente trabalho está dividida em cinco capítulos como segue:

- O capítulo um é destinado à introdução, objetivos gerais e específicos,
- O capítulo dois refere-se à revisão bibliográfica;
- O capítulo três apresenta os materiais e métodos abrangendo a caracterização da área de estudo, a metodologia empregada para a elaboração das medições sonoras e do mapeamento sonoro, bem como a metodologia empregada na caracterização da percepção sonora da população circunvizinha a área de estudo.

- O capítulo quatro compreende os resultados e a discussão dos mesmos;
- O capítulo cinco apresenta as conclusões e recomendações do trabalho.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta parte do trabalho são abordados inicialmente os conceitos sobre poluição e poluição sonora, bem como os seus impactos ambientais. Para melhor entender o funcionamento da propagação do som, serão definidos alguns conceitos relacionados com a acústica ambiental. Posteriormente serão apresentados conceitos sobre medições sonoras, mapeamento sonoro e percepção sonora, bem como relacionados com a legislação que estabelece os limites para a poluição sonora em âmbito nacional e municipal. Também serão analisadas as contribuições da comunidade científica em pesquisas sobre o ruído ambiental, bem como as metodologias empregadas em trabalhos anteriores.

2.1 POLUIÇÃO

Para Wheale (1992), poluição é a introdução de substâncias ou emissões no meio ambiente, que acarretam dano ou risco de dano, para a saúde e bem-estar humano, para o ambiente construído ou ambiente natural. Essas substâncias ou emissões podem ser provenientes da própria natureza ou de fontes antropogênicas.

Os trabalhos sobre poluição estudavam inicialmente a poluição atmosférica proveniente da combustão de carvão. A partir da década de 1970, houve o interesse em estudar outros gases que contribuem para esta forma de poluição. Em 1974, diante de pressões populares para se estabelecer políticas mais eficientes para o controle da poluição, estabeleceu-se o Ato de 1974, que visou o controle de várias formas de poluição, incluindo a poluição atmosférica e a poluição do solo. Através de movimentos antipoluição e da crescente pressão popular, ocorreu à conscientização sobre a poluição sonora (GITTINS, 1999).

2.1.1 Poluição sonora

O ruído tem sido definido como um som indesejado (BERRIEN, 1946; RODDA, 1967; LIMPSCOMB, 1974), destrutivo (BARON, 1970) e desagradável (CONES e HAYES, 1984). Ele tem sido visto normalmente como um incômodo em vez de uma fonte de poluição. Isto ocorre porque o ruído não deixa impactos visíveis no ambiente, como outras fontes de poluição (STANDER e THEODORE, 2008). Porém, a poluição sonora é atualmente uma das principais formas de poluição ambiental, sendo responsável por impactos negativos com prejuízos ao meio ambiente e à qualidade de vida da população (WHO, 2001).

2.1.2 Efeitos da poluição sonora

A Organização Mundial de Saúde – OMS (2000, 2005) classifica a poluição sonora como o terceiro tipo de poluição urbana que mais atinge a população mundial, depois da poluição do ar por emissões gasosas e da poluição da água, sendo considerada como um caso de saúde pública. Este poluente é responsável, não somente por impactos que afetam diretamente a saúde, como também impactos de ordem socioeconômica, tais como: efeitos na saúde, prejuízo das atividades produtivas motivadas por licenças-saúde, redução da capacidade de trabalho e de aprendizado além de desvalorização imobiliária.

Os efeitos na saúde são detalhados no trabalho de Berglund e Lindvall (1995), a saber:

- Perdas auditivas induzidas por ruído;
- Efeitos sensoriais (dores da cavidade auditiva, zumbido nos ouvidos);
- Percepção do ruído;
- Interferência na fala (comunicação);
- Distúrbios do sono (dificuldade de pegar no sono, alterações do padrão do sono, acordar diversas vezes na mesma noite);
- Efeitos psico-fisiológicos (*stress*, doenças cardiovasculares);
- Efeitos psico-endócrinos e imunológicos (alterações no sistema endócrino e imunológico, desorientação, desequilíbrio, fadiga, náusea, dor de cabeça, irritabilidade, instabilidade, redução do apetite sexual, ansiedade, nervosismo, insônia, sonolência anormal e perda de apetite);

- Efeitos na saúde mental (neuroses e irritabilidade);

2.2 SOM E RUÍDO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 1987, 2000), “som” é a forma de energia proveniente de um corpo que emite, em uma ou mais direções certos movimentos vibratórios, que se propagam em meios elásticos e que podem ser ouvidos.

Para Kuttruff (2007), o som é um companheiro onipresente durante toda a nossa vida. Nas áreas densamente populosas, vários tipos de som são produzidos pelo homem, de forma intencional ou não. Até nas áreas rurais raramente temos momentos de quietude, devido à interação com a natureza. O mesmo autor afirma que a natureza física do som, desde sua geração, propagação e a percepção está ligada à vibração mecânica ou oscilação do ar. As vibrações sonoras podem ser frequentemente sentidas através do tato (com as mãos), mas há vibrações muito fracas que são impossíveis de serem sentidas imediatamente, como por exemplo, os sons que penetram as paredes, em tais casos, podemos apenas observar as ondas sonoras por meios especiais, a exemplo dos dispositivos de medições sonoras.

Qualquer alteração da densidade do ar está associada à alteração da pressão atmosférica. Desta forma, toda a distribuição de pressão induzida pelo movimento de um corpo irá viajar através do ar em repouso e através da compressão e expansão de moléculas no ar, dando origem às ondas sonoras (KUTTRUFF, 2007).

No processo de audição ocorre um processo inverso. Quando uma onda sonora alcança o receptor (ouvido), uma pequena parte do som entra no canal auditivo, colide com o tímpano, o qual é submetido a vibrações através de flutuações de pressão. Essas oscilações dão origem a processos subsequentes nos ouvidos médio e interno, que transformarão tais estímulos em sinais neurais e que seguirão até o cérebro (KINSLER *et al.*, 1982; KUTRUFF, 2007).

Cada partícula que compõe o meio de propagação do som desenvolve um movimento em torno de sua posição de equilíbrio, isto é, a partícula vibrante transmite seu movimento para a partícula adjacente, que também o transmite para a próxima, fazendo com ocorra a propagação do som em um meio elástico, o que

é exemplificado na (FIGURA 1), onde se pode ver a representação de rarefação e condensação de moléculas de ar, que é submetido ao impacto vibracional de uma parede plana localizada em $x = 0$ (distância inicial igual à zero). O grau de escuridão é proporcional à densidade de moléculas. Áreas mais claras são as de rarefação. As variações de deslocamento molecular (ψ), pressão (p), condensação $s = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0}$ e deslocamento de partículas (ξ) são dadas como funções de x para um dado instante da propagação do som. Nota-se que o comprimento de onda (λ) representa a distância entre os pontos correspondentes de ciclos adjacentes. A amplitude é o deslocamento máximo da partícula em relação à sua posição de equilíbrio, o período é o tempo decorrido em uma oscilação completa e frequência é o número de vezes que a partícula vibra em um segundo (KINSLER *et al.*, 1982; HARRIS, 1998; RAICHEL, 2006).

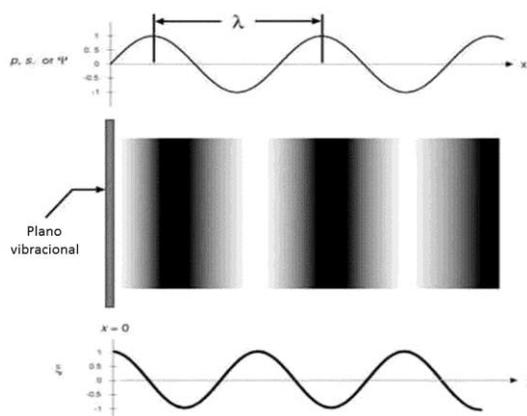


FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DA VIBRAÇÃO DAS PARTÍCULAS FORMANDO UMA ONDA SONORA

FONTE: RAICHEL, 2006.

A propagação das ondas sonoras pode ser de forma harmoniosa, quando se denomina som, ou incômoda, denominada de ruído. Neste último caso, diversos movimentos oscilatórios se combinam e produzem um movimento resultante, cujas oscilações são desarmônicas (KINSLER *et al.*, 1982; BERANEK e VÉR, 1992; HARRIS, 1998). O ruído é então caracterizado tecnicamente pela ocorrência de várias amplitudes e frequências de forma não harmoniosa (HASSALL e ZAVERI, 1979; KINSLER *et al.*, 1982).

Há dois tipos de ruído: o ruído ambiente e o de fundo. O ruído ambiente é um ruído fora de compasso, associado a um determinado ambiente em um tempo

específico, sendo usualmente composto pelo som de muitas fontes em diferentes direções, próximas e distantes, incluindo as fontes sonoras de interesse. O ruído de fundo é composto por todas as fontes que não são a fonte de interesse (HARRIS, 1998).

Para Kuttruff (2007), o ruído é um tipo indesejado de som. Fica claro dizer que não se podem derivar parâmetros físicos que poderão dizer se um som, em particular, irá aparecer como um ruído ou não, já que em circunstâncias específicas, e inclusive as atitudes dos receptores, são relevantes para a distinção entre ruídos e outros sons. Em particular, eventos acústicos ou sinais, poderão ser sentidos como um som prazeroso em determinadas situações ou como irritantes em outras circunstâncias. Mesmo a sonoridade não pode ser considerada um critério inequívoco para a classificação de um som como prazeroso ou como um ruído.

2.2.1 Ruído urbano e seu controle

Os sons podem ser classificados como sendo, ruídos primários ou secundários. O som primário é proveniente de uma fonte principal, por exemplo, uma máquina, ou de qualquer outra fonte sonora que afeta o indivíduo localizado nas proximidades. O som secundário corresponde à soma das parcelas derivadas dos seguintes tipos de sons: aéreos, de impacto e de reflexão (ALEXANDRY, 1978). A atividade humana sempre envolverá a geração de sons e conseqüentemente a geração de ruídos de fundo, que é o conjunto de sons ou ruídos que ocorrem conjuntamente com o fato sonoro de interesse ou em considerações específicas (BISTAFA, 2006; FRITSCH, 2006).

O agente caracterizador da poluição sonora urbana é denominado de ruído urbano ou ruído ambiental. O mesmo é considerado como um ruído complexo, pois é composto de várias parcelas de ruídos secundários, provenientes de fontes e atividades diversas. Sendo assim, para se eliminar ou atenuar este tipo de ruído é necessário intervir em cada parcela que o compõe separadamente (PAZ, 2004).

Yang e Kang (2005) afirmam que para tornar uma área mais confortável acusticamente, é necessário intervir no ruído de fundo. Eles afirmam também que a avaliação da acústica ambiental quanto ao seu grau de conforto, é muito afetada pelo tipo de fonte sonora que interfere na área. Ou seja, é importante conhecer os

tipos de ruídos que compõem a poluição sonora das áreas de estudo, como foi frisado na pesquisa de Zannin *et al.* (2002-b, 2003) realizada na cidade de Curitiba, onde foi caracterizada a composição dos níveis sonoros do ruído do tráfego urbano.

2.3 CONCEITOS RELACIONADOS À PROPAGAÇÃO DAS ONDAS SONORAS

Segundo Hansen e Snyder (1997), os distúrbios acústicos viajam através de um meio fluídico em formato de ondas longitudinais e geralmente estão associadas às pequenas perturbações do estado de um ambiente. Em um fluído como o ar ou a água, o estado ambiental é caracterizado pelos valores das variáveis físicas (pressão P , velocidade U e densidade ρ_0) que existem na ausência de distúrbios. O estado do ambiente define o meio em que o som se propaga. Um meio homogêneo é aquele em que os dados quantitativos independem de sua posição. O meio em repouso é aquele que independe do tempo e no qual a velocidade é igual a zero ($U=0$).

As variáveis do ambiente (pressão, velocidade, temperatura e densidade) satisfazem as equações dinâmicas dos fluídos e quando o distúrbio está presente, o efeito que elas têm deve ser incluído nas variáveis. A demonstração da presença de um distúrbio acústico é representada da seguinte forma em função do raio da onda sonora (r) e tempo de duração (t):

$$\text{Pressão: } P_{\text{tot}} = P + p(r,t)$$

$$\text{Velocidade: } U_{\text{tot}} = U + u(r,t)$$

$$\text{Temperatura: } T_{\text{tot}} = T + \tau(r,t)$$

$$\text{Densidade: } \rho_{\text{tot}} = \rho_0 + \rho(r,t)$$

Um movimento contínuo de partículas (vibração) que compõem um meio considerado ilimitado gera uma transmissão de energia, denominada de propagação, e a sua forma denomina-se “onda”. No contexto acústico, a onda de propagação gerada é chamada de “onda sonora” (FIGURA 2), a mesma dá origem a um determinado ruído ou som, de maior ou menor intensidade (HARRIS, 1998; BIES e HANSEN, 2002; HASSALL e ZAVERI, 1979).

Quando a energia que passa por um determinado meio resulta em um tipo de onda em movimento, vários tipos de onda podem ser gerados dependendo do

movimento da partícula no meio; entretanto, em ondas sonoras, as partículas propagam-se longitudinalmente, visto que as mesmas oscilam para frente e para trás na direção da onda, dando origem à refração e compressão das partículas no meio em que o som se propaga. O deslocamento em meio fluídico ao longo de um ciclo é zero, já que a perturbação do fluído se move de acordo com a velocidade do som (RAICHEL, 2006).

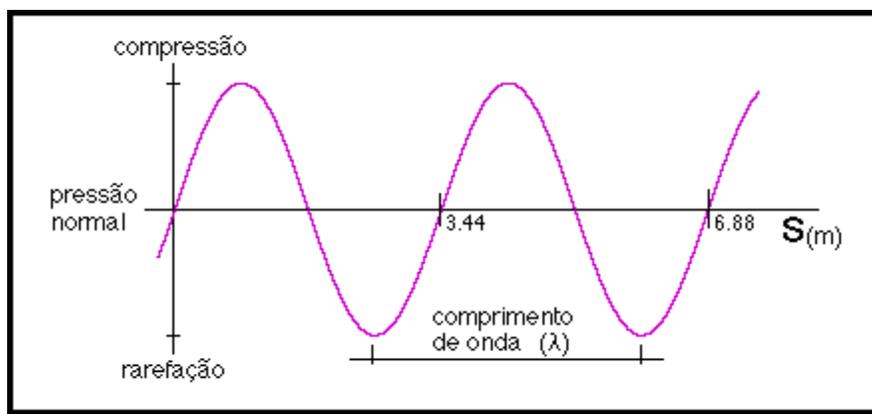


FIGURA 2 - ONDA SONORA COM TOM PURO
 FONTE: KUTRUFF, 2007.

O ar é geralmente o meio material necessário à propagação dessas ondas sonoras, sendo classificado como uma massa vibrante (HARRIS, 1998; BIES e HANSEN, 2002). Sendo assim, pode-se dizer que o som é produzido diretamente no ar (NEPOMUCENO, 1968; HASSALL e ZAVERI, 1979), ou ainda que o som é um notável acidente do ar (HUNT, 1992).

A velocidade de deslocamento das partículas é chamada de “rapidez”. Esta será tanto maior quanto mais intenso for o som, por isso a velocidade de propagação da onda é denominada de “velocidade do som” (NEPOMUCENO, 1968; BIES e HANSEN, 2002). Durante este movimento surgem aglomerações e rarefações das moléculas, que formam a “pressão do som” (NEPOMUCENO, 1968; HARRIS, 1998).

O som é uma qualidade perceptiva que resulta da percepção de distúrbios moleculares num meio, em um determinado espaço de tempo. Esses distúrbios, por sua vez, aparecem na forma de ondas em sua propagação pelo meio. Para que este fenômeno ocorra, são necessários três elementos relacionados em um

sistema: emissor, meio e receptor. O emissor tem a função de produzir um distúrbio no meio, que será percebido pelo receptor. É importante notar que o meio tem influência na qualidade do distúrbio, pois afeta a maneira como este se propaga. Os distúrbios de natureza mecânica são variações pequenas e rápidas de pressão no meio, causadas pelo movimento das moléculas, caracterizadas por compressões e rarefações, bem como por descompressões, expansões. Esse movimento está sempre relacionado com uma onda de pressão que se propaga pelo meio. Ondas mecânicas podem ser de dois tipos: longitudinais, onde as moléculas movem-se na mesma direção da propagação da onda; e transversais, em que as moléculas movem-se perpendicularmente com relação a essa direção. As ondas de pressão que caracterizam o som, chamadas de ondas sonoras são do tipo longitudinal, as mesmas se propagam por uma série de compressões/descompressões em um meio, normalmente o ar. As ondas transversais são usualmente encontradas nas vibrações de partes de certos instrumentos musicais, como nas membranas (peles de instrumentos de percussão) e cordas (LAZZARINI, 1998).

2.3.1 Fenômenos de propagação da onda

A propagação das ondas sonoras dá origem a certos fenômenos diretamente influenciados pelas características da onda e do meio material onde ela se propaga (BERANEK, 1960). Alguns destes fenômenos são: difração, espalhamento, sombra acústica, reflexão, transmissão, absorção, refração e Efeito Doppler.

A difração ocorre devido à variação da pressão atmosférica ocorrida no momento da compressão e rarefação da onda sonora, que não se transforma abruptamente em zero após alcançar um objeto. Ela ocorre por causa da interação entre as moléculas adjacentes que estão propagando a onda sonora. Para permitir que a compressão e a rarefação da onda sonora se encerrem de forma harmoniosa, ao alcançar a fronteira entre a onda e a sombra sonora, deve existir uma região em que a direção da propagação sonora possa se alterar e é a parte “dobrada” da onda sonora que forma a difração (HOWARD e ANGUS, 2009).

As baixas frequências apresentam uma difração maior do que as altas e quando o obstáculo não é muito grande quando comparado com o comprimento

da onda, desta forma tem-se o fenômeno de espalhamento e quando o objeto é muito grande tem-se a sombra acústica (BERANEK, 1960; NEPOMUCENO, 1968).

Reflexão é o fenômeno que ocorre quando uma onda sonora incidente em uma superfície que separa dois meios distintos, considerados ilimitados, retorna a energia ou parte da energia incidente ao meio de origem. Neste processo existem dois tipos de onda: uma onda transmitida e outra refletida. Se toda energia incidente for completamente refletida, o processo é considerado equivalente, isto é, as duas ondas do processo terão a mesma frequência e amplitude, propagando-se em sentidos contrários. Nesse caso, aparecem ondas denominadas ondas estacionárias (HASSALL e ZAVERI, 1979; BIES e HANSEN, 2002).

Quando parte da onda sonora incidente atravessa a superfície que separa os dois meios, tem-se o fenômeno denominado de transmissão. Quando parte da onda sonora incidente é atenuada ou distorcida pela superfície ou pelo meio, tem-se o fenômeno da absorção. O ar, por exemplo, apresenta uma atenuação da ordem de 24 dB/km (vinte e quatro decibéis por quilômetro) (KINSLER *et al.* 1982; BIES e HANSEN, 2002).

Refração é um fenômeno que ocorre quando a velocidade de propagação do som de um meio material varia devido à ação de um ou mais elementos que compõem o meio, como por exemplo, a ação do vento. Esta variação pode ser de ordem crescente ou decrescente (NEPOMUCENO, 1968; HASSALL e ZAVERI, 1979).

Quando há um movimento relativo entre o observador e a fonte, ou quando o meio de propagação se desloca sem que ocorra movimento entre a fonte e o observador, ocorre uma variação da frequência do som recebido pelo observador. Esta variação é denominada de Efeito Doppler (HARRIS, 1998).

2.4 PROPRIEDADES ACÚSTICAS DAS ONDAS SONORAS

2.4.1 Velocidade do som

A velocidade do som ou velocidade sonora é a taxa de deslocamento no tempo, na qual ocorre a propagação das ondas sonoras. A uma temperatura de 20°C, a velocidade do som no ar é de aproximadamente 344 m/s. A temperatura do meio de propagação das ondas sonoras tem um efeito significativo na velocidade do som. No caso do ar como meio de propagação, um aumento de 1°C na temperatura do mesmo equivale a um acréscimo de 0,61 m/s na velocidade do som. Pressupõe-se, ainda considerando o ar como meio de propagação, que a velocidade do som independe da frequência sonora ou da umidade do meio (HASSALL e ZAVERI, 1979; BIES e HANSEN, 2002).

A Equação (3.1), a seguir, apresenta a formulação aproximada para o cálculo da velocidade do som, considerando a propagação sonora no ar e o processo como sendo adiabático (HASSALL e ZAVERI, 1979; KINSLER *et al.*, 1982).

$$c = 332 + 0,6T \text{ [m/s]} \quad (3.1)$$

Onde,

c = velocidade do som [m/s]

T = temperatura do ar [°C]

2.4.2 Frequência sonora

A frequência sonora é o número de ocorrências de uma onda sonora, a partir de uma vibração, em um segundo. Sua unidade é o Hertz (Hz) ou ciclos por segundo (cps). Como a frequência é um fenômeno físico, a mesma pode ser medida por instrumentos adequados (HARRIS, 1998).

A faixa de frequência sonora audível pelo ser humano, considerando um indivíduo jovem e saudável, varia de 20 a 20.000 Hz (HARRIS, 1998; GERGES, 2000). Sons que ocorrem em frequências inferiores a 20 Hz são denominados de infrassons, e os que ocorrem em frequências acima de 20.000 Hz são denominados de ultrassons (NEPOMUCENO, 1968; BERANEK, 1993).

Para o cálculo da frequência utilizamos a seguinte equação:

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]} \quad (3.2)$$

Existe uma relação onde podemos descobrir o comprimento da onda (λ) através da frequência (f) e a velocidade do som no ar (c). Para tal caso utilizamos a equação abaixo:

$$\lambda = \frac{c}{f} [m] \quad (3.3)$$

2.4.3 Campo acústico

O campo acústico pode ser descrito como a ocorrência de perturbações de um estado estacionário do meio, na qual ocorre a transmissão sonora de uma fonte até um receptor (BIES e HANSEN, 2002).

O campo acústico é considerado direto quando a pressão sonora devida à fonte sonora não sofre perda ou reflexão. É considerado livre quando o meio de propagação é isotrópico e homogêneo, cujos limites apresentam uma influência desprezível nas ondas sonoras (BERANEK e VÉR, 1992; HARRIS, 1998).

Além disto, o campo acústico pode ainda ser denominado de campo sonoro difuso, quando apresenta estatisticamente densidade energética uniforme e as direções de propagação das ondas sonoras são distribuídas aleatoriamente; ou pode ainda ser denominado de campo sonoro distante, quando ocorre um decréscimo do nível de pressão sonora da fonte, em função do aumento da distância entre a fonte e o receptor (HARRIS, 1998; BIES e HANSEN, 2002).

2.4.4 Fontes sonoras

Segundo Hassal e Zaveri (1979), fonte sonora é um corpo, objeto ou sistema de onde se origina o som. Os tipos de fonte mais usuais são: 1) as pontuais, que apresentam dimensões bastante inferiores em relação à distância até o receptor; 2) a fonte linear, considerada como composta por um grande número de fontes pontuais dispostas sequencialmente, formando uma irradiação contínua; e 3) a fonte em área, quando uma fonte (ou um conjunto de fontes) apresenta-se disposta em uma área de perímetro fechado, e suas dimensões são consideráveis ou perceptíveis em relação à distância até o receptor.

Os tipos de fontes sonoras e suas características são apresentados abaixo:

Tipo de fonte sonora	Dimensões da fonte sonora		Exemplos
Fonte pontual	s >> h,b,l		Máquinas individuais, coolers de glicol, transformadores, ventiladores e motores.
Fonte linear	s >> h,b	l >> h,b	Tráfego rodoviário, tráfego ferroviário, transporte de água e tubulações.
Fonte areal	s >> b,l	h >> b,l	Grandes instalações industriais, oficinas de transporte ferroviário e estacionamentos.
Legenda: l (comprimento da fonte sonora em m), b (largura da fonte sonora em m), h (altura da fonte sonora em m) e s (distância da fonte sonora e da fonte receptora em m).			

QUADRO 1 – TIPOS DE FONTES SONORAS
 FONTE: HOHMANN *et al.*, 2004.

Quando as distâncias entre a fonte sonora até o receptor são muito grandes, considera-se que tal fonte sonora é pontual (condição em que: $I \leq 0,7 * s$).

2.4.5 Intensidade sonora

A intensidade sonora é a taxa de fluxo de energia sonora que passa através de uma unidade de área, considerando uma direção específica até um ponto em um campo acústico (HARRIS, 1998). Sendo uma grandeza vetorial, quando se considera o fluxo de energia acústica em um campo livre, o vetor intensidade sonora tem direção perpendicular à área de fluxo (HASSALL e ZAVERI, 1979). Segundo Harris (1998) a intensidade sonora pode ser expressa, para um campo livre (pressão de 1 atm e temperatura de 22°C), pela seguinte equação:

$$I = \frac{p_{ef}^2}{\rho_0 c_0} [W/m^2] \quad (3.4)$$

Onde,

I= intensidade sonora [W/m²]

p_{ef}= pressão sonora efetiva [N/m²]

ρ₀ = densidade do ar = 1,176 kg/m³

c₀= velocidade de propagação do som no ar a 22°C = 345,2 m/s

ρ₀c₀ = impedância específica do ar ≅ 406 rayls = 406 N.s/m³

Para um campo difuso tem-se (HASSALL e ZAVERI, 1979):

$$I = \frac{p_{ef}^2}{4\rho c} \text{ [m/s]} \quad (3.5)$$

Onde,

I = intensidade sonora [m/s]

p_{ef} = pressão sonora efetiva [N/m²]

ρ = densidade do meio de propagação [kg/m³]

c = velocidade de propagação do som no meio [m/s]

A intensidade sonora pode ainda ser expressa em função da potência sonora (ISO, 1994), para uma fonte unidirecional, como:

$$I = \frac{P}{S} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (3.6)$$

Onde,

I = intensidade sonora [W/m²]

P = potência sonora [W]

S = área [m²]

2.4.6 Potência sonora

Potência sonora é a energia sonora irradiada por uma fonte, por unidade de tempo.

A intensidade sonora depende da questão de quão longe estamos da fonte sonora. Como as unidades de intensidade sonora são consideradas como, potência por unidade de área, então no caso de uma onda esférica, ao multiplicarmos a intensidade sonora, à distância r (raio) da esfera pulsante, pela área da superfície esférica que envolve a esfera pulsante nessa distância ($4\pi r^2$), obtém-se a potência sonora (W), que está sendo irradiada pela esfera pulsante (BERANEK e VÉR, 1992; KUTTRUFF, 2007).

$$W = I_r * 4\pi r^2 \text{ [Watts]} \quad (3.7)$$

I_r = intensidade sonora [W/m²]

r = raio [m]

2.5 MEDIÇÃO DO RUÍDO

2.5.1 Nível de pressão sonora

Pressão sonora é a variação média (*RMS – root meansquare*) de pressão em relação à pressão atmosférica; medida em pascal (Pa) ou newtons por metro quadrado (N/m^2), onde $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$. O menor valor da pressão sonora para audibilidade é de aproximadamente $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, ou $20 \text{ } \mu\text{Pa}$ (vinte micro-Pascal). Na outra extremidade, o limiar da dor ocorre a uma pressão sonora de aproximadamente 200 N/m^2 , ou $200 \times 10^6 \text{ } \mu\text{Pa}$ (duzentos milhões micro-Pascal) (SCHULTZ, 1972, GERGES, 2000, ROSSING *et al.* 2001).

Para exprimir os valores das pressões sonoras na faixa da audibilidade humana de forma linear, como por exemplo, em N/m^2 , seria necessária uma escala considerável, inviabilizando a utilização da escala linear.

Devido à grande variação sofrida pela pressão sonora, intensidade, potência, entre outras variáveis, recorreu-se à escala logarítmica. Como a escala logarítmica exige uma base de referência, adotou-se o limiar da audição humana, sendo 0 dB, para essa base (BISTAFA, 2006).

Para níveis de pressões sonoras, foi definido o uso de um submúltiplo do Bel, o decibel [dB], devido a faixa dos valores de pressões sonoras estudadas em acústica. Assim, a expressão que define um nível de pressão sonora em decibel é (SCHULTZ, 1972, GERGES, 2000):

$$NPS = 10 \log \frac{p_1^2}{p_0^2} \text{ ou } NPS = 20 \log \frac{p_1}{p_0} \quad (3.8)$$

Onde,

NPS = Nível de pressão sonora referente ao nível de referência em decibéis [dB],

p_1 = pressão sonora medida [N/m^2],

p_0 = pressão sonora de referência igual a $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (limiar da audição = 0 dB).

2.5.2 Curvas de ponderação do ruído

As curvas de ponderação do ruído foram desenvolvidas com o intuito de corrigir os níveis sonoros captados pelos medidores, de modo a possibilitar a comparação do som com os níveis sonoros captados pelo ouvido humano (BERANEK, 1960; BIES e HANSEN, 2002). Essas curvas de compensação foram designadas pelas letras A, B, C, D, etc.

Todos os equipamentos de medição sonora, tanto os que seguem padrões nacionais como os que seguem padrões internacionais, incorporam a curva de ponderação A. Vários estudos e experiências praticadas durante anos mostraram que os níveis sonoros ponderados em A, possuem uma correlação adequada com a variabilidade das respostas humanas para vários tipos de fontes sonoras (BRÜEL e KJAER, 1984; HARRIS, 1998).

2.5.3 Nível de pressão sonora equivalente

O nível de pressão sonora equivalente é um nível constante médio que equivale, em termos de energia acústica, aos níveis variáveis do ruído durante o período de medição, expresso em decibéis (dB) e expresso por (SCHULTZ, 1972) como segue:

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \left(\frac{1}{t} \right) \left[\int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \right\} [dB] \quad (3.9)$$

onde,

L_{eq} = nível de pressão sonora equivalente [dB]

$t = (t_2 - t_1)$ = tempo total de duração [s]

$p(t)$ = pressão sonora instantânea

p_0 = pressão sonora de referência = 2×10^{-5} N/m²

2.5.4 Níveis estatísticos (L_n)

O nível em que o ruído ultrapassou “n” por cento do período de medição adotado é chamado de L_n . Por convenção, L_1 , L_{10} , L_{50} e L_{90} são utilizados para dar indicações aproximadas dos níveis sonoros: máximo, intrusivo, mediano e de fundo, respectivamente (KANG, 2007).

No (QUADRO 2) podemos visualizar a definição dos níveis estatísticos por Hansen (2005):

Indicadores estatísticos de medição	Recomendação
L_{eq}	Caracteriza o ruído equivalente para a maior parte do tempo de medição, como se fosse uma média.
L_1	Utilizado em muitos casos para avaliar o ruído de pico, mas frequentemente tem subestimado o real pico em 20dB.
L_{90}	Usada para classificar e caracterizar áreas em ambientes residenciais.
L_{50}	É uma medição útil para a audibilidade do ruído de uma instalação prevista.
L_{10}	Primeiramente utilizada para avaliar o ruído do tráfego.

QUADRO 2 - INDICADORES ESTATÍSTICOS DE MEDIÇÃO

FONTE: HANSEN, 2005.

No Brasil a ABNT NBR 10151/ 2000 recomenda que deve ser utilizado o nível de pressão sonora equivalente na escala A (L_{Aeq}) como medida de avaliação nas medições sonoras. Na (TABELA 1) podem-se visualizar quais medidas de avaliação são utilizadas em países da Europa.

TABELA 1 - MEDIDAS DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO NA EUROPA

PAÍS	INDICADOR	NORMA
Áustria	L_{Aeq}	RVS 3.114
Bélgica	L_{Aeq}	vários
Dinamarca	L_{Aeq}	NPM 96
Finlândia	L_{Aeq}	NPM 96
França	L_{Aeq}	NPMB 1996
Alemanha	L_{Aeq}	RLS 90
Grécia	L_{Aeq}	CRTN
Irlanda	L_{10}	CRTN
Itália	L_{Aeq}	-
Luxemburgo		
Países Baixos	L_{Aeq}	RVM
Portugal	L_{50}	-
Suécia	L_{Aeq}	NPM 96
Espanha	-	-
Inglaterra	L_{10}	CRTN

FONTE: Adaptado de EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP – WG3, 1999.

2.6 MAPEAMENTO SONORO

O mapa estratégico do ruído é um mapa para fins de avaliação global da exposição ao ruído em determinada zona, devido a diferentes fontes de ruído ou de previsões globais para essa zona (WG-AEN, 2007). Para Kang (2007) trata-se da maneira de apresentar o ruído medido ou calculado de forma espacial, através

da interpolação de isocontornos. O mapeamento sonoro é uma ferramenta importante para fornecer informações relevantes para planos de ações globais e locais (KLAEBOE *et al.*, 2006). Esta ferramenta tem sido utilizada para avaliar o ruído ambiental em algumas grandes metrópoles brasileiras como Rio de Janeiro e Curitiba (PINTO e MARDONES, 2009; ZANNIN e SANT'ANA, 2011).

Segundo Kang (2007), atualmente há vários *softwares* comerciais que produzem mapas sonoros como, por exemplo: Cadna, ENM, fluidyn, GIpSynoise, IMMI, LIMA, Mithra, Predictor, Noisemap e SoundPLAN. Uma característica comum de todos os *softwares* que produzem mapas de ruído é a combinação de cálculos para a propagação de ruídos com a facilidade de edição de esquemas, composta de entradas de dados georreferenciados, muitas vezes associadas aos sistemas de informação geográfica (GIS), o que possibilita a construção de um modelo tridimensional (KANG, 2007).

Dependendo da escala do terreno em termos de diferenças verticais e dados de elevação do solo, normalmente são exigidos intervalos de cinco metros no espaçamento dos receptores que irão simular o ruído de forma espacial. O posicionamento e a altura dos edifícios também são exigidos para a realização do mapeamento. Estas informações podem ser obtidas a partir de mapas, fotografias aéreas, ou através de pesquisa. Posições e características dos vários tipos de fontes sonoras também são necessárias. Em seguida, devem-se seguir as normas adequadas e a partir dessas decisões escolhem-se os algoritmos que auxiliarão nos cálculos dos mapas sonoros. Para a calibração do *software* são necessários uma série de parâmetros para o cálculo, como: ordem de reflexão e raio em que as fontes devem ser pesquisadas, avaliações e períodos de tempo de referência, além de fatores de grade para dividir fontes sonoras lineares ou areais. Após o processo do cálculo, os mapas sonoros são produzidos, de forma horizontal (acima do solo) ou vertical (em frente a fachadas de edifícios), bem como os níveis de exposição de uma população para fins de estimativa de risco (KANG, 2007).

Um dos métodos mais comumente utilizado para a realização de mapeamentos sonoros é o da ISO 9613-2/1996 que será exposto no item (2.6.1) e outras recomendações adicionais são apresentadas pelo Grupo de Trabalho que Analisa a Exposição ao Ruído da Comissão Europeia – *European Commission*

Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) que estão no item (2.6.2).

2.6.1 ISO 9613-2/1996

O escopo da ISO 9613 se estende para o cálculo dos níveis de ruído de tráfego rodoviário, ferroviário, construção, industrial e de outras fontes, não sendo, porém, válido para aeronaves em vôo, operações militares e explosões em ondas que estão associadas à atividades de mineração. A norma ISO 9613/1996 subdivide-se em duas partes: Parte 1 – Cálculo da absorção do som na atmosfera; Parte 2 – Método geral de cálculo (ISO, 1996).

A norma ISO 9613-2/1996 aborda a acústica e as atenuações do som durante a propagação em ambientes externos e prediz o nível equivalente de pressão sonora “na curva de ponderação do ruído em A” em condições meteorológicas favoráveis para a propagação do som. O método desta norma ISO consiste de algoritmos de banda de oitava (com frequências em bandas médias de 63 Hz a 8 kHz), para calcular a atenuação do som que se origina de uma fonte pontual ou de várias fontes pontuais. A fonte ou grupo de fontes pode estar em movimento ou estacionárias. Alguns termos fazem parte deste algoritmo, como:

- Divergência geométrica;
- Absorção atmosférica;
- Efeito do solo;
- Reflexão de superfícies;
- Difração, desvio por obstáculos.

A seguir pode-se ver a descrição do algoritmo, envolvendo todos os termos que possibilitam o cálculo de mapas sonoros.

Para a determinação do posicionamento do receptor que capta níveis de pressão sonora equivalentes e contínuos em oitavas de banda, a favor do vento, deve-se utilizar a seguinte equação:

$$L_{ft}(DW) = L_W + D_C - A \quad (3.10)$$

Onde,

L_W = a potencia sonora da fonte sonora em dB;

D_C = correção da direção;

A = atenuação entre a fonte e o receptor, que inclui cinco tipos de atenuações mecânicas: divergência geométrica (A_{div}), absorção atmosférica (A_{atm}), efeito do solo (A_{gr}), efeitos das barreiras (A_{bar}) e efeitos de uma miscelânea (A_{misc}). A equação para calcular as atenuações é observada abaixo:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (3.11)$$

Considerando que são oito as oitavas de banda entre 63 Hz e 8 kHz, o nível de pressão sonora equivalente contínuo da banda A é calculado através da seguinte equação:

$$L_{AT}(DW) = 10 \log\left\{\sum_{i=0}^n \left[\sum_{f=1}^8 10^{0,1(L_{ft}(tf) + A_f(f))}\right]\right\} \quad (3.12)$$

Onde,

n = número de fontes ou meios que contribuem para o ruído;

A_f = frequência na banda A na subtração das condições meteorológicas (C_{met});

O nível de pressão sonora médio a longo termo, na curva de ponderação A pode ser obtido da seguinte maneira:

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met} \quad (3.13)$$

As variáveis a seguir referem-se às atenuações contidas na equação 3.11:

A) *Divergência geométrica*: a divergência geométrica é obtida através da seguinte equação:

$$A_{div} = 20 \log d_r + 11 \quad (3.14)$$

Onde,

d_r = distância entre a fonte e o receptor;

B) *Absorção atmosférica*: a absorção atmosférica é calculada através da seguinte equação:

$$A_{atm} = \alpha d_r / 1000 \quad (3.15)$$

Onde,

α = coeficiente de atenuação atmosférica em oitava de banda [dB/km].

C) *Efeitos do solo*: para o cálculo das atenuações provenientes dos efeitos do solo, deve-se tomar em conta as seguintes condições: a equação só pode

ser utilizada para superfícies lisas, mesmo horizontalmente, ou os gradientes devem ser constantes.

D) Efeitos das superfícies: o efeito da superfície do solo é responsável pelo fator G, em superfícies duras, como: água, concreto ou pavimentação, $G = 0$; em superfícies porosas, como áreas cobertas por vegetação ou terras agrícolas o $G = 1$; e em superfícies mistas o G pode variar de 0 a 1. A atenuação total sob efeito do solo, em oitava de banda, pode ser calculada através de: $A_{gr} = A_s + A_r + A_m$, onde o componente da atenuação para as três regiões A_s , A_r e A_m são calculadas baseadas com base no G e fatores dimensionais relevantes.

Se o som não possuir tom puro e o G estiver próximo a 1, a alternativa para o cálculo da atenuação provenientes do efeito do solo é:

$$A_{gr} = 4,8 - \frac{2h_m}{d_r} \left(17 + \frac{300}{d_r} \right) \geq 0 \quad (3.16)$$

Onde,

h_m = altura média para o meio de propagação sob o solo;

Os efeitos da reflexão do solo próximo a fonte sonora devem ser cálculos através desta equação:

$$D_{\Omega} = 10 \log \left[1 + \frac{d_p^2 + (h_s - h_r)^2}{d_p^2 + (h_s + h_r)^2} \right] \quad (3.17)$$

Onde,

h_s = altura da fonte em relação ao solo;

h_r = altura do receptor em relação ao solo;

d_p = é a distância entre a fonte e o receptor em uma área plana.

E) Efeitos da difração: o efeito da difração (A_{bar}) somente é considerado em superfícies com densidade de difração acima de 10 kg/m³, sendo que a superfície de difração deve ser fechada, sem lacunas. A perda de inserção (A_{bar}) considera a difração no topo de uma barreira ($A_{bar} = D_{\delta} - A_{gr} > 0$) e em volta da borda da barreira ($A_{bar} = D_{\delta} > 0$), onde D_{δ} é a atenuação da barreira em oitava de banda, A_{gr} é a atenuação por meio do solo sem a presença da triagem e δ é o comprimento do caminho que representa a diferença entre o som que sofre difração e o som direto.

Quando se pressupõe que o meio de propagação é significativo, o D_{δ} é calculado através desta equação:

$$D_{\delta} = 10 \log(3 + \frac{c_2}{\lambda} c_3 \delta K_{met}) \quad (3.18)$$

Onde,

$C_2 = 20$ quando a reflexão do solo está incluída;

$C_2 = 40$ quando as reflexões do solo são separadas das fontes imaginárias;

$C_3 = 1$ quando há apenas uma difração;

$$C_3 = \frac{\left[1 + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2\right]}{\left[\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2\right]} \text{ quando uma difração é dupla, sendo "e" a distância entre duas bordas;}$$

duas bordas;

K_{met} = é o fator de correção meteorológico, onde $K_{met} = \exp\left\{-\left(\frac{1}{2000}\right)\left[\frac{d_{ss}d_{sr}d_r}{2\delta}\right]^{0,5}\right\}$ para $\delta > 0$ e $K_{met} = 1$ para $\delta \leq 0$. Para as

ocasiões onde há apenas uma difração, o cálculo é feito da seguinte maneira:

$$\delta = \sqrt{(d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2} - d_r \quad (3.19)$$

E para difrações duplas:

$$\delta = \sqrt{(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2} - d_r \quad (3.20)$$

Onde,

d_{ss} = distância entre a primeira difração e a borda;

d_{sr} = distância do receptor até a borda difratada;

a = um componente paralelo do receptor até a borda da barreira.

F) *Reflexões*: as reflexões de forros de tetos externos e fachadas de edifícios são consideradas utilizando-se fontes imaginárias. As reflexões do solo não são consideradas nas próximas equações, pois já foram consideradas nas anteriores. Reflexões somente são consideradas quando elas são especulares (geométricas), se seu coeficiente de reflexão superficial for maior que 0,2 e a superfície de reflexão for grande, a saber:

$$\frac{1}{\lambda} > \frac{2}{(\sin \cos \beta)^2} \frac{d_{so}d_{or}}{d_{so} + d_{or}} \quad (3.21)$$

Onde,

d_{so} = distância da fonte emissora até o ponto em que ocorre a reflexão;

d_{or} = distância do ponto de reflexão até o receptor;

β = ângulo de incidência [rad];

l_{min} = dimensão mínima da superfície refletida;

A potência sonora para a fonte imaginária é calculada pela equação:

$$L_{W,im} = L_W + 10 \log \rho + D_{lr} \quad (3.22)$$

Onde,

ρ = coeficiente de reflexão na incidência do ângulo β ;

D_{lr} = índice de direção na direção da imagem do receptor;

G) *Correções em condições meteorológicas*: a correção para condições meteorológicas considera velocidade do vento 1 – 5 m/s a uma altura entre 3 – 11 metros sobre o solo, com um ângulo de mais ou menos 45° de incidência do vento.

As correções meteorológicas (C_{met}) são utilizadas em predições médias em longo prazo em níveis de pressão sonora na banda A, que incluem todas as variações meteorológicas que ocorrem em um determinado período do ano:

$$\begin{aligned} C_{met} &= 0 && \text{se} && d_{1p} \leq 10 (h_{1s} + h_{1r}) \\ C_0 \left[1 - 10 \frac{h_s + h_r}{d_p} \right] && \text{se} && d_p \leq 10 (h_s + h_r) \end{aligned} \quad (3.23)$$

Onde,

C_0 = fator meteorológico que depende de estatísticas locais para a velocidade do vento, direção do vento e gradientes de temperatura.

H) *Miscelânea de atenuações*: em uma miscelânea de atenuações (A_{misc}) que inclui: A_{fol} atenuação da propagação sonora em vegetações dependendo da densidade da vegetação; A_{site} é a atenuação na propagação em áreas industriais (dispersão nas instalações), ao menos se forem abordadas em A_{bar} ; e A_{house} que combina as atenuações de triagem e reflexão (ISO, 1996).

2.6.2 Grupo de Trabalho de Avaliação da Exposição ao Ruído da Comissão Europeia “European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise – WG-AEN”

O “Grupo de trabalho de avaliação da exposição ao ruído da comissão europeia”, *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise* (WG-AEN) criou, em 2007, um guia de boas práticas para o mapeamento sonoro estratégico e produção de dados associados à exposição sonora. No (QUADRO 3) estão as principais recomendações expostas neste guia:

Recomendações WG-AEN
Quando o mapeamento sonoro ocorrer em uma área densamente povoada, há fontes sonoras fora dos limites da área mapeada que também podem influenciar no ruído da área mapeada. Por este motivo é necessário também avaliar tais fontes.
Não há recomendações para vias com baixos fluxos em áreas densamente povoadas.
Os mapas de ruídos devem ser revistos e refeitos pelo menos a cada cinco anos.
Para o mapeamento de ruído de contorno e determinação de áreas afetadas especialmente por bandas de ruído, exige-se um <i>grid</i> baseado em cálculos. Estes cálculos devem incluir, pelo menos, todas as reflexões de primeira ordem. Geralmente, o espaçamento do <i>grid</i> deve ser de 10 metros em relação a aglomerações. Um espaçamento mais largo em áreas abertas, fora de aglomerações pode dar precisão aceitável, porém o espaçamento da <i>grid</i> normalmente não deve exceder 30 metros.
O tipo de pavimentação da via é um dos parâmetros utilizados para calcular a emissão dos ruídos de fonte proveniente de tráfego de veículos.
Veículos dirigidos a uma velocidade constante produzem um nível de ruído relativamente constante. O ruído produzido próximo a cruzamentos, onde os veículos estão em desaceleração, frenagem e aceleração, pode variar consideravelmente. Devem-se evitar tais áreas em medições sonoras.
Corredores rodoviários têm diferentes números de vias variando a partir de uma única pista (ruas de mão única) para múltiplas pistas (por exemplo, em auto-estradas e estradas circulares). Muitas vezes pode ser necessário calcular o ruído do tráfego rodoviário a partir de pistas individuais modeladas como fontes de ruído em separado e, nesses casos, será necessário determinar o número de faixas individuais.
Dados precisos da altura de construção precisam ser obtidos sempre que possível, mas a aquisição desses dados pode ser cara e os níveis de precisão dos diversos métodos de obtenção variam consideravelmente. No entanto, informações sobre o número de pisos (andares) de um edifício estão normalmente disponíveis ou podem ser obtidas a um custo relativamente baixo.
A fachada mais exposta a ser considerada deve ser a que possuir o mais alto nível de ruído da categoria específica da fonte de ruído em questão (por exemplo, o tráfego rodoviário).
Para obter dados de medição com exatidão, esses dados não devem variar mais que 5 dB em relação aos dados produzidos em um mapa sonoro.

Pensa-se que um espaçamento de três metros entre os pontos de cálculo em torno da fachada é apropriado.

QUADRO 3 - RECOMENDAÇÕES DO GUIA DE BOAS PRÁTICAS PARA O MAPEAMENTO SONORO

FONTE: WG-AEN, 2007.

2.7 ASPECTOS NORMATIVOS

Os aspectos normativos, a nível nacional e local, pertinentes à emissão de ruídos em atividades industriais, comerciais, sociais, recreativas e em propaganda política que possam prejudicar a saúde e o sossego público estão apresentados nas seguintes resoluções, normas e leis:

- Resolução nº 001/1990 do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA): apresenta as normas regulamentadoras NBR 10.151/2000 e NBR 10.152/1987 que auxiliam na avaliação de ruídos em áreas habitadas e do conforto acústico;
- Norma Brasileira NBR 10.151/2000: informa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades e o método para a medição dos mesmos;
- Norma Brasileira NBR 10.152/1987: fixa os níveis de ruídos compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos;
- Lei do município de Curitiba nº 10.625/2002 que dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público.

Nesta dissertação a norma brasileira NBR 10.151/2000 e a Lei municipal nº 10.625/2002 serão mais bem detalhadas nos itens 2.7.1 e 2.7.2.

2.7.1 NBR 10.151/2000

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT criou a Norma Brasileira – NBR 10.151/2000 “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade” (ABNT, 2000) que procura atingir os seguintes objetivos:

- Fixar as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações;
- Especificar um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores.

A norma aborda algumas definições (nível de pressão sonora equivalente, ruído com caráter impulsivo, ruído com componentes tonais, nível de ruído

ambiental), equipamentos de medição (classificação do equipamento e calibração) e os procedimentos de medição.

O método de avaliação do ruído é baseado em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido (L_c) e o nível de critério de avaliação (NCA). O nível corrigido L_c é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) para ruídos sem caráter impulsivo ou tonal. Para casos em que o ruído possua outras características, a norma indica alguns procedimentos específicos.

Os valores adotados pela NBR 10.151 para o nível de critério de avaliação são indicados na (TABELA 2).

TABELA 2 - NÍVEL DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO (NCA) PARA AMBIENTES EXTERNOS, EM dB(A)

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

FONTE: ABNT – NBR 10.151 (2000).

2.7.2 Lei Municipal 10.625/2002 do Município de Curitiba

Em Curitiba a lei municipal 10.625 (PMC,2002) dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público.

A aplicação da lei possui três horários definidos, sendo eles:

- Diurno – entre as 07h01min às 19h00min;
- Vespertino – entre 19h01min às 22h00min;
- Noturno – entre 22h01min às 07h00min.

A lei 10.625:02 (PMC, 2002), para medição do nível de pressão sonora, foi elaborada, respeitando o teor das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Esta lei baseia-se na lei de zoneamento urbano de Curitiba, que divide a cidade em diversas zonas de uso, por exemplo: Setor especial comercial, setor histórico, zona especial educacional, zona industrial, zona residencial, zona

de uso misto, entre outras. A Linha Verde, objeto de estudo nesta dissertação, está inserida em uma região da cidade de Curitiba denominada Zona de Transição – BR 116 e Setor Especial – BR 116, segundo a lei 9800 que “Dispõem sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba e dá outras providências” (PMC, 2000).

A emissão de sons e ruídos por quaisquer atividades industriais, comerciais, prestação de serviços, religiosas, sociais, recreativas e de carga e descarga não podem exceder os níveis de pressão sonora contidos em sua respectiva zona de uso, conforme descrito na Lei 10.625:02 (TABELA 3).

TABELA 3 - LIMITES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS DE RUÍDO – LEI MUNICIPAL 10.625/2002

ZONAS DE USO	DIURNO VESPERTINO NOTURNO		
	dB(A)		
ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-B, ZR-AV, ZR-M, APA-SARU, APA-SMRU	55	50	45
ZR-OC, ZR-SF, ZR-U, ZR-P, ZT-MF, ZT-NC, ZE-E, ZE-M, Z-COM, SE-CC, SE-PS, SE-OI, APA-ST	60	55	50
ZR-4, ZC, ZT-BR-116, ZUM, ZE-D, SE, SH, SE-BR-116, SE-MF, SE-CF, SE-WB, SE-AC, SE-CB, CONEC, SE-PE, SC-SF, SC-UM, SE-NC, SEI, SEHIS, SE-LE, APA-SS, Vias prioritárias 1 e 2, Vias setoriais, Vias coletoras 1, 2 e 3	65	60	55
ZS-1, ZS-2, ZES, ZI, APA-SUE	70	60	60

FONTE: PMC – LEI MUNICIPAL DE CURITIBA 10.625 (2002).

Legenda: Setor de Alta Restrição de Uso (APA-SARU), Setor de Média Restrição de Uso (APA-SMRU), Setor de Transição (APA-ST), Setor de Uso Esportivo (APA-SUE), Setor de Serviço (APA-SS), Setor Especial Conector – Conectora 1, 2, 3, 4 (CONEC), Setor Especial Comercial Santa Felicidade (SC-SF), Setor Especial Comercial Umbará (SC-UM), Setor Especial Estrutural (SE), Setor Especial da Av. Affonso Camargo (SE-AC), Setor Especial da BR 116 (SE-BR-116), Setor Especial da Rua Eng. Costa Barros (SE-CB), Setor Especial Centro Cívico (SE-CC), Setor Especial da Av. Comendador Franco (SE-CF), Setor Especial Habitação de Interesse Social (SEHIS), Setor Especial Institucional (SEI), Setor Especial Linhão do Emprego (SE-LE), Setor Especial Av. Mal. Floriano Peixoto (SE-MF), Setor Especial Nova Curitiba (SE-NC), Setor Especial de Ocupação Integrada (SE-OI), Setor Especial Preferencial de Pedestres (SE-PE), Setor Especial Pólo do Software (SE-PS), Setor Especial Av. Pres. Wenceslau Braz (SE-WB), Setor Histórico (SH), Zona Central (ZC), Zona de Contenção (Z-CON), Zona Especial Desportiva (ZE-D), Zona Especial Educacional (ZE-E), Zona Especial Militar (ZE-M), Zona Especial de Serviços (ZES), Zona Industrial (ZI), Zona Residencial 1 (ZR-1), Zona Residencial 2 (ZR-2), Zona Residencial 3 (ZR-3), Zona Residencial 4 (ZR-4), Zona Residencial Alto da Glória (ZR-AV), Zona Residencial Batel (ZR-B), Zona Residencial Mercês (ZR-M), Zona Residencial de Ocupação Controlada (ZR-OC), Zona Residencial Passaúna (ZR-P), Zona Residencial Santa Felicidade (ZR-SF), Zona Residencial Umbará (ZR-U), Zona de Serviço 1 (ZS-1), Zona de Serviço 2 (ZS-2), Zona de Transição Br-116 (ZT-BR-116), Zona de Transição Av. Mal. Floriano Peixoto (ZT-MF), Zona de Transição Nova Curitiba (ZT-NC) e Zona de Uso Misto (Z-UM).

2.8 TEORIA DA PERCEPÇÃO

Este trabalho se propôs a verificar se a população identifica facilmente a poluição sonora nas áreas onde ela reside. Para tanto é importante dominar a conceituação da teoria da percepção que engloba também a percepção sonora. A percepção retrata o relacionamento da base somática (sensorial) entre um organismo vivo e o universo, num sentido contínuo de conhecer e reconhecer fatos (MACHADO, 2003). É a recepção de estímulos (ver, tocar, ouvir) que geram comportamentos. Para a Psicologia, as Neurociências e as Ciências Cognitivas, a percepção é a função cerebral que organiza e interpreta impressões sensoriais que atribuem significado ao meio, através de estímulos sensoriais a partir de históricos de vivências passadas. Esses estímulos podem ser biológicos ou fisiológicos (estímulos elétricos a partir de luminosidade, sons, odores, tato) e psicológicos ou cognitivos (que envolvem processos mentais, memórias e outros aspectos) (MCKEACHIE e DOYLE, 1966).

Um fato importante sobre a percepção é que as pessoas interpretam a sua realidade e não a realidade em si. Por este motivo a percepção do mundo é diferente para cada um. As pessoas criam um modelo mental de como o mundo funciona (paradigma), onde a parte sensorial é transitória e ao surgirem novas informações, o modelo mental vai se alterando. Desta forma, como um objeto pode dar margem a múltiplas percepções, também pode acontecer que um objeto não gere percepção nenhuma. Se o objeto percebido não tem embasamento na realidade de uma pessoa, ela pode, literalmente, não percebê-lo. O processo de percepção é mais do que um processo de observação seletiva (observações efetuadas), o que se faz perceber alguns elementos em desfavor de outros (MONTEIRO e FERREIRA, 2007).

Há fatores que influenciam a percepção:

- Fatores externos (próprios ao meio ambiente);
- Fatores internos (próprios do nosso organismo).

Os fatores externos mais importantes são: intensidade (ex: sirenes de ambulância), contraste (ex: sinais de trânsito pintados em cores vivas), movimento (ex: crianças e gatos reagem mais a objetos em movimento do que a objetos

parados), incongruência (ex: prestar mais atenção em coisas absurdas e bizarras do que em coisas normais).

Já os fatores internos mais importantes são: motivação (ex: prestar mais atenção ao que nos dá prazer), experiência anterior (ex: força do hábito), fenômeno social (ex: pessoas de contextos sociais diferentes não prestam sempre atenção às mesmas coisas sempre) (MONTEIRO e FERREIRA, 2007).

2.8.1 Percepção sonora

A classificação do som como ruído depende em parte da qualidade da experiência auditiva (percepção) produzida (BERGLUND e LINDVALL, 1995). É importante considerar a sensibilidade dos indivíduos em relação ao som (ZIMMER e ELLERMEIER, 1999), bem como o significado dos sons para os indivíduos (GIFFORD, 1996).

Psicologicamente, o som é percebido sensorialmente originando um evento mental que é fisiologicamente processado na região cerebral que envolve os processos da audição. Há outras áreas no cérebro que também são envolvidas neste processo. Assim, é apenas através da análise da percepção sonora de sons, que o complexo padrão de ondas sonoras pode ser classificado como "Gestalts"¹, onde podem ser interpretados por cada indivíduo como: ruídos, música, fala humana, entre outros (BERGLUND e LINDVALL, 1995).

Moreira e Bryan (1972) sugeriram que os indivíduos com suscetibilidade ao ruído poderiam ter tipos de personalidade que mostram um grande interesse e são simpáticos com os outros, são inteligentes e criativos, além de terem uma grande consciência do ambiente que os circunda. Por outro lado, as atitudes das pessoas poderiam ser afetadas por sons, por exemplo: pessoas que são submetidas a altos níveis de ruídos poderiam deixar de auxiliar outras pessoas (GIFFORD, 1996). A sensibilidade subjetiva ao ruído é definida como um fator envolvendo atitudes subjacentes para o ruído em geral (ANDERSON, 1971). Quando expostas ao ruído, as pessoas sensíveis aos ruídos são mais propensas a reações subjetivas, como irritabilidade e descontentamento (FIELDS, 1992). Quando as pessoas são

¹**Gestalt**, palavra alemã sem tradução exata em português, refere-se a um processo de dar forma, de configurar "o que é colocado diante dos olhos, exposto ao olhar": a palavra *gestalt* tem o significado " (...) de uma entidade concreta, individual e característica, que existe como algo destacado e que tem uma forma ou configuração como um de seus atributos.

expostas por longos períodos ao ruído intenso, esse ruído pode ocasionar danos à saúde (SARAFINO, 1994).

A sensibilidade subjetiva aos níveis de ruídos pode ser demonstrada na (TABELA 4) a seguir.

TABELA 4 - EFEITOS SUBJETIVOS RELACIONADOS ÀS MUDANÇAS DE NÍVEL SONORO

MUDANÇA NO NÍVEL [dB]	EFEITO SUBJETIVO
3	apenas perceptível
5	claramente perceptível
10	duas vezes mais alto

FONTE: HASSAL e ZAVERI, 1979.

Fatores sociais podem desempenhar um papel importante na avaliação da percepção da paisagem sonora (KANG e DU,2003). A avaliação da qualidade do som de uma área urbana depende de quanto tempo às pessoas ali vivem, como elas definem a área, e quanto elas têm estado envolvidas na vida social na área (SCHULTE-FORTKAMP e NITSCH,1999).

2.9 ESTUDOS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS SONOROS

Estudos feitos por Zannin *et al.* (2003) e Blanco e Flindell (2011) mostram a importância do confronto entre estudos objetivos (medições de níveis sonoros *in situ*) e estudos subjetivos (entrevistas sobre percepção sonora com a população envolvida). O estresse gerado pelos ruídos urbanos podem ser tão grandes, devido às exposições prolongadas, que a população não tolera mais determinados ruídos, mesmo a níveis baixos ou permitidos para as áreas estudadas em questão. A partir dessa problemática, Piccollo *et at.* (2005) enfoca em sua pesquisa, a necessidade de adequação do zoneamento urbano, conforme o crescimento das cidades. Para tal, é necessária primeiramente a elaboração de mapas de poluição sonora e a partir destes, pode-se tomar decisões estratégicas para atingir o conforto ambiental adequado para cada zona nas cidades, através de planos de recuperação, medidas de remanejamento de tráfego urbano, entre outros.

Os estudos sobre a caracterização da poluição sonora no ambiente urbano em um contexto mundial recorreram geralmente a metodologias que utilizam uma

ou duas técnicas de avaliação de impactos ambientais produzindo resultados objetivos – medições sonoras e mapeamento sonoro – (SAITO *et al.*, 1986; PANDYA, 2001; BITE *et al.*, 2005; DOYGUN e GURUN, 2008; KO *et al.*, 2011; ZANNIN e SANT’ANA, 2011) ou somente técnicas que avaliam tais impactos produzindo resultados subjetivos – questionários de percepção sonora – (ZANNIN *et al.*, 2002-a; NANDANWAR *et al.*, 2009; BRAVO *et al.*, 2010) e em alguns casos há a combinação de uma técnica objetiva e uma subjetiva – medições sonoras e questionário de percepção sonora (PAZ *et al.*, 2005; MOHAMMADI, 2009; MARRY, 2010).

CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS

No presente capítulo serão abordados os seguintes tópicos: descrição da área de estudo (item 3.1) e etapas do processo de coleta de dados, a saber: elaboração de um projeto piloto para a definição dos parâmetros a serem adotados nas fases seguintes (item 3.2); avaliação objetiva, ou seja, as medições sonoras e simulações através de mapeamento acústico da região estudada (item 3.3); avaliação subjetiva, na qual foram realizadas entrevistas de percepção sonora junto à população residente na área de estudo, item (3.4).

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 A importância da Linha Verde para Curitiba

A Linha Verde originou-se a partir da BR-116, que foi implantada nos anos 50 na região de Curitiba, sendo a principal via de trânsito que liga a região Sul, com a região Sudeste e o restante do país. No ano de 2002, a BR-116, na região de Curitiba, foi transformada em um trecho urbano, quando seu nome foi alterado para BR-476. Isso ocorreu devido ao início da construção do anel rodoviário que contorna a cidade de Curitiba, permitindo que o tráfego pesado não mais transitasse pela área urbana. O próximo passo foi transformar a BR-476 em uma via de responsabilidade do município. Esse fato ocorreu em janeiro de 2007, quando a via foi integrada pela Prefeitura Municipal de Curitiba, tornando-se uma via urbana. Assim deu-se o início das obras de urbanização, com o objetivo de integrar duas áreas de Curitiba, que se caracterizavam pela divisão das mesmas através da BR-476, formando uma barreira entre os bairros centrais e os periféricos, particularmente entre os bairros das regiões leste, sudeste e sul da cidade.

Segundo o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC (2003), o projeto da Linha Verde, para a prefeitura de Curitiba e regiões metropolitanas, tem como um dos objetivos disponibilizar novas áreas com

potencial construtivo para a destinação de novos empreendimentos, para que áreas de mananciais no entorno da cidade de Curitiba sejam poupadas. Assim, as áreas ao longo da Linha Verde foram estudadas e adequadas para o seu desenvolvimento urbanístico, residencial e econômico. A (FIGURA 3) mostra o posicionamento geográfico da Linha Verde na cidade de Curitiba e situam alguns dos mananciais que circundam a Região Metropolitana de Curitiba – RMC.



FIGURA 3- POSICIONAMENTO GEOGRÁFICO DA LINHA VERDE
 FONTE: adaptado de ZANNIN e SANT'ANA (2011).

3.1.2 Delimitações e zoneamento

A Linha Verde compreende dois trechos, Norte e Sul; e sua extensão total é de 17,4 km, sendo 9,4 km do trecho Sul, que tem início no Contorno Sul e se estende até o Jardim Botânico. Os outros 8,0 km compreendem o trecho Norte, localizado entre o Jardim Botânico e o bairro Atuba. O estudo foi elaborado no trecho Sul da Linha Verde em Curitiba. Este trecho foi inaugurado em 2009 e posteriormente sofreu intervenções quanto ao controle do fluxo de veículos com a inserção de controladores de velocidade, através de radares ao longo das pistas e em sinaleiros. A (FIGURA 4) apresenta a divisão dos trechos sul e norte da Linha Verde.

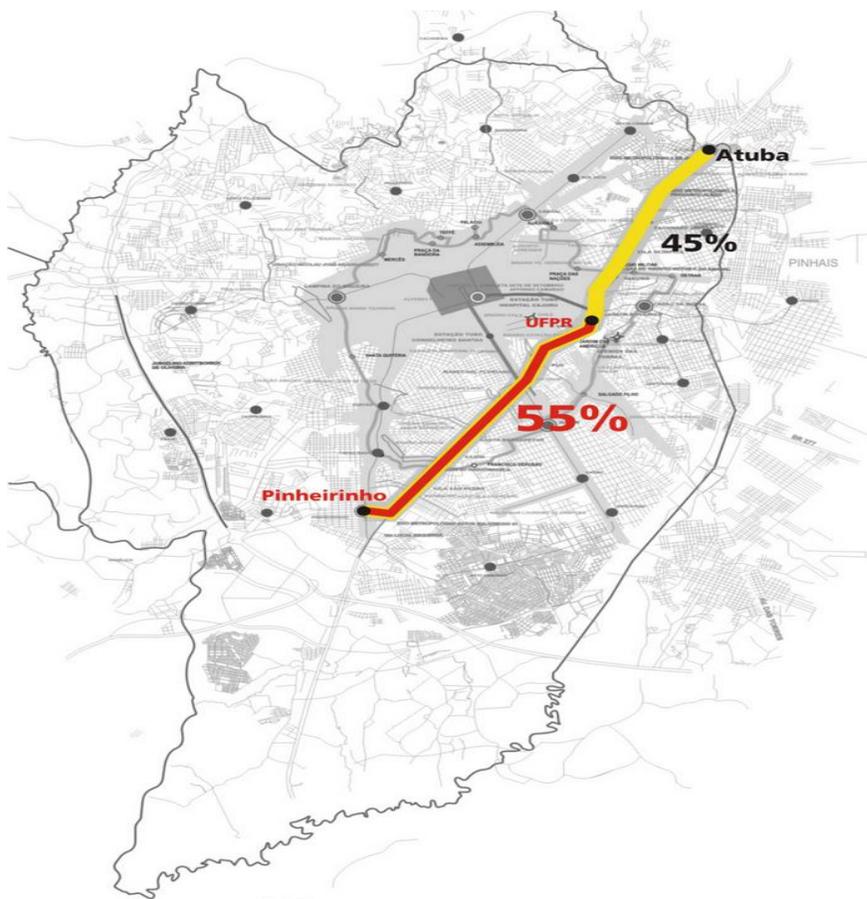


FIGURA 4 - MAPA DE CURITIBA E DEMARCAÇÃO DE TRECHOS DA LINHA VERDE
 FONTE: PMC – PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2010.

Dentro do trecho Sul da Linha Verde foi escolhido um trecho de aproximadamente 5 km, compreendido entre o Viaduto do Xaxim e a Estação Fanny, que delimita a área de estudo desta dissertação. Este trecho foi escolhido por conter 3 vias importantes (Av. Brasília – Viaduto do Xaxim, Av. Santa Bernadethe e Rua Roberto de Faria) que conectam as regiões leste e oeste de Curitiba, responsáveis por boa parte da integração viária entre os dois lados da cidade, além de ter o fluxo de veículos controlado por controladores de velocidade.

Além de estudar a via Linha Verde em si, também foram estudadas as adjacências da mesma. As áreas de ambos os lados da via também foram avaliadas acusticamente, com o fim de obter uma melhor caracterização da poluição sonora gerada pela Linha Verde em si e os possíveis mascaramentos dos ruídos gerados nas vias vicinais da região.

Do lado leste da via foram avaliados 300 metros em paralelo com os pontos escolhidos na Linha Verde. Estes pontos caracterizam os ruídos provenientes da

O zoneamento da área de estudo compreende desde zonas residenciais (ZR), como setores especiais (SE) e zonas de transição (ZT). As subdivisões do zoneamento, o uso e ocupação do município de Curitiba estão descritas na Lei Municipal 9800, do ano 2000 (PMC, 2000). Informações complementares sobre cada zona também podem ser verificadas em uma lei ordinária anterior, a Lei 699 de 1953, que dispõe sobre o Código de Posturas de Obras do Município de Curitiba.

Na (TABELA 5) há a descrição de cada zona de ocupação compreendida na área de estudo, bem como os limites de níveis de pressão sonora.

TABELA 5 - ZONEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

ZONEAMENTO	DESCRIÇÃO	LIMITE DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DIURNO [dB(A)]
ZR1	A Zona Residencial Principal – ZR1 deve ser destinada, de modo geral, a habitações. Também é permitida a construção de edifícios destinados a casas de diversão, estúdios, ginásios, balneários, postos de abastecimento de automóveis, garagens comerciais, laboratórios, museus, bibliotecas, estabelecimentos de ensino, asilos, hospitais, casas de saúde, mercado e similares.	55
ZR3	A Zona ZR3 deve ser destinada a residências, sendo toleradas construções destinadas ao comércio nos seguintes casos: a) - nas quadras onde já existam, pelo menos, 30% de sua testada já é ocupada por prédios comerciais; b) - nos terrenos encravados entre lotes, nos quais num deles, haja um prédio destinado ao comércio, dependendo de aprovação da Prefeitura; c) - nos logradouros ou lotes destinados a tal fim, nos loteamentos aprovados; d) - nos lotes de esquina, desde que tenham sido respeitadas as questões de afastamento e visibilidade, de acordo com o que determina a presente Lei; a área resultante do afastamento deverá ser utilizada como passeio em acréscimo ao do logradouro; e) - nos casos em que a construção a ser executada fique em local em que, num raio de 500 metros não haja outra construção destinada ao comércio. Nos demais lotes da face da quadra em questão será permitido a localização de empresas comerciais;	55
ZT - BR116	As ZTs são áreas limítrofes a zoneamentos conflitantes, onde se pretende amenizar o uso e ocupação do solo.	65

Os Setores Especiais compreendem áreas para as quais são estabelecidas normas especiais de uso e ocupação do solo, condicionadas às suas características locacionais, funcionais ou de ocupação urbanística, já existente ou projetada e às objetivos e diretrizes de ocupação da cidade. A SE - BR116 compreende um setor de adensamento. Os Setores Especiais dos Eixos de Adensamento são eixos de crescimento; complementares da estruturação urbana; de ocupação mista e densidade habitacional média-alta.

FONTE: PMC – PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA - Lei Municipal 699 (1953), Lei Municipal 9800 (2000) e Lei Municipal 10625 (2002).

A Lei Municipal 10625 (2002) também estabelece que nas proximidades de escolas, creches, bibliotecas públicas, hospitais, ambulatórios, casas de saúde ou instituições similares com leitos para internamento, hotéis ou similares, devem ser atendidos os limites estabelecidos para ZR-1, independentemente da zona de uso, também deve ser observado o raio de 200 metros de distância das edificações citadas acima, definida como zona de silêncio.

Observando-se esse critério, foram identificados nas (FIGURA 6 e FIGURA 7), os locais onde se situam os estabelecimentos descritos acima. Também foram indicados os pontos de medição sonoros que estão nas proximidades dos estabelecimentos que se encontram nas zonas de silêncio. No item 3.3.1.2 há uma descrição mais abrangente dos pontos de medição sonora deste estudo.

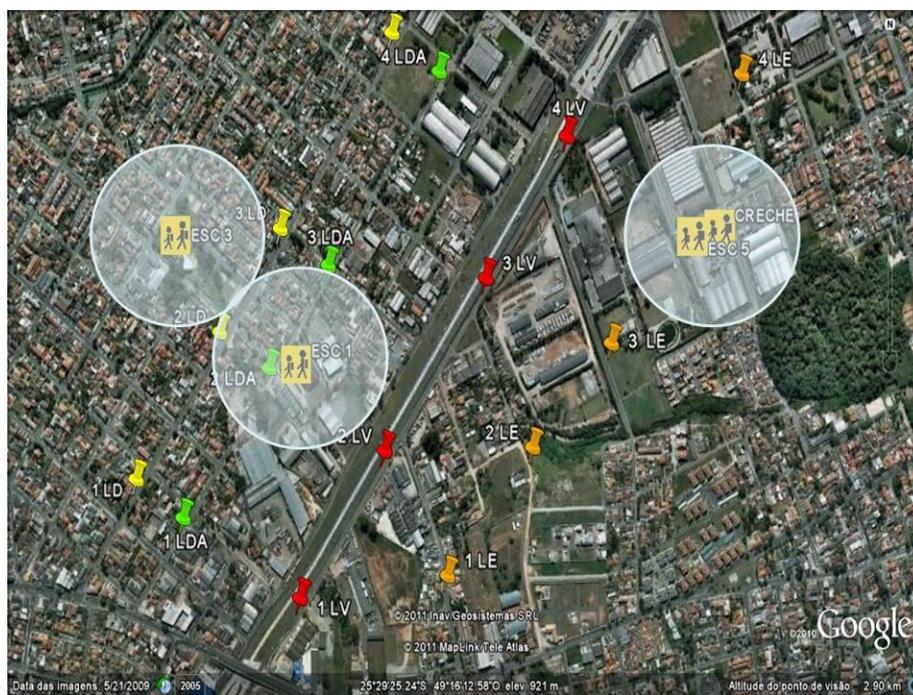


FIGURA 6 - ZONAS DE SILÊNCIO NA ÁREA DE ESTUDO (1)
 FONTE: INAV – GOOGLE EARTH 6.0.0.1735 (versão beta) com adaptações



FIGURA 7 - ZONAS DE SILÊNCIO NA ÁREA DE ESTUDO (2)
 FONTE: INAV – GOOGLE EARTH 6.0.0.1735 (versão beta) com adaptações

3.1.2.1 Características da Linha Verde

Os bairros envolvidos no trecho estudado da Linha Verde são: Xaxim, Vila Hauer, Novo Mundo e Vila Fanny. A Linha Verde é uma via composta por 10 pistas sendo: duas pistas exclusivas para a circulação dos ônibus biarticulados (expressos) e demais ônibus do sistema de transportes coletivos de Curitiba e região metropolitana; seis pistas principais para a circulação dos demais veículos com velocidade controlada em 70 km/h e duas pistas marginais com velocidade controlada em 60 km/h. Nestas pistas há acesso fácil para os bairros e ruas adjacentes. Entre as pistas principais e as marginais há canteiros com uma distância aproximada de 25 metros. Nestes canteiros foram plantadas árvores nativas da região que futuramente formarão um parque linear ao longo da Linha Verde, (ver FIGURA 8). A (FIGURA 9) mostra a distribuição das vias, canaletas exclusivas para a circulação de ônibus e a localização do parque linear.

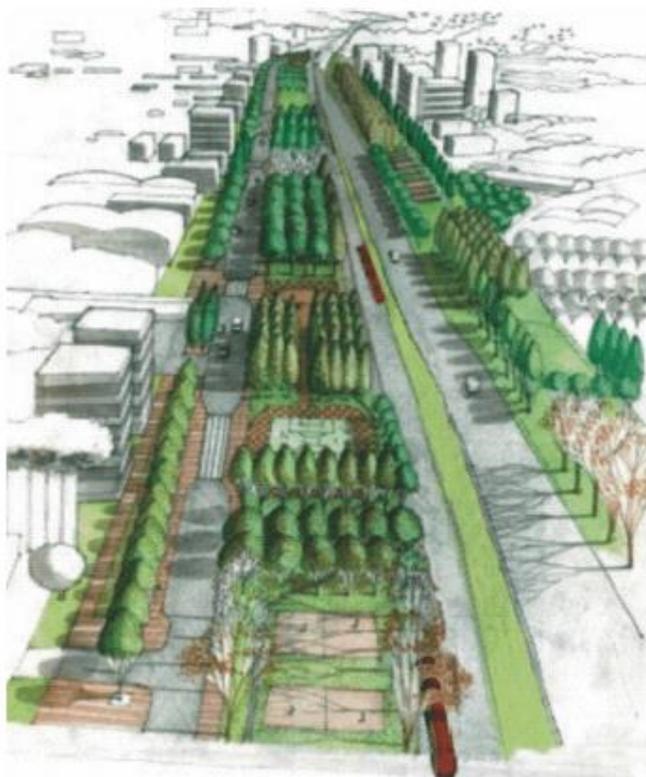


FIGURA 8 - PROJETO PAISAGÍSTICO DO PARQUE LINEAR DA LINHA VERDE
FONTE: IPPUC - Relatório Técnico Linha Verde (2003).

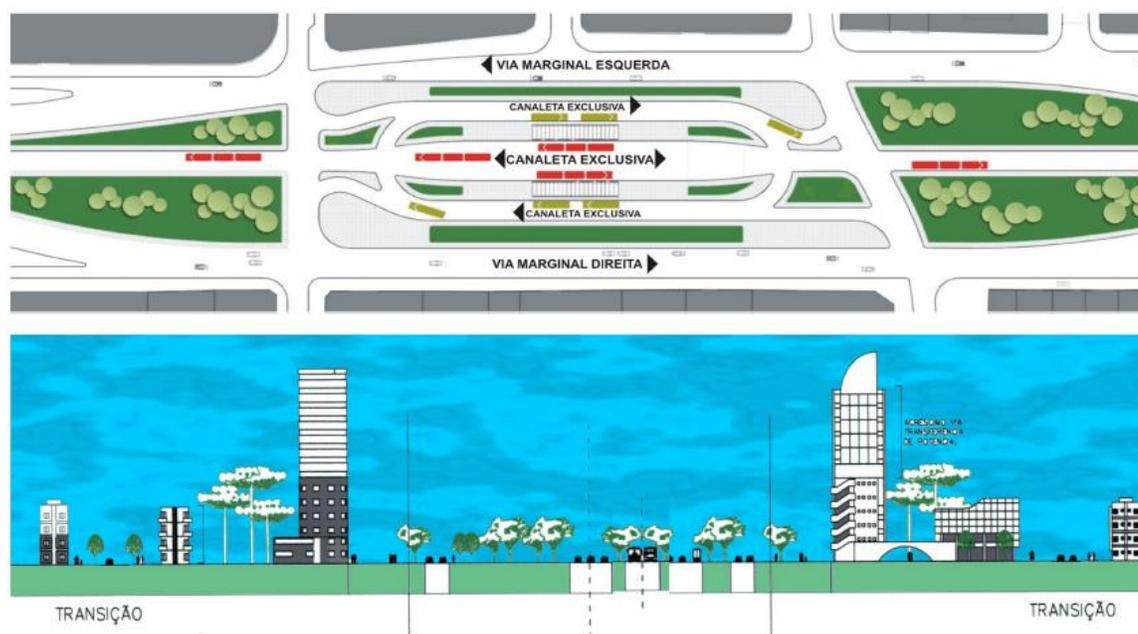


FIGURA 9– VISTA EM PLANTA E EMCORTE DA DISTRIBUIÇÃO DE VIAS DA LINHA VERDE
 FONTE: IPPUC – Relatório técnico da Linha Verde (2003).

O tipo de asfalto das vias da Linha Verde é de boa qualidade, com características bem lisas, que impedem a trepidação dos veículos que ali circulam.

3.1.2.2 Características da Rua Maestro Francisco Antonello

A Rua Maestro Francisco Antonello tem traçado paralelo à Linha Verde, com uma distância entre as duas vias de três quadras, ou seja, aproximadamente 380 metros. Esta via compreende os bairros do Novo Mundo e Vila Fanny. É uma das principais vias da região, com grande concentração de edificações comerciais. Esta via também permite os fluxos entre a Av. Brasília, Av. Santa Bernadete e Rua Roberto de Faria (um dos principais acessos para o bairro Vila Hauer). A velocidade máxima permitida nesta via é de 60 km/h. A pista é de boa qualidade e lisa, evitando situações de trepidação.

3.1.2.3 Características da Rua Major Vicente de Castro

A Rua Major Vicente de Castro localiza-se entre a Linha Verde e a Rua Maestro Francisco Antonello, distando de apenas uma quadra desta última. Ela também compreende os bairros do Novo Mundo e Vila Fanny. É uma via com composição de edificações predominantemente residenciais e alguns galpões. A velocidade máxima permitida para esta via é de 40 km/h. A pavimentação em

grande parte da via é de anti-pó. Em um pequeno trecho, nas proximidades da Av. Santa Bernadethe, o asfalto é de boa qualidade e bem liso, pois nesta quadra é possível fazer o retorno no binário da Rua Leonel França para a Av. Santa Bernadethe.

3.1.2.4 Características das áreas da Vila Hauer e Xaxim

As áreas estudadas entre os bairros Vila Hauer e o Xaxim têm edificações predominantemente residências e de galpões. Há grande quantidade de terrenos baldios ou em fase de terraplanagem, onde futuramente serão construídas novas residências. Pensando neste cenário, foi tomado o cuidado de também executar medições nessas áreas, para futuras bases de dados, já que há um grande potencial construtivo na região. As medições ocorreram em vias que distavam aproximadamente 300 metros da Linha Verde. A velocidade máxima permitida nas vias da região é de 40 km/h. A maioria delas possui pavimentação de anti-pó e há também algumas vias ainda em saibro.

3.1.2.5 Características das vias dos pontos extras

Foram escolhidos dois pontos de medição sonora extras, um localizado na Av. Santa Bernadethe (PE1) e outro na Rua Roberto Faria (PE2). Os mesmos foram incluídos, pois as duas vias citadas possuem grande fluxo de veículos e os ruídos provenientes dessas vias têm uma contribuição significativa na paisagem sonora da região.

A pavimentação da Av. Santa Bernadethe é de concreto liso de boa qualidade. A velocidade máxima permitida nesta via é de 60 km/h e no trecho onde ocorreu a medição sonora as fachadas das residências estão recuadas aproximadamente 50 metros da via.

A pavimentação da Roberto de Faria é composta de asfalto liso e de boa qualidade e a velocidade máxima permitida na via é de 60 km/h.

3.2 ESTUDO PILOTO

Para estabelecer parâmetros mais confiáveis para o presente estudo, foi necessário elaborar um estudo piloto que contribuiu para a caracterização do objeto da pesquisa. Os seguintes dados foram analisados:

- Tempo de medição sonora (etapa objetiva);

- Necessidade de realização de triplicatas das medições sonoras (etapa objetiva);
- Determinação do tamanho do *grid*² para mapeamento sonoro (etapa objetiva);
- Verificação da confiabilidade³ das perguntas contidas nos questionários de percepção sonora (etapa subjetiva).

Foram feitas medições na área de estudo em dois pontos, distantes aproximadamente 500 metros um do outro, no trecho sul da Linha Verde (TABELA 6).

TABELA 6 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO SONORA DO ESTUDO PILOTO

PONTO LOCAL	LOCALIZAÇÃO	BAIRRO	ZONAS ADJACENTES	DISTÂNCIA HORIZONTAL (m)
01	Linha Verde – próximo a Rua Antônio Ader	V. Fanny	ZR 2 e ZR3	0
02	Linha Verde próximo a Rua Hassib Jezzini	V. Fanny	ZR 2 e ZR3	500

3.2.1 Tempo de medição sonora

Segundo Hansen (2005) a duração recomendada das medições sonoras geralmente é de 10 e 15 minutos. Para a elaboração, de forma adequada, de um documento sobre a caracterização do ruído ambiental de uma área, seria ideal fazer medições sonoras onde o somatório de todos os tempos de medições atingiria, aproximadamente, 40 horas ou medições com pelo menos dois períodos noturnos. Há várias publicações em revistas científicas internacionais onde o tempo de medição varia muito, de 30 segundos a 15 minutos (CHO *et al.*, 2004; ZANNIN e SANT´ANA, 2011; GUEDES *et al.*, 2011). Em estudo elaborado por Romeu *et al.* (2011), pesquisou-se qual seria o tempo de medição sonora ideal em que os erros fossem aceitáveis. Nesse estudo as medições variaram entre 10 minutos e 1 hora. Nele, os autores recomendaram que o tempo de medição fosse de 15 minutos, pois neste caso gerava um erro de apenas 2 dB em 90% de tolerância e usualmente a maioria dos mapas acústicos possuem erros de até 5

²**Grid**, palavra de origem inglesa que pode significar *grelha*, *rede* ou *malha*.

³Confiabilidade ou fidedignidade (*reliability*, no inglês): “a capacidade de um instrumento de produzir resultados consistentes. Ela mede objetividade, precisão, estabilidade e consistência”. (Sarantakos, S. *Social Research*, 3rd ed. New York: Palgrave MacMillan, 2005, p.432.

dB. Eles também informam que para diminuir o erro das medições sonoras para 1 dB, é necessário aumentar o tempo de medição em quatro vezes, ou seja, o tempo mínimo para este erro seria de uma hora.

Para o presente estudo foram feitas medições nos pontos citados na (TABELA 6), do item 3.2, em três tempos diferentes: 10, 15 e 30 minutos. Essas medições sonoras aconteceram separadamente, sempre com os mesmos equipamentos. A partir dos dados obtidos nessas medições sonoras, foi possível tirar uma média do nível de pressão sonora (NPS), por se tratarem de medições sonoras no mesmo local de monitoramento, e assim foi possível verificar qual o melhor tempo de medição sonora, já que em ambientes com grande tráfego de veículos a variabilidade das medições sonoras é muito pequena. O valor do tempo de medição sonora que esteve mais próximo do NPS foi adotado como tempo padrão para a realização deste estudo. Para a realização do cálculo da média logarítmica foi utilizada a equação (3.1).

$$LA_{eq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{(LA_{eq,t})_i}{10}} \right] [dB] \quad (3.1)$$

Onde:

$LA_{eq,T}$ = Média logarítmica do nível de pressão sonora [dB];

n = Número de medições sonoras;

$(LA_{eq,t})_i$ = Valor sonoro correspondente a medição i [dB].

Junto com as medições sonoras foram contados os veículos que ali passavam, para caracterizar o fluxo de veículos no momento de cada medição. Essa informação foi um dos parâmetros utilizados para a calibração do mapeamento que complementou os testes de melhor tempo de medição sonora.

Foi realizado mapeamento sonoro de ambos os pontos por tempo de medição, a fim de demonstrar as diferenças das propagações sonoras por tempo de medição. Em seguida, os mapas com os três tempos de medição foram sobrepostos. Como mapa base, utilizou-se o mapa do tempo de 30 minutos e por cima dele, tracejaram-se os limites de propagação dos demais tempos de medição. A partir destes resultados (item 4.1.1), NPS e mapeamento, foi possível definir qual tempo era o mais adequado para o projeto.

3.2.2 Verificação da necessidade de realização de triplicatas das medições sonoras

Para verificar se os dados das medições sonoras eram realmente constantes, realizaram-se medições em triplicatas nos dois pontos escolhidos para o estudo piloto. Essas medições ocorreram em dias distintos, sempre no mesmo horário. Os dados obtidos nas triplicatas foram analisados e através deles foi possível estimar o erro da medição sonora, este sendo confrontado com as recomendações da comunidade científica internacional.

Segundo Hansen (2005) o ruído do tráfego urbano de veículos geralmente revela um elevado grau de constância, sendo por isso normal que não ocorram variações superiores a 1 dB, devido ao fluxo constante de veículos.

Segundo Bies e Hansen (2009) os erros de medições sonoras em ambientes externos tem erros estimados em ± 1 dB, dependendo de boas condições meteorológicas, repetitividade da medições sonoras, correta calibração do equipamento e da classe do equipamento.

Para verificar o grau de significância dos resultados obtidos nas medições sonoras em triplicatas, realizaram-se cálculos de incertezas nas medições sonoras, possibilitando a verificação do erro das medições sonoras em cada ponto de monitoramento (item 4.1.2).

Este estudo baseou-se na metodologia apresentada na ISO 1996-1 (2003) para a determinação do erro aceitável da medição sonora. As incertezas do ruído ambiente são calculadas através da seguinte equação:

$$u = \sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2} \text{ [dB]} \quad (3.2)$$

Onde:

u = Incerteza das medições sonoras em dB;

Incerteza devida ao sistema de medição = 1 dB;

X = Incerteza devida às condições de operação (repetitividade);

Y = Incerteza devida às condições meteorológicas [0,2 a 2,0 dB(A)];

Z = Incerteza devida à influência do ruído residual.

As incertezas devido às condições de operação (X) são calculadas através do desvio padrão experimental da média das leituras efetuadas em cada um dos períodos de referência, equação 3.3.

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.3)$$

Onde:

$\bar{\sigma}$ = Desvio padrão logarítmico [dB];

n = número de medições sonoras;

x_i = nível de pressão sonora de cada medição sonora [dB];

\bar{x} = média logarítmica das medições sonoras [dB].

As incertezas devidas às condições meteorológicas (Y) variam em função da distância à fonte e das condições meteorológicas predominantes. O método utiliza uma janela meteorológica simplificada onde $Y = \sigma_m$. Entretanto, devem-se analisar duas situações em relação ao tempo de medição sonora:

- Medições de curta duração: as variações das condições do solo são pequenas;
- Medições de longa duração: as variações das condições do solo podem aumentar a incerteza das medições sonoras de forma considerável. Além do mais, devem-se considerar as condições meteorológicas separadamente e de forma combinada também.

TABELA 7 – PARÂMETROS PARA A ADOÇÃO DAS INCERTEZAS DEVIDAS ÀS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS (Y)

TIPO DE TERRENO	SITUAÇÃO	DISTÂNCIA (M)	RAIO (KM)	VALOR DO COMPONENTE (σ_m)
Refletor	Alta	$\leq 50 m$	Sem restrições	0,5 dB
	Baixa	$\leq 25 m$	Sem restrições	0,5 dB
	Alta	$\leq 50 m$	Sem restrições	1,5 dB
Poroso		$\leq 200 m$	$< -10 km$	2,0 dB
		$\leq 400 m$	$< 10 km$	2,0 dB
		$> 400 m$	$< 10 km$	$1 + d/400$ dB
	Baixa	$\leq 25 m$	Sem restrições	1,5 dB
		$\leq 400 m$	$< 10 km$	2,0 dB
		$> 400 m$	$< 10 km$	$1 + d/400$ dB
Topografia complexa	Alta e Baixa	-	-	-

FONTE: ISO 1996, 2003

Já as incertezas devidas às influências do ruído residual dependem da diferença entre os valores medidos e o som residual. Só é utilizado caso se

pretenda caracterizar um som específico (ruído particular). Usualmente utiliza-se a seguinte equação para a determinação desta incerteza:

$$Z = \left[\sqrt{2} * 10^{\frac{(L_{total}-L_{residual})}{10}} * u(L_{residual}) \right] \quad (3.4)$$

Onde:

Z = incertezas devidas às influências do ruído residual [dB];

L_{total} = Ruído total [dB];

L_{residual} = Ruído residual [dB];

u(L_{residual})= incertezas gerados pelo ruído residual [dB].

Este último parâmetro não foi utilizado no presente estudo, pois não havia o interesse de se isolar os tipos de ruídos gerados na área de estudo.

3.2.3 Determinação do tamanho do grid para mapeamento sonoro

Há estudos como o de Asensio *et al.* (2011) que definem os melhores tamanhos de *grids* para o refinamento da predição acústica através de mapas sonoros. A WG-AEN (2007) recomenda que o usuário do *software* de mapeamento sonoro selecione o tamanho do *grid* comprometendo-se com a exatidão do mapa e o esforço do cálculo, incluindo o seu tempo. Neste contexto, uma prática comum para o mapeamento sonoro de áreas grandes é a subdivisão do cálculo em duas fases. A primeira fase consiste da utilização de um *grid* grosseiro (30m x 30m), para encontrar as áreas de interesse. A segunda fase consiste da aplicação de uma resolução de *grid* menor (geralmente 10m x 10m), que é aplicada em áreas específicas de interesse como, por exemplo, áreas povoadas. Ocasionalmente podem ser utilizados *grids* menores.

Neste estudo, para a determinação do *grid* do mapeamento sonoro, foram obtidos mapas do mesmo ponto de medição. Optou-se por plotar mapas com diferentes *grids* na região próxima ao ponto 2 do estudo piloto, com área de 485550m². Os *grids* testados foram de 30mx30m, 20mx20m, 15mx15m e 10mx10m. Conforme os *grids* vão diminuindo o seu tamanho, a quantidade de receptores do mapa simulado irá aumentar conforme exemplificado abaixo:

- *Grid* de 30 (30m x 30m): ~540 receptores;
- *Grid* de 20 (20m x 20m): ~1214 receptores;
- *Grid* de 15 (15m x 15m): ~2158 receptores;

- *Grid* de 10 (10m x 10m): ~4855 receptores.

Os resultados encontram-se no item 4.1.3.

3.2.4 Confiabilidade das perguntas do questionário de percepção sonora

Para verificar se o questionário de percepção sonora, aplicado na amostra definida para a área de estudo, era confiável, foi necessário submeter uma pequena parcela dos questionários respondidos ao teste de confiabilidade “Alfa de Cronbach”. Este teste indica em que medida os itens contribuem uniformemente para a soma não ponderada do instrumento, numa escala de 0 a 1. A informação produzida chama-se consistência interna da escala. Desta forma, o Alfa de Cronbach (α) pode ser considerado o coeficiente médio de todas as estimativas de consistência interna que se obteriam se todas as divisões possíveis da escala fossem feitas (CRONBACH, 1951). A consistência interna estima a confiabilidade de um instrumento, visto que, quanto menor a variabilidade de um mesmo item numa amostra de sujeitos, menor é o erro da medida associado ao item (PASQUALI, 2003). A (TABELA 8) indica os níveis de confiabilidade recomendados por diversos autores.

TABELA 8 - CRITÉRIOS DE RECOMENDAÇÃO DE FIABILIDADE ESTIMADA PELO ALFA DE CRONBACH (ADAPTADO DE PETERSON, 1994)

Davis, 1964, p. 24	Previsão individual	Acima de 0.75
	Previsão para grupos de 25 - 50 indivíduos	Acima de 0.5
Kaplan e Sacuzzo, 1982, p. 106	Investigação fundamental	0.7 - 0.8
	Investigação aplicada	0.95
Murphy e Davidsholder, 1988, p.89	Confiabilidade inaceitável	< 0.6
	Confiabilidade baixa	0.7
	Confiabilidade moderada a elevada	0.8 - 0.9
	Confiabilidade elevada	> 0.9
Nunnally, 1978, p.245 - 246	Investigação preliminar	0.7
	Investigação fundamental	0.8
	Investigação aplicada	0.9 - 0.95

FONTE: MAROCO e GARCIA-MARQUES (2006).

O cálculo do Alfa de Cronbach (α) é realizado através da variância e se dá pela seguinte equação:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} * \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right] \quad (3.5)$$

Onde:

α = Alfa de Cronbach;

K = número de perguntas do questionário;

V_i = variância de cada item;

V_t = variância total.

No presente estudo, a tabulação dos resultados obtidos nos questionários de percepção sonora foi realizada no *software* SPSS Statistics versão 17.0 e para o cálculo do Alfa de Cronbach, utilizou-se uma amostra de vinte questionários. Após a obtenção dos resultados das variâncias, substituíram-se os valores na equação 3.1. O resultado do teste de consistência interna encontra-se no item 4.1.4.

3.3 AVALIAÇÃO OBJETIVA DO ESTUDO

A avaliação objetiva do estudo subdivide-se em dois itens: medições sonoras e mapeamento sonoro. Em ambos os itens serão descritos os métodos adotados, os equipamentos utilizados e os parâmetros utilizados para os cálculos.

3.3.1 Medições sonoras

Para o estudo dos impactos ambientais sonoros gerados na Linha Verde e suas adjacências, foi seguida a sequência metodológica sugerida por Bunn (2010), como segue:

- 1) Levantamento do local;
- 2) Reconhecimento das fontes de ruído existentes no local;
- 3) Realização de medições dos níveis de pressão sonora equivalente (L_{eq});
- 4) Medição do espectro de frequências do ruído no local;
- 5) Medição da variação do ruído em função do tempo – *data-log*;
- 6) Contagem do fluxo de veículos;
- 7) Análise dos resultados.

A (FIGURA 10) retrata o fluxograma detalhado dos trabalhos das medições sonoras e das atividades relacionadas com os mesmos, no desenvolvimento do presente trabalho.

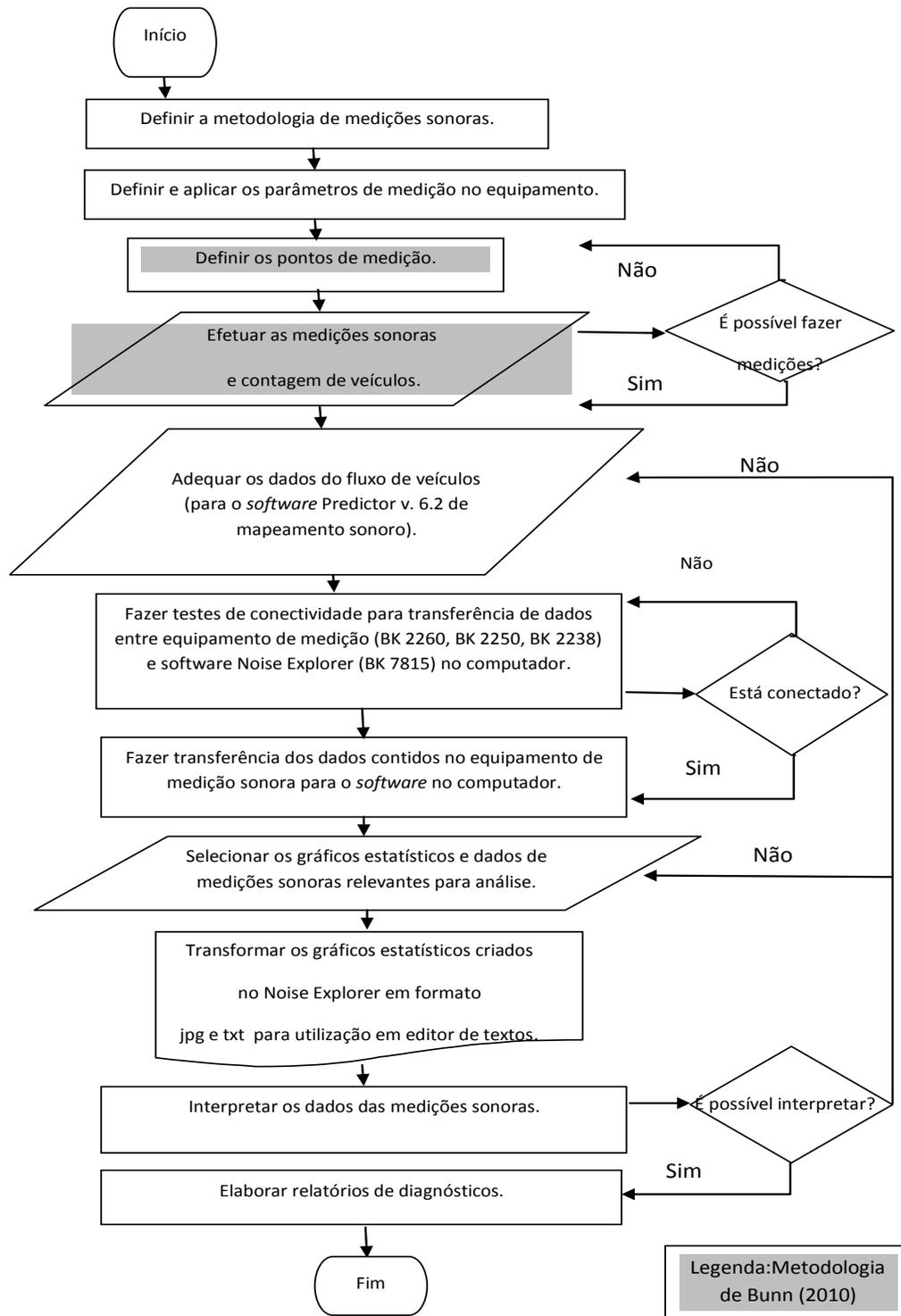


FIGURA 10 - FLUXOGRAMA DE MEDIÇÕES SONORAS

3.3.1.1 Métodos e parâmetros utilizados para as medições sonoras

Os métodos utilizados para a coleta de dados das medições sonoras, no presente trabalho, estão descritos na NBR 10151/00 (item 2.7.1). Em cada ponto foram realizadas no mínimo três medições simultaneamente, pois cada equipamento coletava um tipo de informação, e consideraram-se os dois sentidos de tráfego da via. Estas foram realizadas no modo de resposta *fast* do equipamento e com correção na curva de ponderação em A, pois se assemelham mais à resposta do ouvido humano aos níveis de pressão sonora.

As definições dos parâmetros seguiram os resultados obtidos no estudo piloto, onde o tempo de medição ficou estipulado em 10 minutos por ponto de medição (item 3.2.1 e item 4.1.1) e não havendo a necessidade de se fazer triplicatas em cada ponto de medição (item 3.2.2 e item 4.1.2).

Também foi adotada uma faixa dinâmica de 40 dB a 120 dB para as medições, sendo que o equipamento somente captaria os ruídos com essas intensidades sonoras.

As medições sonoras ocorreram sempre no período da tarde entre 13h30 e 17h00, em condições climáticas favoráveis. Vale lembrar ainda que as medições sonoras e a contagem de veículos ocorreram entre os meses de abril e junho de 2011. Na (FIGURA 11) pode-se visualizar um dos momentos das medições sonoras realizadas para o presente estudo.



FIGURA 11 - MEDIÇÃO SONORA REALIZADA NA LINHA VERDE

3.3.1.2 Definição dos pontos de medição

A seleção dos pontos de medição pode ser definida por várias estratégias em um estudo sobre o ruído ambiental em uma cidade, dependendo do método de seleção da amostragem dos pontos. Há vários tipos de amostragem de pontos de medição, a saber: amostragem aleatória, amostragem de uso e ocupação do solo, amostragem orientada de acordo com o receptor e amostragem orientada de acordo com a fonte do ruído (BROWN e LARM, 1987; ROMEU *et al.*, 2011).

Na seleção dos pontos para o presente estudo há grande predominância da amostragem orientada de acordo com o receptor, já que os pontos têm uma homogeneidade nas suas distâncias (um a cada 500 m) (ZANNIN e SANT'ANA, 2011). Assim, no trecho Sul da Linha Verde e adjacências foram previstos 31 pontos de medição, conforme demonstrado na (FIGURA 12). Também há predominâncias de amostragem de uso e ocupação do solo, já que a região estudada possui diferentes zoneamentos que determinam os limites dos ruídos permitidos em cada região. Durante a seleção dos pontos de medição também houve a preocupação em escolher locais não muito próximos de semáforos e quebra-molas, de sorte que os ruídos captados do tráfego de veículos se tornassem mais homogêneos.

Para melhor entendimento do mapa de distribuição dos pontos de medição, retratado na (FIGURA 12), foi estabelecida a denominação das ruas e regiões pelas seguintes siglas:

- Pontos da Linha Verde – LV;
- Pontos da Rua Maestro Francisco Antonello – LD;
- Pontos da Rua Major Vicente de Castro – LDA;
- Pontos da região dos bairros Xaxim e Vila Hauer – LE;
- Pontos extras – PE.



FIGURA 12 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO SONORA
FONTE: INAV –GOOGLE EARTH 6.0.0.1735 (beta) com adaptações.

A localização dos pontos e seu zoneamento podem ser visualizados no (QUADRO 4).

PONTO	DENOMINAÇÃO PONTO	LOCAL	RUAS PRÓXIMAS DO PONTO	BAIRRO	DISTÂNCIA HORIZ. (M)	ZONEAM
1	1 LV	Linha Verde	Rua Dr. Francisco Soares	Novo Mundo	0	SE BR116
2	2 LV	Linha Verde	Rua Rosa Carvalho Chaves	Vila Fanny	500	SE BR116
3	3 LV	Linha Verde	Rua HassibJezzini	Vila Fanny	1000	SE BR116
4	4 LV	Linha Verde	entre Rua Dr. Gastão Faria e Av. Santa Bernadete	Vila Fanny	1500	SE BR116
5	5 LV	Linha Verde	Rus Amaro de Santa Rita	Vila Fanny	2000	SE BR116
6	6 LV	Linha Verde	Rua João Nogarolli	Vila Fanny	2500	SE BR116
7	7 LV	Linha Verde	Rua Roberto Faria	Vila Fanny	3000	SE BR116
8	1 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua Dr. Francisco Soares	Novo Mundo	0	ZR3
9	2 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua Rosa Carvalho Chaves	Vila Fanny	500	ZR3
10	3 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua HassibJezzini	Vila Fanny	1000	ZR3
11	4 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua AntonioAder	Vila Fanny	1500	ZR3
12	5 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua Leonel França	Vila Fanny	2000	ZR3
13	6 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua Cel. Anibal dos Santos	Vila Fanny	2500	ZR3
14	7 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua Randolpho Serzedelo	Vila Fanny	3000	ZR3
15	8 LD	Rua Maestro Francisco Antonello	Rua Roberto Faria	Vila Fanny	3500	ZR3
16	1 LDA	Rua Major Vicente de	Rua Dr. Francisco Soares	Novo Mundo	0	SE BR116

		Castro				
17	2 LDA	Rua Major Vicente de Castro	Rua Rosa Carvalho Chaves	Vila Fanny	500	SE BR116
18	3 LDA	Rua Major Vicente de Castro	Rua HassibJezzini	Vila Fanny	1000	SE BR116
19	4 LDA	Rua Major Vicente de Castro	Rua AntonioAder	Vila Fanny	1500	SE BR116
20	5 LDA	Rua Major Vicente de Castro	Rua Leonel França	Vila Fanny	2000	SE BR116
21	6 LDA	Rua Major Vicente de Castro	Rua Cel. Anibal dos Santos	Vila Fanny	2500	SE BR116
22	7 LDA	Rua Major Vicente de Castro	Rua Randolpho Serzedelo	Vila Fanny	3000	SE BR116
23	8 LDA	Rua Major Vicente de Castro	Rua Roberto Faria	Vila Fanny	3500	SE BR116
24	1 LE	Rua São Jorge	Rua José Rebelato	Xaxim	0	SE BR116
25	2 LE	Rua Octacyr Reynaldo Mion	Rua São Jorge	Xaxim	500	SE BR116
26	3 LE	Rua Max Schrappe		Xaxim	1000	SE BR116
27	4 LE	Rua Eng. Emílio Guetter	Rua Vitório Malucelli	Vila Hauer	1500	SE BR116
28	5 LE	Rua Prof. José Nogueira dos Santos	Rua Frei Henrique de Coimbra e Rua São Bento	Vila Hauer	2000	SE BR116
29	6 LE	Rua Padre Dehon	Rua Cel. Antonio Ricardo dos Santos	Vila Hauer	2500	SE BR116
30	PE 1	Av. Santa Bernadeth e	entre Rua Major Vicente de Castro e Rua Maetro Francisco Antonello	Vila Fanny	0	SE BR116
31	PE 2	Rua Roberto de Faria	entre Rua Major Vicente de Castro e Rua Maetro Francisco Antonello	Vila Fanny	0	SE BR116

QUADRO 4 - LOCALIZAÇÃO E ZOEAMENTO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

No trecho da área de estudo há um radar, nas proximidades do ponto 2 LV. Há também dois sinaleiros nas proximidades do ponto 4 LV. Há um quebra molas nas proximidades do ponto 2 LD, três sinaleiro próximos dos pontos 1 LD, 4 LD e 5 LD, o que diminui a velocidade média dos veículos nesses pontos. Há também um quebra-molas em frente a um colégio municipal próximo do ponto 6 LDA.

O ponto PE1 da Av. Santa Bernadethe localiza-se entre as ruas Maestro Francisco Antonello e Major Vicente de Castro. O ponto PE2 da Rua Roberto de Faria localiza-se também entre as ruas Maestro Francisco Antonello e Major Vicente de Castro.

3.3.1.3 Equipamentos utilizados nas medições sonoras

Para a realização das medições sonoras foram utilizados analisadores acústicos da marca Brüel & Kjaer, fixados em tripés e os microfones foram protegidos com protetores de espuma para evitar a interferência do vento. Estes equipamentos são classificados como de terceira geração e de primeira classe. Os aparelhos de classe I atendem aos padrões da IEC (*International Electrotechnical Commission*) e o ANSI (*American Standards Institute*) e a norma brasileira NBR 10151/00. Assim sendo, estes equipamentos de medição atendem às seguintes normas:

- **IEC 651** (1979) - *Sound Level Meters*;
- **IEC 804** (1985) - *Integrating-Averaging Sound Level Meters*;
- **ANSI S1.4** (1983) - *Specification for Sound Level Meters*;
- **ANSI S1.11** (1986) - *Specification for Octave Filters*.

Para o presente estudo foram utilizados os equipamentos a seguir:

- 1 medidor de pressão sonora tipo B&K 2238;
- 1 medidor de pressão sonora tipo B&K 2260;
- 1 medidor de pressão sonora tipo B&K 2250;
- *Software* B&K Noise Explorer 7815;
- 1 calibrador B&K 4231;

Durante as medições foram utilizados três módulos aplicativos dos descritores acústicos, como segue:

1) Aplicativo *Enhanced Sound Analysis* (plataforma BZ 7206) que fornece o L_{eq} , $L_{m\acute{a}x.}$ e $L_{m\acute{i}n.}$, além de níveis estatísticos como o L_{10} , L_{50} e L_{90} . Todos esses dados são obtidos simultaneamente no medidor de pressão sonora BK 2260.

2) Aplicativo *Advanced Frequency Analyzer* (plataforma BZ 7223) que fornece o L_{eq} , $L_{m\acute{a}x.}$ e $L_{m\acute{i}n.}$, além de níveis estatísticos como o L_{10} , L_{50} e L_{90} . Também fornece medições em tempo real de bandas 1/1 e 1/3 de oitava. Todos esses dados são obtidos simultaneamente através do medidor de pressão sonora BK 2250.

3) Aplicativo *Logging* (plataforma BZ 7124), que fornece também o L_{eq} , $L_{m\acute{a}x.}$ e $L_{m\acute{i}n.}$, porém calcula o *data-log* (medição em tempo real) no medidor de pressão sonora BK 2238.

Na (FIGURA 13) pode-se visualizar o medidor de pressão sonora BR 2260.



FIGURA 13 - MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA B&K 2260

3.3.1.4 Verificação da intensidade do fluxo de veículos

Juntamente com as medições sonoras com duração de dez minutos em cada ponto, fez-se também o levantamento da intensidade do fluxo de veículos. Para tal fim, foi necessário subdividir os veículos em subcategorias, de acordo com seu porte / tipo, como segue:

- Motos;
- Veículos leves (carros, utilitários e caminhonetes);
- Veículos pesados (caminhões e ônibus).

Verificou-se que, em vias como a Linha Verde, 20% dos veículos circulavam pelas marginais e os 80% restantes pelas vias principais. Nas demais vias (R. Maestro Francisco Antonello, Rua Major Vicente de Castro e vias da Vila Hauer e Xaxim) a quantidade de veículos foi dividida pela metade para cada um dos sentidos de circulação. Na Av. Santa Bernadethe e Rua Roberto de Faria o sentido é único, motivo pelo qual não foi necessário dividir a quantidade de veículos por sentido de circulação.

Como o tempo de observação para o levantamento do fluxo de veículos era de apenas 10 minutos em cada ponto, pois estes ocorreram simultaneamente com as medições sonoras (tempo de medição definido em estudo piloto), foram necessários ajustes para a obtenção da intensidade do fluxo de veículos correspondente à uma hora. Para tanto, multiplicou-se por seis, o número de veículos contados em 10 minutos. Na (FIGURA 14) pode-se visualizar um dos momentos da contagem de veículos para o presente estudo.



FIGURA 14 - CONTAGEM DE VEÍCULOS REALIZADA SIMULTANEAMENTE COM AS MEDIÇÕES SONORAS

3.3.1.5 Tabulação dos dados coletados com os medidores sonoros

Os dados coletados com os medidores sonoros foram descarregados e analisados no *software* Noise Explorer 7815. Este *software* processa e lê os valores para os níveis sonoros equivalentes, os níveis sonoros estatísticos e os valores limites de máximo e mínimo, obtidos em cada ponto.

A partir dos dados obtidos com as medições, compararam-se os resultados dos medidores em função da legislação municipal 10.625/02, que é mais detalhado que a NBR 10.151.

3.3.2 Mapeamento sonoro

Para o estudo dos impactos ambientais sonoros gerados na Linha Verde e suas adjacências, através de mapeamento sonoro, foi seguida a sequência metodológica abaixo, definida por Bunn (2010):

1. Escolha do método de cálculo (ISO 9313.1/2 Road);
2. Inserção das curvas de nível na extensão do trecho;

3. Inserção de ortofotocartas para o desenho manual das edificações e vegetação na Linha Verde e adjacências;
4. Inserção de dados para o cálculo, como fluxo de veículos, velocidade média para cada tipo de veículo e tipo de pavimentação;
5. Escolha da área de cálculo e grid;
6. Realização do mapeamento acústico atual, demonstrando os níveis de pressão sonora equivalente em função da distância;
7. Análise dos resultados.

Foi elaborado um fluxograma que ilustra os trabalhos de mapeamento sonoro e o processo para a realização das atividades empregado no presente estudo. O mesmo pode ser visualizado na (FIGURA 15).

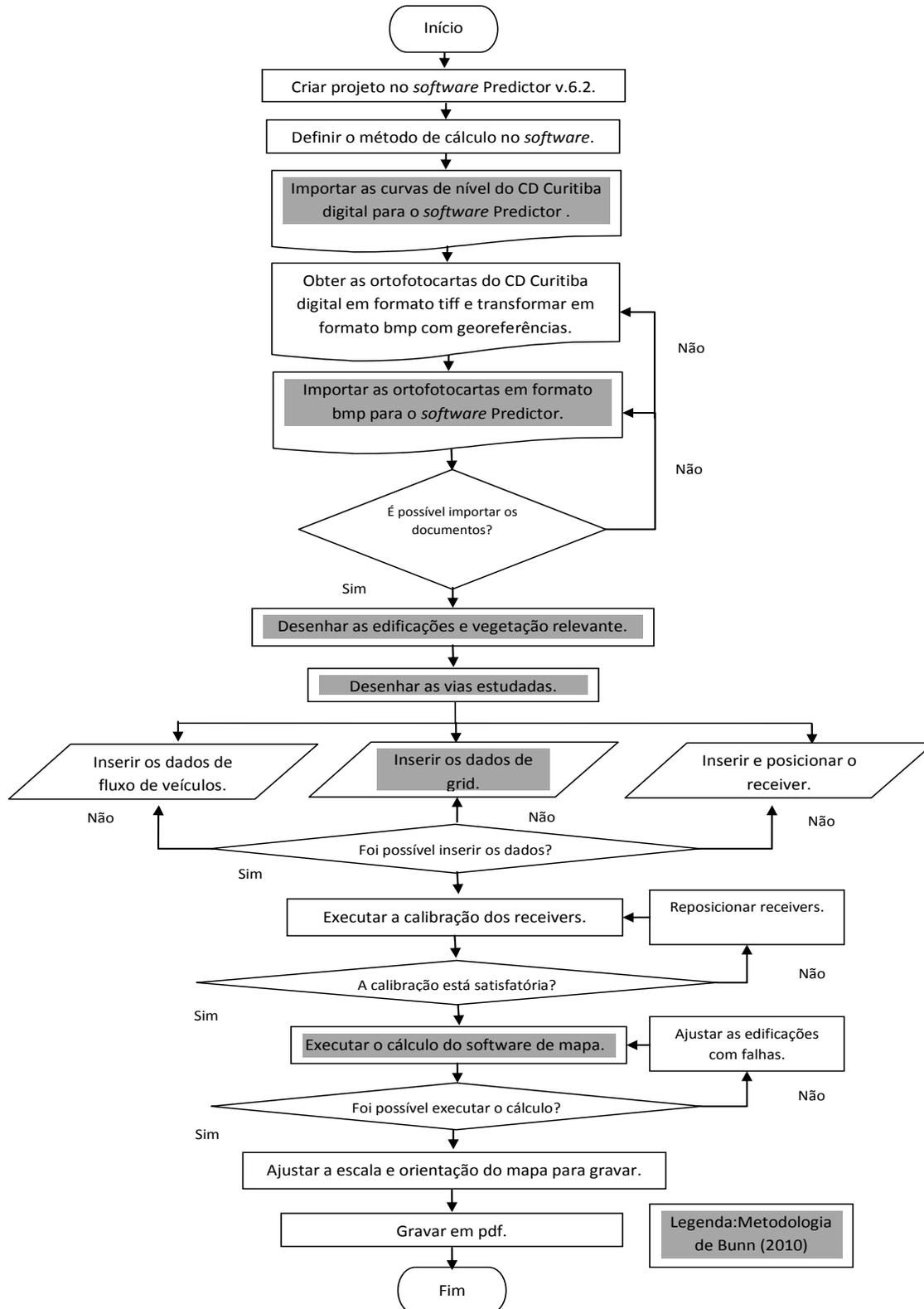


FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DO MAPEAMENTO SONORO

3.3.2.1 Métodos e parâmetros utilizados para o mapeamento sonoro

Para o mapeamento sonoro também foram utilizados os métodos das medições sonoras utilizadas neste estudo, descritos na norma ISO 9613-2 de 1996 (item 2.6.1) e NBR 10.151/2000 (item 2.7.1), juntamente com as recomendações da WG-AEN de 2007 (item 2.6.2).

O manual do *software* de mapeamento sonoro Predictor, versão 5.0 informa o seguinte sobre o método de cálculo da norma ISO 9613-2 de 1996, transcrito a seguir:

A opção de cálculo ISO para o Predictor consiste em três módulos –‘ISO para fontes industriais (em bandas de oitava)’, ‘ISO para fontes industriais (em bandas de 1/3 de oitava)’ e ‘ISO para fontes de tráfego veicular’. Todos os módulos de cálculo têm o mesmo núcleo, os mesmos itens de objetos, os mesmos itens de receptor, mas para diferentes fontes. A ISO para fontes de tráfego veicular tem a "estrada / via" como item de origem. A distinção entre o tráfego rodoviário e de fontes industriais é uma consequência lógica do conceito de prognósticos (...). Os padrões utilizados no módulo de tráfego veicular da ISO são: 1) ISO 9613-1: Atenuação do som ao ar livre durante a propagação, Parte1: Cálculo de som no ambiente (ISO,1993); 2) ISO 9613-2: Atenuação de som durante a propagação ao ar livre, Parte 2: método geral de cálculo (ISO, 1996); 3) RMV-SRM2: Standard rekenmethode 2 van het Rekenen Meetvoorschrift Verkeerslawaaai (cálculo de emissão de som de estradas);4) publicação 133 do manifesto "Het wegdeelge corrigeer opakostischeeigen shappen" (efeitos da superfície da via sobre a emissão de ruído) (BRÜEL & KJAER, 2005).

A região simulada foi a mesma das medições sonoras, item (3.3.1.2).

As curvas de nível e ortofoto cartas utilizadas, que serviram de base para o mapeamento sonoro foram obtidas do CD Curitiba digital (2006), do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC).

Um dos parâmetros utilizados para a o mapeamento sonoro foi definido no resultado do estudo piloto no item (3.2.3) sobre a determinação do tamanho do *grid*.

A intensidade do fluxo de veículos para o mapeamento sonoro foi obtida durante as medições, através da contagem de veículos, descrito no item (3.3.1.4).

Para a calibração do modelo utilizaram-se como referência as recomendações do Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Para este órgão, a incerteza esperada é de mais ou menos 5 dB(A) quando os valores medidos e simulados são comparados.

3.3.2.2 Softwares utilizados nos mapeamentos sonoros

Para a realização do mapeamento sonoro foram utilizados os seguintes *softwares*:

- *Software* Google Earth;
- *Software* B&K Predictor 7810 versão 6.2 para o mapeamento acústico.

As ortofotocartas obtidas no CD Curitiba digital estão em formato tiff e o *software* Predictor trabalha com estas ortofotocartas em formato bmp. Para realizar a conversão de formatos e não perder as coordenadas geográficas foi utilizado o GIS (Sistema de Informações Geográficas).

Como os dados das ortofotocartas são do ano de 2006 e ocorreram modificações nas edificações durante esses anos, foi utilizado também o *software* Google Earth, que possui base de dados de 2009, para desenhar as edificações e garantir que essas estruturas tivessem o maior grau de atualização possível.

Segundo Bunn (2010), o Predictor 7810 é um software para ambiente MS-Windows® desenvolvido pra a previsão de níveis de ruído e o seu mapeamento. Além de retratar a paisagem sonora de forma espacial, o *software* simula medidas de controle do ruído, auxiliando na tomada de decisões quanto à mitigação do ruído em si.

3.3.2.3 Determinação/padronização das alturas das edificações

Para elaborar o mapeamento sonoro é necessário desenhar previamente as edificações que fazem parte da paisagem a ser estudada. Estas edificações têm função de barreiras acústicas além de absorverem o som, ajudam na reflexão do mesmo e alteram sua propagação no meio. Como as edificações têm alturas variadas, adotou-se uma padronização para facilitar a elaboração deste estudo como segue:

- Residências:
 - Com um pavimento – 3 metros
 - Com dois pavimentos – 6 metros
- Sobrados – 6 metros
- Galpões:
 - Pequenos – 6 a 8 metros

- Médios – 9 metros
- Grandes – 12 metros
- Prédios: Pavimentos de 3 metros cada.

A representação gráfica das edificações no software Predictor 7810 v.6.2, é exemplificada na (FIGURA 16 e FIGURA 17).

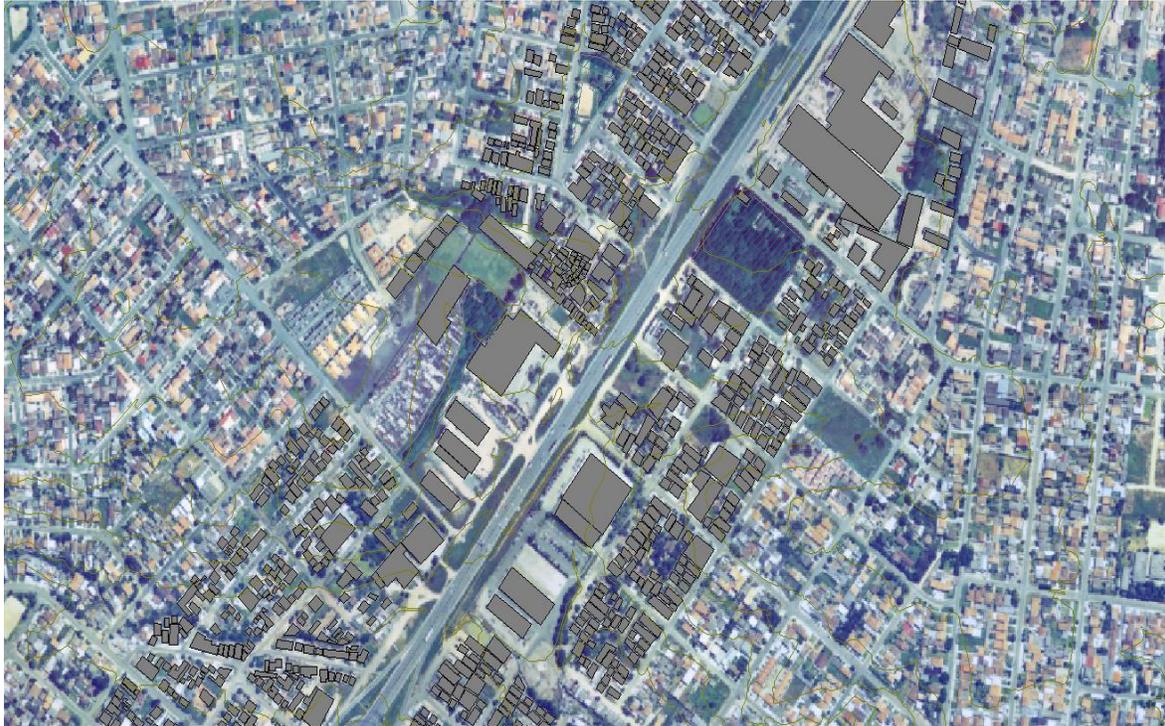


FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS EDIFICAÇÕES NO SOFTWARE PREDICTOR 7810 V. 6.2
FONTE: BUNN (2010)

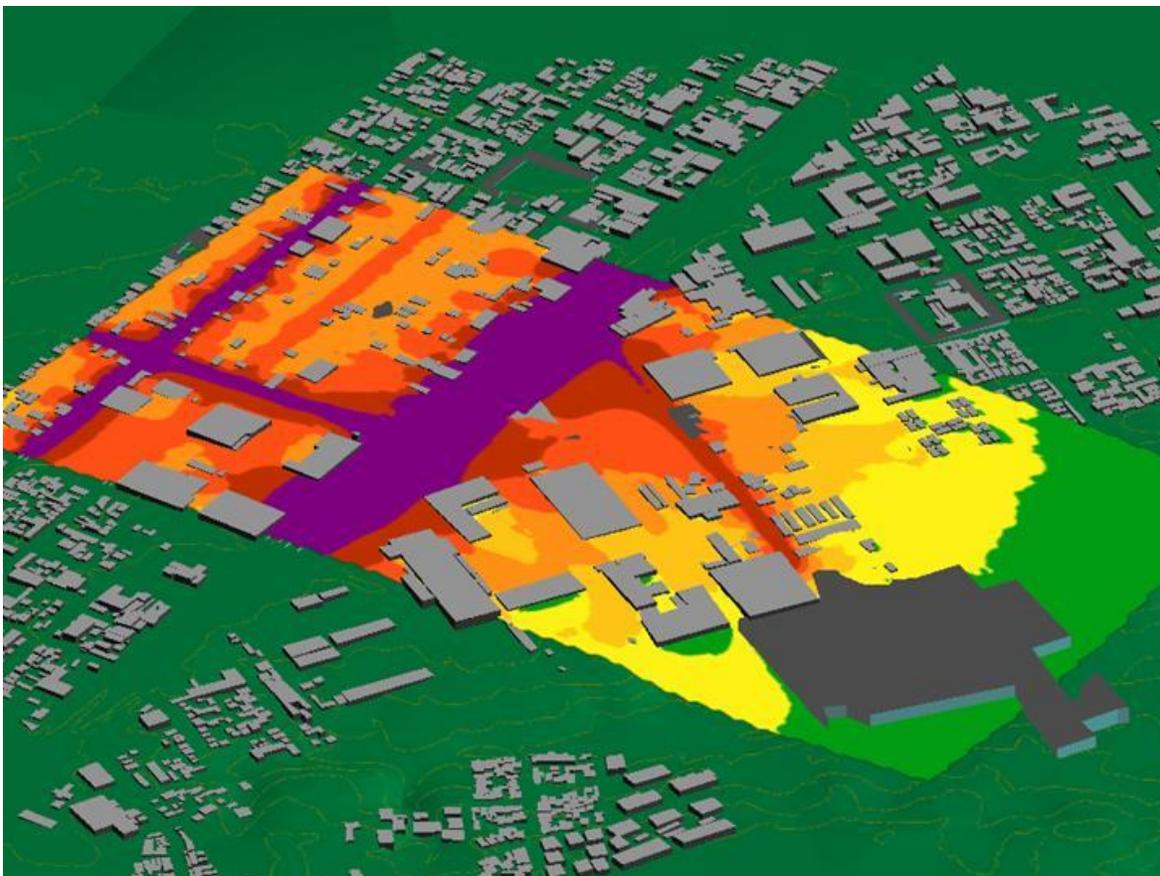


FIGURA 17 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA EM 3D DAS EDIFICAÇÕES NO SOFTWARE PREDICTOR 7810 V.6.2

3.3.2.4 Estimativa das velocidades médias nas vias estudadas

A estimativa de velocidade média foi realizada através da condução de um veículo no trecho, acompanhando a velocidade de outros veículos, verificando-se pelo velocímetro a velocidade média aproximada em cada ponto.

3.3.2.5 Levantamento e determinação do tipo de pavimentação das vias

As informações sobre a pavimentação das vias estudadas foram obtidas durante a observação dessas vias por ocasião das medições sonoras, quando se verificou que na Linha Verde, na Rua Maestro Francisco Antonello e Rua Roberto de Faria há asfalto liso de boa qualidade. A Rua Major Vicente de Castro e vias dos bairros Xaxim e Vila Hauer são compostas de anti-pó. Na Av. Santa Bernadethe a composição da via é de concreto armado liso. As correspondências dos materiais da composição dessas vias com os materiais adotados no *software* podem ser visualizadas no (QUADRO 5).

TIPO DE PAVIMENTAÇÃO NO SOFTWARE	TIPO DE PAVIMENTAÇÃO NO LOCAL
Brunshed down concrete	Anti-pó
Broomed fine concrete	Concreto liso
Flat surface with fine texture	Asfalto liso de boa qualidade

QUADRO 5 - TIPO PAVIMENTAÇÃO SOFTWARE X ORIGINAL

3.4 AVALIAÇÃO SUBJETIVA DO ESTUDO

A avaliação subjetiva desta dissertação é composta de um estudo sobre a percepção sonora elaborado com a população residente nas áreas próximas à Linha Verde, nos bairros Novo Mundo e Vila Fanny. A decisão para a realização deste estudo somente com os residentes destas áreas justifica-se por tratar-se de uma região densamente povoada e com poucos terrenos baldios disponíveis para construção civil. Outro fator que contribuiu para esta decisão foi que uma possível inclusão da população dos bairros Vila Hauer e Xaxim na amostra estenderiam demasiadamente o tempo de coleta de dados.

3.4.1 Determinação do método

Para o estudo de percepção sonora na Linha Verde e suas adjacências, foi seguida a seguinte sequência metodológica abaixo:

1. Definir método da elaboração e aplicação das entrevistas;
2. Definir locais de coleta de dados;
3. Obter dados sobre o tamanho da população;
4. Definir o erro amostral;
5. Calcular o tamanho da amostra;
6. Elaborar os questionários de percepção sonora;
7. Aplicar os questionários;
8. Aplicar o “Alfa de Cronbach”(ver item 3.2.4) em parcela da amostra dos informantes;
9. Tabular os dados do questionário;
10. Calcular os dados estatísticos após a tabulação;
11. Interpretação dos resultados.

O método da parte subjetiva foi retratado, em seus detalhes, no fluxograma da (FIGURA 18).

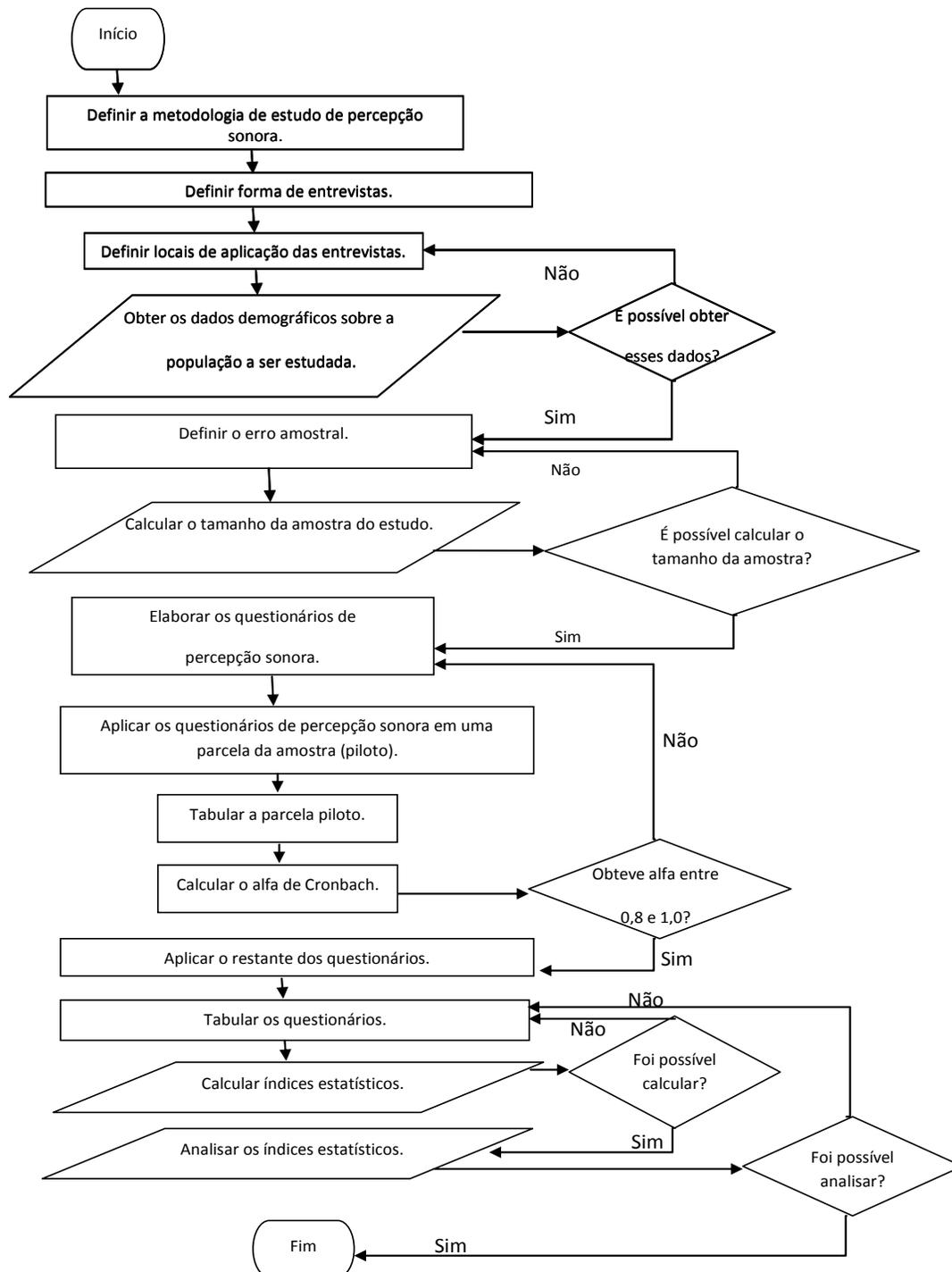


FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DA PARTE SUBJETIVA

3.4.2 Definição da população

Como mencionado no item 3.4, a população que foi estudada nesta dissertação foram os residentes dos bairros Novo Mundo e Vila Fanny, já que parte dos residentes destes dois bairros mora nas proximidades da Linha Verde.

Os dados demográficos destes dois bairros foram obtidos junto ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC. Como os dados demográficos disponíveis são do censo de 2010 e este estudo foi realizado no ano de 2011, as informações demográficas foram baseadas em uma estimativa feita pelo IPPUC para o crescimento demográfico de ambos os bairros. Desta forma, foi estipulado que no ano de 2011, o bairro Novo Mundo tinha 49080 moradores e o bairro Vila Fanny 11256 moradores. Somando-se a população dos dois bairros tem-se 60336 moradores no total.

3.4.3 Definição do erro amostral

Para o presente estudo foi aplicada a técnica da amostragem intencional, em que, de acordo com determinado critério, é escolhido intencionalmente um grupo de elementos que compõem a amostra. O pesquisador se dirige intencionalmente a grupos de elementos dos quais deseja saber a opinião (BARBETTA, 2002).

Antes de definir a amostra, é necessário definir o erro amostral, que é a diferença entre a estimativa da amostra e o verdadeiro resultado populacional. O erro amostral tolerável é a margem de erro aceitável em um estudo estatístico (BARBETTA, 2002).

Para o presente estudo foi definido que o erro amostral tolerável deve ser de 5 %. Desta forma, o tamanho da amostra não precisaria ser tão grande e mesmo assim, estaria assegurada uma boa confiabilidade do estudo.

3.4.4 Determinação do tamanho da amostra

Para o cálculo da amostra da população participante da pesquisa sobre percepção do ruído na Linha Verde e adjacências, foram utilizadas as seguintes equações (BARBETTA, 2002):

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad (3.6)$$

Onde:

n_0 = é a primeira aproximação do tamanho da amostra;

E_0 = é o erro amostral tolerável (Ex.: 5% = 0,05);

$$n = \frac{N * n_0}{N + n_0} \quad (3.7)$$

Onde:

N = é o número de elementos da população;

n = é o tamanho da amostra.

Aplicando os dados levantados (população dos bairros estudados) e adotados (erro amostral), obteve-se o tamanho necessário da amostra, 397 informantes, aos quais foi aplicado o questionário.

3.4.5 Questionário de percepção sonora

As perguntas do questionário visaram a obtenção de dados demográficos, comportamentais, de saúde, de percepção sonora e de opinião da população estudada.

3.4.5.1 Determinação da forma da entrevista e características do questionário

Geralmente a forma que um cientista propõe uma pesquisa, vem muitas vezes da curiosidade de algum tema ou questionamentos sobre determinados problemas ou fenômenos. A partir do momento em que o pesquisador formula o seu objeto de pesquisa, ocorre a desmistificação do caráter de neutralidade do pesquisador perante a sua pesquisa. O objeto revela a preocupação científica do pesquisador que seleciona os dados e as formas que serão coletados, bem como a sua interpretação (BECKER, 1994).

Para este estudo, foram formuladas entrevistas estruturadas através de questionários de percepção sonora. As perguntas do questionário são feitas verbalmente para o entrevistado pelo entrevistador. O entrevistador deve transcrever e assinalar as respostas, sem interferências da sua interpretação, enfatizando a neutralidade do entrevistador (SARANTAKOS, 2005). O principal motivo deste zelo é a possibilidade de comparação com o mesmo conjunto de

perguntas, onde as diferenças refletem a diversidade entre os respondentes e não as diferenças entre as perguntas (LAKATOS, 1996).

O questionário de percepção sonora contém perguntas de múltipla escolha e de mensuração em escala, atribuindo notas para alguns itens, caracterizando uma entrevista estruturada. Um modelo do questionário aplicado neste estudo pode ser visualizado no Apêndice 1.

Para validar o questionário, foi realizado o teste “Alfa de Cronbach”, que foi descrito no estudo piloto no item 3.2.4.

3.5 TABULAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS REALIZADAS

A tabulação dos dados coletados com a aplicação do questionário de percepção sonora foi realizada com o *software* SPSS *Statistics* v. 17.0. Este software possibilita o cálculo de dados estatísticos resultantes da avaliação subjetiva desta pesquisa (frequências, medidas de tendência central, correlações e regressão múltipla). Também foi desenvolvido um algoritmo através do *software* interativo Matlab 7.1 para o cálculo da análise fatorial.

Para esta pesquisa calcularam-se os seguintes dados estatísticos:

1. Estatística descritiva (com o objetivo de descrever demograficamente a amostra analisada e analisar dados de percepção, bem como dados das medições sonoras).
 - Frequência absoluta e relativa: a frequência absoluta visa determinar o número de vezes que as variáveis são observadas e a frequência relativa é o quociente entre a frequência absoluta do valor da variável e o número total de observações. Ou seja, tais frequências demonstraram quantas vezes cada resposta foi contabilizada e os seus percentuais em relação ao todo.
 - Medidas de tendência central – moda, média e mediana – medidas de dispersão – desvio-padrão: a moda é a observação que ocorre com maior frequência em uma amostra; a média é uma soma de um conjunto de escores dividida pelo número de escores do conjunto; mediana é o ponto mais central da

distribuição de frequências; desvio padrão é a medida de dispersão ou a variabilidade de um conjunto de valores. Essas medidas auxiliam e complementam na interpretação das frequências e demonstram como ficou caracterizada a distribuição de dados da amostra.

- Medidas de associação – coeficientes de correlação de Pearson, Spearman e V de Cramer: As correlações servem para apontar o grau de relação ou inter-relação entre duas variáveis. Para medir as relações devem-se subdividir as variáveis de acordo com os atributos (nominal, ordinal e intervalar). A partir dessa subdivisão, definem-se as correlações – Pearson, correlação de dados intervalares – Spearman, correlação de dados ordinais – V de Cramer, correlação de dados nominais (VIEIRA e HOFFMANN, 1988, SPINELLI e QUEIROZ, 1990, CRESPO, 1998, NAZARETH, 2000, LEVIN e FOX, 2004)

2. Análise de dados multivariados (com o objetivo de aprofundar a análise dos dados de percepção confrontando-as com os dados das medições sonoras).

- Análise Fatorial: A Análise Fatorial foi utilizada com a finalidade de explicar todas as covariâncias ou correlações, utilizando poucas variáveis não observáveis ou latentes, denominadas de fatores comuns. Em contra partida, a explicação das variâncias é feita pelos componentes principais. O método utilizado para extrair os fatores comuns foi através dos componentes principais e para determinar os escores utilizou-se dos métodos dos mínimos quadrados ponderados e por regressões (FERREIRA, 2008).

Os fatores comuns conseguem explicar através de um número reduzido de variáveis o conteúdo de um questionário. Para realizar a confrontação dos dados subjetivos (respostas das

entrevistas de percepção sonora) com os dados objetivos (medições sonoras) foi necessário reduzir a quantidade de variáveis subjetivas (perguntas do questionário). Portanto, foi utilizada a análise fatorial para esta finalidade.

- Regressão Logística Multinomial: O método é apropriado para análise de experimentos que apresentam variáveis de resposta categóricas, cujo interesse principal seja a descrição da relação entre a variável de resposta e o conjunto de variáveis preditoras. Esse tipo de regressão assume uma forma mais geral, já que a variável dependente não se restringe a apenas duas categorias como ocorre na Logística Binomial (MAROCO, 2007). A variável dependente, neste caso, pode ser nominal ou ordinal (FÁVERO *et al.*, 2009). Como na Regressão Logística Multinomial não é possível calcular o R^2 como na Regressão Linear, são calculados os Pseudo- R^2 , que são coeficientes baseado na máxima verossimilhança entre as variáveis. Calcula-se os Pseudo- R^2 através do coeficiente de Cox e Snell, este nunca atinge o valor máximo de 1 (100%); o coeficiente de Nagelkerke normaliza o coeficiente de Cox e Snell, logo o valor máximo pode atingir 1 (100%); e o coeficiente de McFadden, este sendo entre os demais coeficientes o mais confiável, já que ele indica se o modelo está ajustado e valores obtidos entre 0,2 (20%) e 0,4 (40%) são satisfatório para o ajuste do mesmo (LONG, 1997, FREESE e LONG, 2006, MAROCO, 2007). O ajuste por máxima verossimilhança tem por objetivo obter, a partir de uma amostra, estimativas de parâmetros estatísticos, assegurando consistência, eficiência e ajuste dos parâmetros do modelo.

A Regressão Logística Multinomial ajudou a aprofundar a interpretação dos dados subjetivos com o auxílio dos dados objetivos, indicando uma relação entre as variáveis extraídas

pela análise fatorial e as medições sonoras, culminando na explicação percentual de uma das variáveis subjetivas (sintomas e reações comuns em que os entrevistado têm, atrelados aos ruídos da área de estudo).

3. Análise das frequências dos dados subjetivos por ponto de monitoramento sonoro, possibilitando a confrontação dos dados objetivos (medições sonoras) com os dados subjetivos (entrevistas de percepção sonora) de maneira a analisar todas as variáveis subjetivas deste estudo.

CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E SUA INTERPRETAÇÃO

Da mesma forma como foram subdivididos os métodos para a realização deste estudo, a apresentação dos resultados foi subdividida em quatro partes: estudo piloto, resultados do estudo objetivo, resultados do estudo subjetivo e confrontação entre dados objetivos e subjetivos.

4.1 RESULTADOS DO ESTUDO PILOTO

Conforme descrito no item 3.2, neste estudo houve a preocupação da determinação de alguns parâmetros para a execução das etapas dos estudos objetivo e subjetivo. A seguir há a apresentação dos resultados dos parâmetros obtidos para este estudo.

4.1.1 Resultados do tempo de medição

Conforme citado no item 3.2.1 foram testados 3 tempos de medição (10, 15 e 30 minutos). Na (TABELA 9) pode-se visualizar os resultados dos níveis de pressão sonora equivalentes, obtidos para cada tempo de medição, além de uma análise estatística que indica a variação em dB (Δ dB) entre as medições, com base nos resultados da medição de 10 minutos.

TABELA 9 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS DO ESTUDO PILOTO DE ACORDO COM OS TEMPOS DE MEDIÇÃO

	L_{Aeq}	Δ dB	L_{10}	Δ dB	L_{50}	Δ dB	L_{90}	Δ dB
PONTO 01								
10 min.	73	-	76	-	70	-	64	-
15 min.	71	-2	75	-1	70	0	62	-2
30 min.	74	1	76	0	70	0	64	0
	L_{Aeq}	Δ dB	L_{10}	Δ dB	L_{50}	Δ dB	L_{90}	Δ dB
PONTO 02								
10 min.	73	-	76	-	71	-	66	-
15 min.	72	-1	75	-1	71	0	67	1
30 min.	72	-1	75	-1	70	-1	66	0

A partir destes resultados foi possível calcular a média logarítmica dos níveis de pressão sonora (NPS) para cada ponto de monitoramento, através da equação (3.1) apresentada no item 3.2.1.

$$\text{Ponto 01: } LA_{eq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{3} \left(10^{\frac{73}{10}} + 10^{\frac{71}{10}} + 10^{\frac{74}{10}} \right) \right] = 72,8 \sim 73 \text{ dB}$$

$$\text{Ponto 02: } LA_{eq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{3} \left(10^{\frac{73}{10}} + 10^{\frac{72}{10}} + 10^{\frac{72}{10}} \right) \right] = 72,3 \sim 72 \text{ dB}$$

O resultado da média logarítmica indicou que no ponto 01 a média estava próxima do resultado do monitoramento de 10 minutos e no ponto 02 o resultado da média ficou próximo dos resultados de monitoramento de 15 e 30 minutos. Logo foi necessário verificar os demais índices estatísticos e assim observou-se que tanto o período de 10 minutos quanto o de 30 minutos estavam aptos a serem adotados neste estudo.

Para comprovar os resultados obtidos acima, também foram feitas simulações através de mapeamento sonoro desses dois pontos, que podem ser visualizados nas (FIGURA 19 e FIGURA 20). Os resultados obtidos nessas simulações mostram que a diferença da propagação sonora entre os mapas é bem pequena.

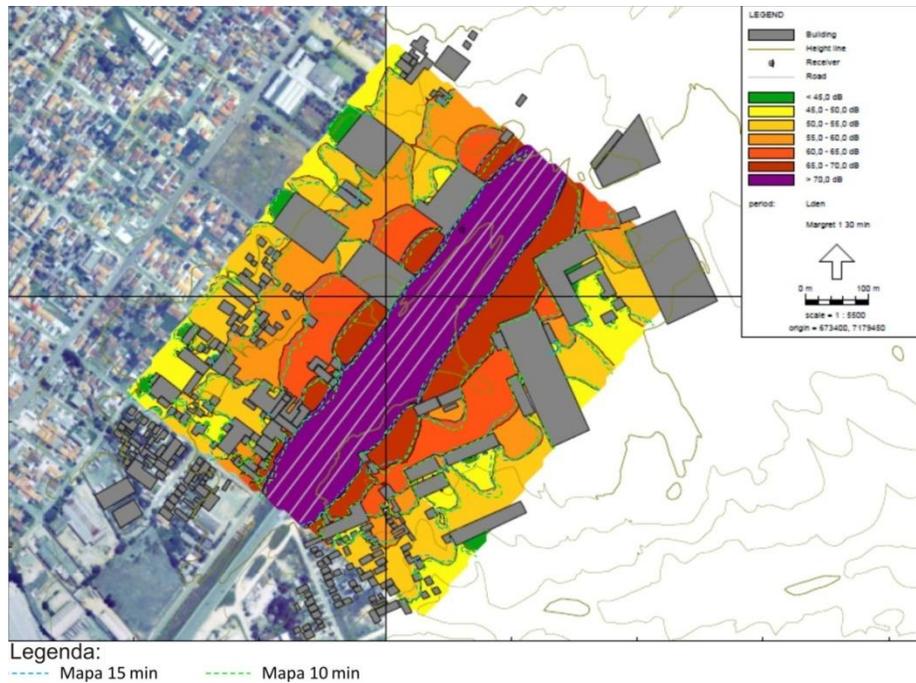


FIGURA 19 - MAPA SONORO DO PONTO 1 DO ESTUDO PILOTO QUE COMPARA A PROPAGAÇÃO DO SOM DE ACORDO COM OS TEMPOS DE MEDIÇÃO

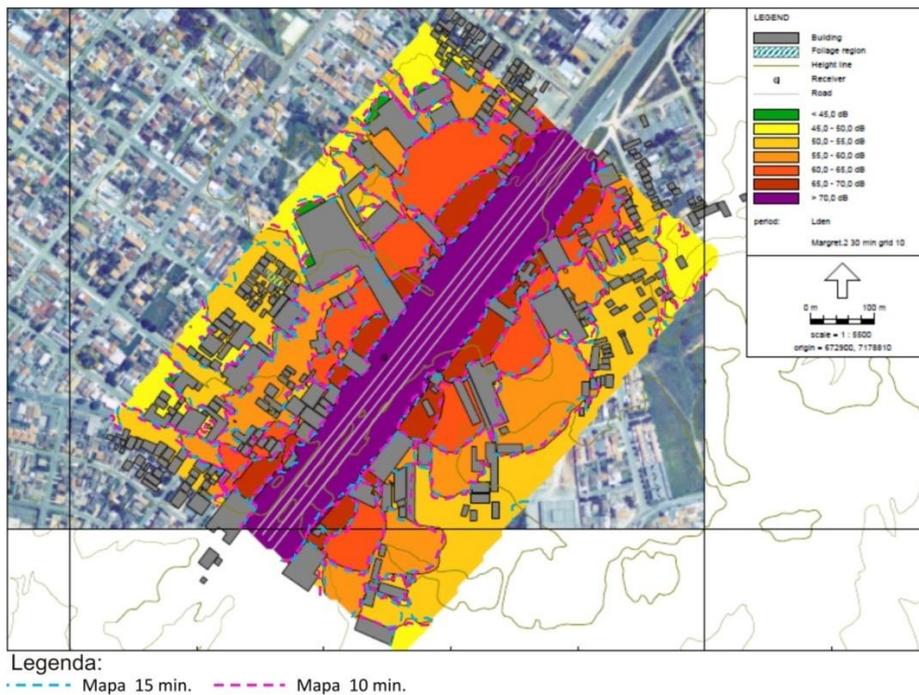


FIGURA 20 - MAPA SONORO DO PONTO 2 DO ESTUDO PILOTO QUE COMPARA A PROPAGAÇÃO DO SOM DE ACORDO COM OS TEMPOS DE MEDIÇÃO

Diante das pesquisas realizadas, o tempo de medição escolhido foi o de 10 minutos, pois este estudo piloto demonstra que não há uma diferença significativa

em decibéis entre os demais tempos. Outro fator que influenciou na escolha deste tempo de medição foi a quantidade de pontos que foram medidos na presente dissertação em questão. Vários autores citam que as medições sonoras contínuas, para caracterizar os ruídos de tráfego, são muito caras, pois envolvem insumos (baterias), mão-de-obra (hora-trabalho) e equipamentos (*softwares* e medidores sonoros).

4.1.2 Resultados da verificação da necessidade de realização de triplicatas das medições sonoras

Os resultados obtidos na verificação da necessidade da realização de triplicatas das medições sonoras são demonstrados na (TABELA 10) abaixo. Nela visualiza-se também a variação em dB (Δ dB) entre as medições.

TABELA 10 - TRIPLICATAS DAS MEDIÇÕES SONORAS DOS PONTOS 1 E 2 DO ESTUDO PILOTO

PONTO 1	L_{Aeq} dB(A)	Δ dB(A)	PONTO 2	L_{Aeq} dB(A)	Δ dB(A)
1ª triplicata	72,9	-	1ª triplicata	72,8	-
2ª triplicata	72,7	-0,2	2ª triplicata	71,3	-1,5
3ª triplicata	72,2	-0,7	3ª triplicata	70,5	-2,3

Diante de tais resultados, foram calculadas as incertezas das medições sonoras de acordo com a descrição do item 3.2.2 e equação 3.2. Primeiramente foi necessário calcular a incerteza das condições de operação ($X = \bar{\sigma}$) (eq. 3.3) e em seguida foram estabelecidas as incertezas das condições meteorológicas (TABELA 7).

$$\text{Ponto 01: } \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} [(72,9 - 72,6)^2 + (72,7 - 72,6)^2 + (72,2 - 72,6)^2]} = 0,20$$

$$\text{Ponto 02: } \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} [(72,8 - 71,6)^2 + (71,3 - 71,6)^2 + (70,5 - 71,6)^2]} = 0,67$$

Verificando-se a (TABELA 7), dentre as opções citadas, ambos os pontos de monitoramento sonoro estão distantes aproximadamente 25 metros das fontes sonoras, não há restrições quanto ao raio de propagação e os ruídos são absorvidos por superfícies porosas (solo), portanto a incerteza (Y) adotada foi de 1,5 dB.

Como foi mencionado no item 3.2.2, não foram adotadas as incertezas para o ruído residual neste estudo.

Ao se inserir as incertezas acima citadas na equação 3.2, obtém-se os seguintes resultados para os pontos 01 e 02:

$$\text{Ponto 01: } u = \sqrt{1,0^2 + 0,20^2 + 1,5^2} = 1,8 \text{ dB}$$

$$\text{Ponto 02: } u = \sqrt{1,0^2 + 0,67^2 + 1,5^2} = 1,9 \text{ dB}$$

Confrontando tais resultados com as afirmações de Bies e Hansen (2009), que os erros esperados para as medições sonoras são $\pm 1 \text{ dB}$, verifica-se que as incertezas estimadas para os pontos 01 e 02, ainda são aceitáveis, portanto, os resultados apresentados acima indicam que não é necessária a realização de triplicatas das medições sonoras para este estudo.

4.1.3 Resultados da determinação do tamanho do grid para mapeamento sonoro

Como relatado nas orientações da WG-AEN (2007), notou-se que os mapas com *grids* maiores tinham uma precisão menor do que os mapas com *grids* menores. Mapas com *grids* menores possuem mais detalhes, as representações das ondas sonoras e seus decaimentos sonoros, conforme as distâncias das fontes possuem formatos mais arredondados e o mapa consegue demonstrar com maior confiança o comportamento do som de acordo com o meio em que é propagado. A (FIGURA 21) demonstra a comparação de quatro mapas sonoros, da mesma região, onde foram realizados os testes com os *grids*. O mapa 1 possui *grid* 30 (30m x 30m), o mapa 2 possui *grid* 20 (20m x 20m), o mapa 3 possui *grid* 15 (15m x 15m) e o mapa 4 possui *grid* 10 (10m x 10m).

Diante dos testes de *grid*, adotou-se para todo o mapeamento acústico da presente pesquisa o *grid* 10 (10m x 10m), já que a área de estudo é densamente povoada. Isso significa que, a cada 10 metros do mapa simulado, há um receptor que irá simular o ruído captado no ponto em questão.

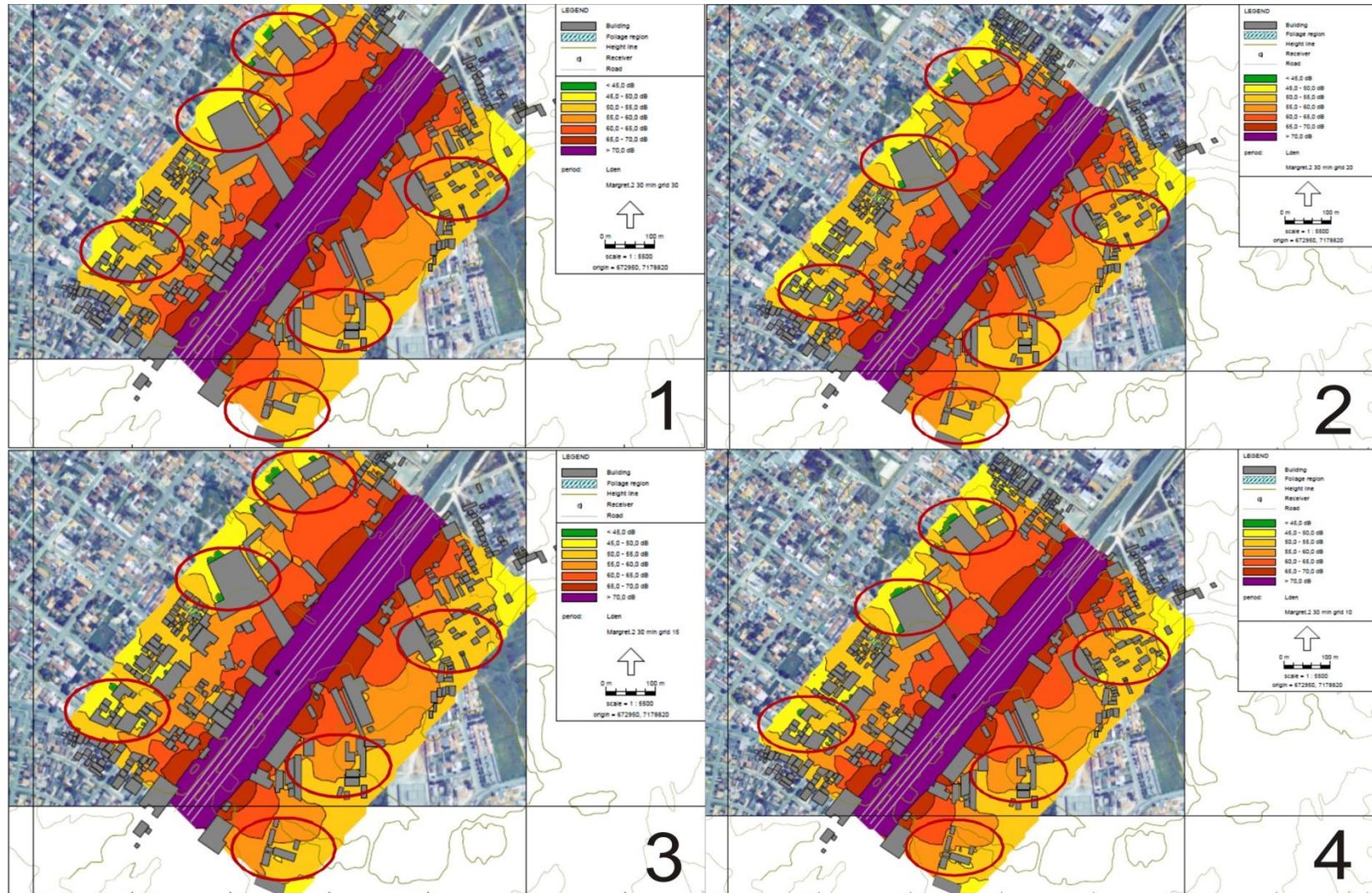


FIGURA 21 - COMPARAÇÃO DOS GRIDS 30(1), 20(2), 15(3) E 10(4) NO MAPEAMENTO SONORO DO PONTO 2 DO ESTUDO PILOTO

4.1.4 Resultados da confiabilidade das perguntas do questionário de percepção sonora

Para este cálculo não foi considerada a pergunta número 1 (Indique o seu endereço) do questionário de percepção sonora que se encontra no Apêndice 1 deste estudo. Sendo assim, o Alfa de Cronbach foi calculado para 21 perguntas do questionário de percepção sonora. O somatório da variância de cada item resultou em 54,015 e o somatório da variância total resultou em 29,503. Estes resultados foram obtidos com o auxílio do software SPSS. Aplicando-se os dados acima citados na equação 4.1 fez-se o seguinte cálculo:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right] \quad (4.1)$$

Onde:

α = Alfa de Cronbach;

K = número de perguntas do questionário;

V_i = variância de cada item;

V_t = variância total.

Então:

$$\alpha = \frac{21}{21 - 1} * \left[1 - \frac{54,015}{29,503} \right] = 0,872372301$$

Assim, obteve-se um α de 0,87. Este resultado indica que o nível de confiabilidade do questionário é elevado e, portanto, a consistência interna do questionário é confiável.

4.2 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO OBJETIVA

Visto que as medições sonoras foram realizadas juntamente com a contagem de veículos, que posteriormente foi utilizada como um dos parâmetros para o mapeamento sonoro de cada ponto de medição em particular, bem como de um conjunto de pontos, o resultado da contagem de veículos será apresentado juntamente com as medições sonoras dos pontos. Desta maneira os níveis de pressão sonora referentes a cada ponto podem ser mais facilmente associados a

um dos principais fatores para a geração dos ruídos em cada ponto, o fluxo de veículos.

As medições sonoras foram de extrema importância para o estudo, pois além de caracterizarem o problema, serviram também como instrumento de calibração para o modelo de mapeamento sonoro.

A combinação da simulação de cada mapa sonoro por ponto de medição possibilitou a formação de um mapa sonoro por região, possibilitando a visualização do ambiente sônico da mesma.

4.2.1 Resultados da Linha Verde

Conforme mencionado no item 3.3.1.4, o fluxo total de veículos na Linha Verde foi desdobrado em duas partes, de forma que 20 % do mesmo correspondem às vias marginais e 80% às vias principais. A (TABELA 11) indica a contagem de veículos para cada ponto no período de uma hora.

TABELA 11 - FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS DA LINHA VERDE

PONTO	SENTIDO SUL						SENTIDO NORTE					
	MARGINAL			PRINCIPAL			MARGINAL			PRINCIPAL		
	MT	CA	CM	MT	CA	CM	MT	CA	CM	MT	CA	CM
1 LV	60	368	101	240	1474	403	60	328	138	240	1310	552
2 LV	67	403	101	266	1613	403	67	353	125	266	1411	499
3 LV	46	412	96	185	1646	384	46	371	95	185	1483	379
4 LV	44	396	104	178	1584	418	44	432	108	178	1728	432
5 LV	48	324	79	192	1296	317	48	371	77	192	1483	307
6 LV	47	313	55	190	1253	221	47	372	91	190	1488	365
7 LV	41	292	66	163	1166	264	41	318	58	163	1272	230

Legenda: motos (MT), carros (CA) e caminhões (CM).

Com base na (TABELA 11) foi possível criar o (GRÁFICO 1), que revela a composição do fluxo de veículos por categoria, na Linha Verde. Como pode ser verificada, a predominância é de veículos leves (carros e caminhonetes), mas o fluxo de veículos de porte grande, como caminhões e ônibus, também é notável.

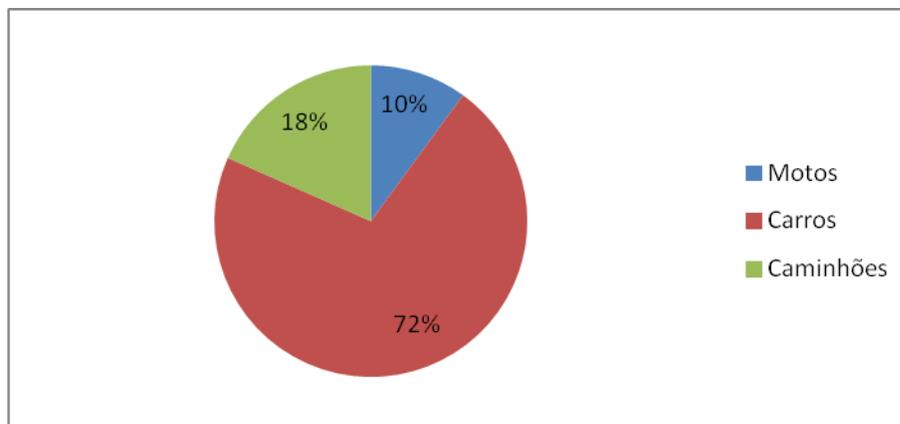


GRÁFICO 1 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NA LINHA VERDE

Na (TABELA 12) são apresentados os resultados das medições sonoras na Linha Verde. O limite estipulado pela Lei Municipal 10625/02 para o período diurno neste local é de 65 dB(A). Nenhum ponto atendeu aos limites estipulados pela lei municipal, pois em todos eles o nível de ruído é superior ao permitido. A representação destes resultados em forma gráfica pode ser visualizada no (GRÁFICO 2).

TABELA 12 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NA LINHA VERDE

PONTO	L _{Aeq} dB(A)	NÍVEL PERMITIDO DIURNO dB(A)	Δ em dB (MEDIDO - PERMITIDO)	LAFmax dB(A)	LAFmin dB(A)	ZONEAMENTO
1 LV	72,0	65	7,0	86,3	58,4	SE BR116
2 LV	71,3	65	6,3	83,6	58,5	SE BR116
3 LV	70,4	65	5,4	87,4	53,5	SE BR116
4 LV	72,7	65	7,7	91,4	54,9	SE BR116
5 LV	69,5	65	4,5	85,6	58,4	SE BR116
6 LV	70,1	65	5,1	83,9	58,5	SE BR116
7 LV	71,6	65	6,6	88,3	51,9	SE BR116

Legenda: LV (Linha Verde), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), L_{AFmax} (nível máximo de pressão sonora), L_{AFmin} (nível mínimo de pressão sonora), SE BR 116 (setor especial da BR 116), vermelho (acima do nível permitido no período diurno).

As pequenas variações nas medições sonoras na Linha Verde justificam-se por haver um sinaleiro próximo ao 4LV, localizado entre a Av. Santa Bernadethe e a Linha Verde. Os ruídos elevam-se no ponto 4 LV, devido à aceleração dos veículos e à mudança de marchas, alterando as rotações dos motores que ali passam e gerando níveis de pressão sonora equivalentes com elevadas

intensidades sonoras. No ponto 5LV o fluxo diminui, pois vários veículos entram nas marginais da Linha Verde, com destino a outras ruas dos bairros.

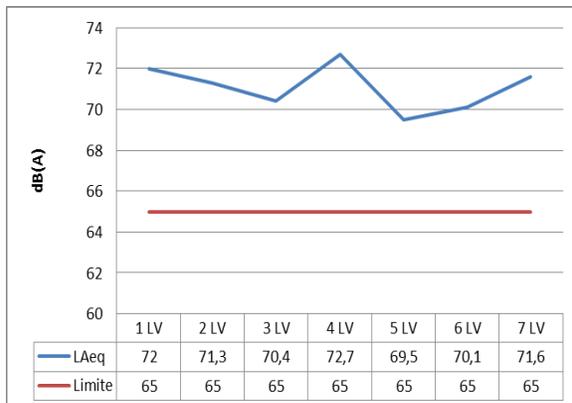


GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NA LINHA VERDE COM O LIMITE ESTABELECIDO

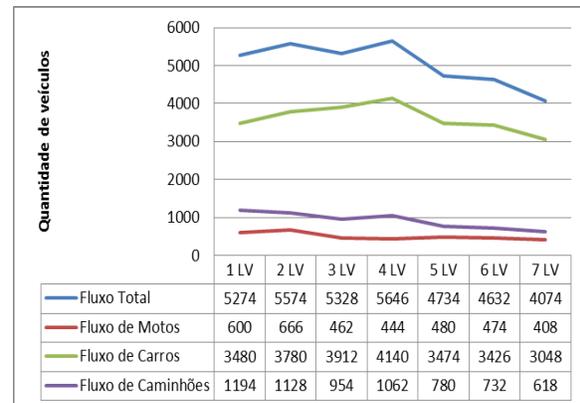


GRÁFICO 3 - FLUXO TOTAL E POR CATEGORIA DE VEÍCULOS NA LINHA VERDE

Legenda: LV (Linha Verde), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), dB(A) (decibéis na escala A).

O (GRÁFICO 3) revela o fluxo total de veículos e por categoria, nos diferentes pontos de medição na Linha Verde e a associação entre os resultados contidos no (GRÁFICO 2 e GRÁFICO 3), resultou no (QUADRO 6), onde cada base de referência para o ponto 2LV é o ponto 1 LV, a base de referência do ponto 3 LV é o ponto 2 LV e assim sucessivamente. A flecha para cima indica que o nível sonoro ou fluxo de veículos aumentou comparando-se com o ponto anterior e a flecha para baixo indica o contrário. Assim é possível verificar o fluxo de veículos e níveis sonoros por seção de rua (trechos entre os pontos de medição sonora e contagem de veículos). Se houver pelo menos duas flechas com o mesmo sentido na mesma linha (flecha do L_{Aeq} e pelo menos mais uma), existe a associação entre a medição sonora e a outra variável analisada.

Linha Verde	L_{Aeq}	Fluxo Total	Fluxo de Motos	Fluxo de Carros	Fluxo de Caminhões
1 LV	-	-	-	-	-
2 LV	↓	↑	↑	↑	↓
3 LV	↓	↓	↓	↑	↓
4 LV	↑	↑	↓	↑	↑
5 LV	↓	↓	↑	↓	↓
6 LV	↑	↓	↓	↓	↓
7 LV	↑	↓	↓	↓	↓

QUADRO 6 – ASSOCIAÇÃO DA QUANTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ENTRE OS PONTOS DA LINHA VERDE

O (QUADRO 6) revela que, de fato, há uma relação entre pelo menos duas variáveis por ponto de medição sonora, exceto nos pontos 6 LV e 7 LV onde, mesmo com a redução do fluxo de veículos, os níveis de poluição sonora continuaram a aumentar, quando comparados com os pontos anteriores. Estes eventos podem ser explicados pelo fato de o ponto 7LV encontrar-se próximo do sinaleiro, no cruzamento entre a Linha Verde e a Rua Roberto de Faria, uma vez que, após este sinaleiro, os veículos tendem a aumentar a velocidade após o arranque e, com a mudança de marcha, há também a alteração das rotações dos motores. No ponto 6 LV há uma diminuição do L_{Aeq} , pois a velocidade dos veículos começa a se estabilizar (fluxo Norte – Sul) ou ocorre a desaceleração do fluxo (fluxo Sul- Norte).

4.2.2 Resultados da Rua Maestro Francisco Antonello

Conforme mencionado no item 3.3.1.4 o fluxo de veículos na Rua Maestro Francisco Antonello foi subdividido pela metade para ambos os sentidos da via. A (TABELA 13) indica a contagem de veículos para cada ponto no período de uma hora.

TABELA 13 - FLUXO DE VEÍCULOS DOS PONTOS DA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO

PONTO	SENTIDO SUL			SENTIDO NORTE		
	MOTOS	CARROS	CAMINHÕES	MOTOS	CARROS	CAMINHÕES
1 LD	33	312	15	33	312	15
2 LD	72	423	21	72	423	21
3 LD	66	375	21	66	375	21
4 LD	72	372	45	72	372	45

5 LD	66	390	36	66	390	36
6 LD	60	240	33	60	240	33
7 LD	51	309	36	51	309	36
8 LD	33	192	32	33	192	32

Com base na (TABELA 13), foi desenvolvido o (GRÁFICO 4), que revela a composição do fluxo de veículos, por categoria, na Rua Maestro Francisco Antonello. Como pode ser observado, a predominância é dos veículos leves (carros e caminhonetes). A composição do fluxo de veículos releva que há uma redução significativa na circulação de caminhões nesta via, em comparação com a Linha Verde. A redução de 11% nos veículos de grande porte indica que a Linha Verde, apesar de ter se tornado uma grande avenida urbana, ainda possui características de rodovia que cruza o perímetro urbano.

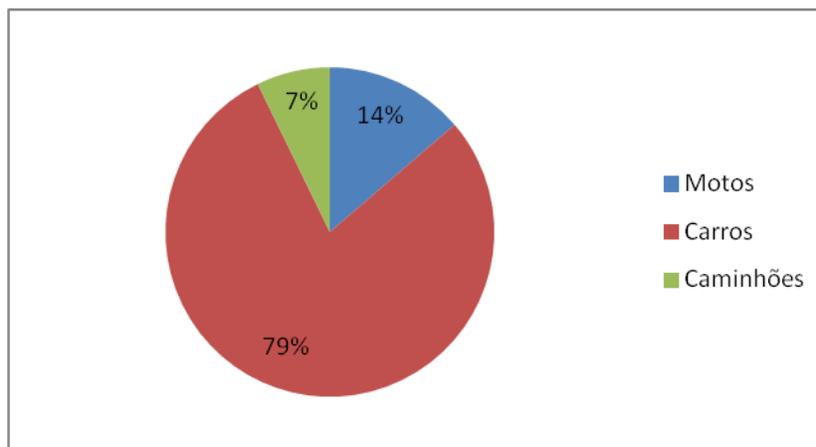


GRÁFICO 4 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO

Na (TABELA 14) verificam-se os resultados das medições sonoras na Rua Maestro Francisco Antonello. O limite estipulado pela Lei Municipal 10625/02 para o período diurno no zoneamento ZR1 e ZR3 é de 55 dB(A). Os pontos 2LD, 5LD e 6LD também fazem parte do zoneamento ZR1, pois se situam nas proximidades de escolas e conforme citado no 3.1.2, os limites dos ruídos nessas áreas devem obedecer aos níveis estabelecidos para zonas ZR1. Nenhum dos pontos atendeu aos limites estipulados pela lei municipal, excedendo-os.

TABELA 14 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO

PONTO	L_{Aeq} dB(A)	NÍVEL PERMITIDO DIURNO dB(A)	Δ em dB (MEDIDO - PERMITIDO)	L_{AFmax} dB(A)	L_{AFmin} dB(A)	ZONEAMENTO
1 LD	69,5	55	14,5	87,7	47,7	ZR3
2 LD	70,2	55	15,2	84,9	53,7	ZR1 e ZR3
3 LD	72,6	55	17,6	88,4	54,8	ZR3
4 LD	72,2	55	17,2	91,9	52,7	ZR3
5 LD	70,4	55	15,4	95,6	54,0	ZR1 e ZR3
6 LD	69,8	55	14,8	84,4	47,1	ZR1 e ZR3
7 LD	70,9	55	15,9	86,7	46,0	ZR3
8 LD	68,1	55	13,1	87,2	49,0	ZR3

Legenda: LD (Maestro Francisco Antonello), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), L_{AFmax} (nível de pressão sonora máxima), L_{AFmin} (nível de pressão sonora mínima), ZR1 (zona residencial 1), ZR3 (zona residencial 3), vermelho (acima do nível permitido no período diurno).

O (GRÁFICO 5) apresenta o resultado da comparação das medições sonoras na Rua Maestro Francisco Antonello com o limite máximo estabelecido por lei para a poluição sonora: verifica-se que esse limite é excedido em aproximadamente 15 dB(A) em toda a extensão da rua. Por sua vez, o (GRÁFICO 6) revela o fluxo total de veículos e por categoria nesta mesma rua. Verifica-se também aqui que o maior número de veículos que circulam neste trajeto é composto de automóveis, vindo a seguir as motos, e por último os caminhões. O gráfico revela ainda que o tráfego é mais intenso entre 2 LD e 5 LD.

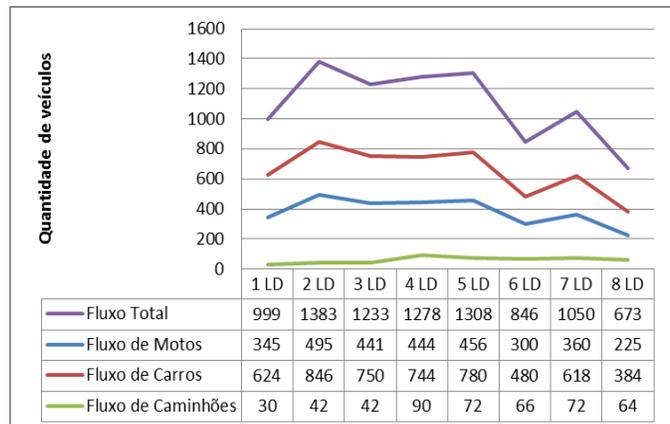
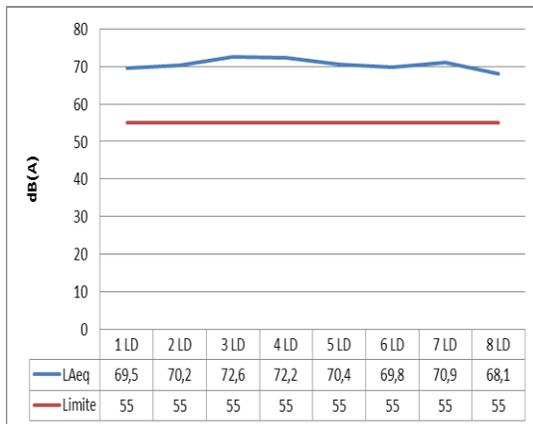


GRÁFICO 5 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO COM O LIMITE ESTABELECIDO

GRÁFICO 6 - FLUXO TOTAL E POR CATERGRIA DE VEÍCULOS NA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO

Legenda: LD (Maestro Francisco Antonello), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), dB(A) (decibéis na escala A).

Com o intuito de verificar se há uma relação entre a intensidade do fluxo de veículos e o nível de poluição sonora, elaborou-se também nesta parte, com base no (GRÁFICO 5 e GRÁFICO 6), o (QUADRO 7), que possui a mesma forma de interpretação exposta antes do (QUADRO 6) do item anterior, porém neste caso, para os pontos de medição são os da Rua Francisco Antonello.

Verifica-se que há uma relação entre a intensidade do fluxo de veículos e os níveis de pressão sonora equivalentes, exceto no ponto 3 LD. Apesar do fluxo de veículos decair no ponto 3 LD, comparando-se com o ponto 2 LD, há um aumento de 2,4 dB nos níveis sonoros. Este fato pode ser explicado pelo aumento da velocidade média consequência de uma leve declividade na via.

Rua Maestro F. Antonello	L_{Aeq}	Fluxo Total	Fluxo de Motos	Fluxo de Carros	Fluxo de Caminhões
1 LD	-	-	-	-	-
2 LD	↑	↑	↑	↑	↑
3 LD	↓	↓	↓	=	↑
4 LD	↑	↑	↓	↑	↓
5 LD	↑	↑	↑	↓	↓
6 LD	↓	↓	↓	↓	↓
7 LD	↑	↑	↑	↑	↑
8 LD	↓	↓	↓	↓	↓

QUADRO 7 - ASSOCIAÇÃO DA QUANTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ENTRE OS PONTOS DA RUA MAESTRO FRANCISCO ANTONELLO

Legenda: LD (Maestro Francisco Antonello), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente).

4.2.3 Resultados da Rua Major Vicente de Castro

Conforme mencionado no item 3.3.1.4 o fluxo de veículos na Rua Major Vicente de Castro foi subdividido pela metade para ambos os sentidos da via. A (TABELA 15) indica a contagem de veículos para cada ponto no decorrer de uma hora.

TABELA 15 - FLUXO DE VEÍCULOS DOS PONTOS DA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO

PONTO	SENTIDO SUL			SENTIDO NORTE		
	MOTOS	CARROS	CAMINHÕES	MOTOS	CARROS	CAMINHÕES
1 LDA	3	27	3	3	27	3
2 LDA	3	15	6	3	15	6
3 LDA	0	9	0	0	9	0
4 LDA	3	18	3	3	18	3
5 LDA	33	12	6	33	12	6
6 LDA	3	57	3	3	57	3
7 LDA	6	39	9	6	39	9
8 LDA	3	39	3	3	39	3

Com base nesta tabela foi elaborado o (GRÁFICO 7), que revela a composição do fluxo de veículos por categoria na Rua Major Vicente de Castro. Verifica-se que predominam os veículos leves (carros e caminhonetes). Porém há um aumento de 4% no fluxo de veículos pesados em relação ao fluxo total, comparando-se com os percentuais dos fluxos por categorias de veículos da Rua Maestro Francisco Antonello. Analisando-se o percentual dos fluxos, o fluxo desse

tipo de veículo é maior nesta via, pois há vários barracões e pequenas indústrias na região, próximos à Linha Verde.

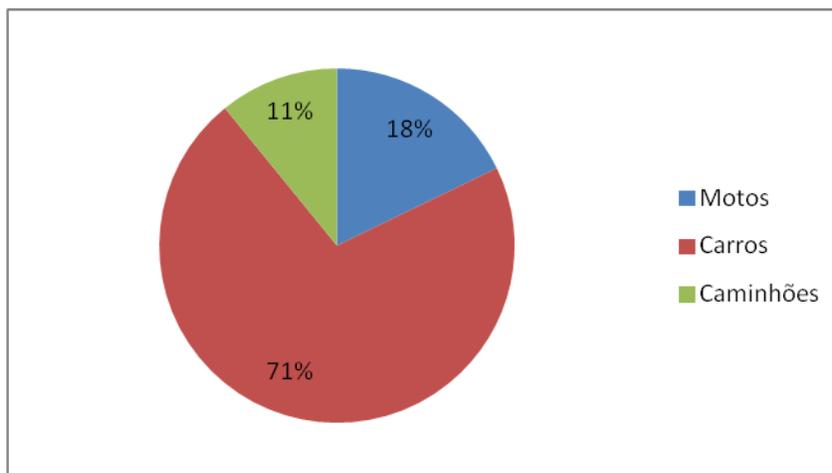


GRÁFICO 7 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO

Na (TABELA 16) verificamos os resultados das medições sonoras feitas na Rua Major Vicente de Castro. O limite estipulado pela Lei Municipal 10625/02 para o período diurno, nesta via, é também de 65 dB(A), já que esta área igualmente faz parte da faixa de zoneamento SE 116. Há alguns pontos, como: 2 LDA, 5LDA e 6LDA que também fazem parte do zoneamento ZR1, com limite estabelecido em 55 dB(A), devido à proximidade com escolas. Os pontos 2LDA, 5 LDA e 6LDA não atenderam à recomendação dos níveis de pressão sonora para a zona ZR1. O ponto 5 LDA não atende também às recomendações dos níveis de pressão sonora para a zona SE BR116, que estabelece um limite de 65 dB(A). Este ponto encontra-se nas proximidades do binário da Av. Santa Bernadethe, com a Rua Leonel França. Nesta quadra é possível fazer o retorno para a Linha Verde, caso o condutor venha da Rua Leonel França, já que esta via tem sentido único, em direção à Vila Fanny. Outro fator importante é o aumento da circulação de motos neste ponto. Os escapamentos das motos contribuem muito para a geração de ruídos, excedendo mesmo os ruídos gerados por veículos leves, como carros.

TABELA 16 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO

PONTO	L_{Aeq} dB(A)	NÍVEL PERMITIDO DIURNO dB(A)	Δ em dB (MEDIDO - PERMITIDO)	L_{AFmax} dB(A)	L_{AFmin} dB(A)	ZONEAMENTO
1 LDA	60,4	65	-4,6	76,3	43,7	SE BR116 ZR1 e
2 LDA	62,8	55 / 65	+7,8 / -2,2	79,5	44,8	SE BR116
3 LDA	64,2	65	-0,8	82,4	43,0	SE BR116
4 LDA	63,7	65	-1,3	84,3	45,1	SE BR116 ZR1 e
5 LDA	65,8	55 / 65	+10,8 / +0,8	86,6	44,2	SE BR116 ZR1 e
6 LDA	61,3	55 / 65	+6,3 / -3,7	78,0	43,5	SE BR116
7 LDA	62,6	65	-2,4	80,8	41,4	SE BR116
8 LDA	62,8	65	-2,2	81,6	45,0	SE BR116

Legenda: LDA (Major Vicente de Castro), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), L_{AFmax} (nível de pressão sonora máxima), L_{AFmin} (nível de pressão sonora mínima), ZR1 (zona residencial 1), SE BR116 (setor especial BR 116), vermelho (acima do nível permitido no período diurno).

O (GRÁFICO 8) mostra que os pontos de medição 2 LDA, 5 LDA e 6 LDA tem limites de exposição sonora diferenciados dos demais pontos da mesma via. Isto ocorre porque estes pontos encontram-se em zonas de silêncio, onde a exposição máxima ao ruído, no período diurno, é de 55 dB(A). Por este motivo, tais pontos estão em desacordo com a legislação.

O (GRÁFICO 9) revela que o ponto 6 LDA há um fluxo maior de carros, comparando-se com os demais pontos, no ponto 5 LDA há um fluxo maior de motos, o fluxo de caminhões é um pouco mais elevado no ponto 7 LDA.

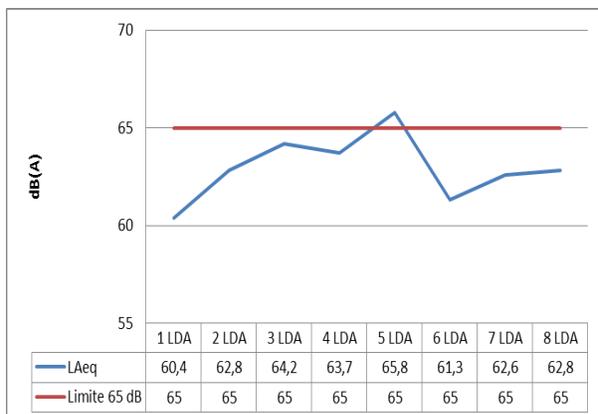


GRÁFICO 8 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO COMPARAÇÃO COM OS LIMITES ESTABELECIDOS

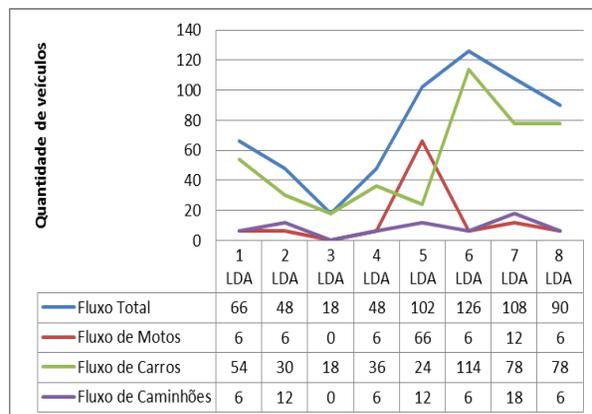


GRÁFICO 9 - FLUXO TOTAL E POR CATEGORIA DE VEÍCULOS NA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO

Legenda: LDA (Major Vicente de Castro), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente)

Como mencionado nos itens anteriores, a partir do (GRÁFICO 8 e GRÁFICO 9) foi possível elaborar o (QUADRO 8); o mesmo revela a dependência entre o fluxo de veículos e os níveis de pressão sonora equivalentes, exceto nos pontos 3 LDA, 4 LDA e 8 LDA. Nos pontos 3 LDA e 8 LDA, apesar de o fluxo ter diminuído em relação aos pontos próximos, os ruídos se elevaram devido à aceleração dos veículos, ocasionando aumento da velocidade média nestes trechos, a estes fatores associa-se também a condição da pavimentação da via (anti-pó). Quanto ao ponto 4 LDA pode-se observar o seguinte: apesar de o fluxo de veículos ser maior em relação aos demais pontos da proximidade, o mesmo está localizado a apenas alguns metros da Av. Santa Bernadethe, fato este que contribuiu para a redução da velocidade média e para a consequente diminuição da emissão sonora.

Rua Maj. Vicente de Castro	L _{Aeq}	Fluxo Total	Fluxo de Motos	Fluxo de Carros	Fluxo de Caminhões
1 LDA	-	-	-	-	-
2 LDA	↑	↓	=	↓	↑
3 LDA	↑	↓	↓	↓	↓
4 LDA	↓	↑	↑	↑	↑
5 LDA	↑	↑	↑	↓	↑
6 LDA	↓	↑	↓	↑	↓
7 LDA	↑	↓	↑	↓	↑
8 LDA	↑	↓	↓	=	↓

QUADRO 8 - ASSOCIAÇÃO DA QUANTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ENTRE OS PONTOS DA RUA MAJOR VICENTE DE CASTRO

4.2.4 Resultados obtidos nos bairros Vila Hauer / Xaxim

Conforme mencionado no item 3.3.1.4 o fluxo de veículos nos bairros Vila Hauer e Xaxim foi subdividido pela metade para ambos os sentidos da via. A (TABELA 17) indica a contagem de veículos para cada ponto no período de uma hora.

TABELA 17 - FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS DA VILA HAUER / XAXIM

PONTO	SENTIDO SUL			SENTIDO NORTE		
	MOTOS	CARROS	CAMINHÕES	MOTOS	CARROS	CAMINHÕES
1 LE	0	3	0	0	3	0
2 LE	0	3	6	0	3	6
3 LE	12	39	3	12	39	3
4 LE	3	15	15	3	15	15
5 LE	3	6	3	3	6	3
6 LE	0	42	12	0	42	12

Com base nesta tabela, foi desenvolvido o (GRÁFICO 10), que demonstra a composição do fluxo de veículos por categoria na Rua Major Vicente de Castro. Em números absolutos o fluxo de veículos na região da Vila Hauer e Xaxim, nas proximidades da Linha Verde, é bem menor em comparação com os fluxos nas vias do outro lado da Linha Verde. Porém há uma maior distribuição entre as categorias de veículos, com mais caminhões em termos percentuais, visto que há vários barracões e pequenas indústrias na região.

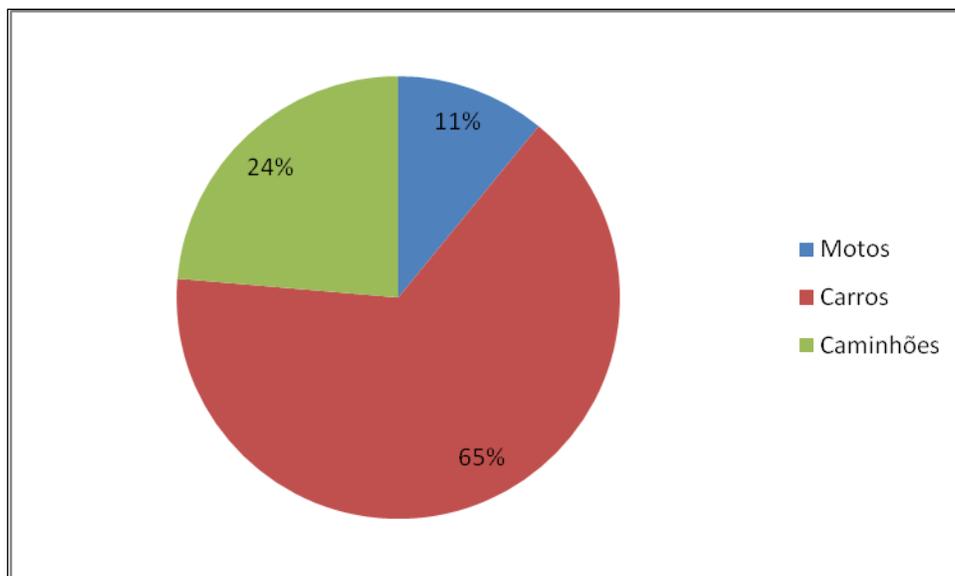


GRÁFICO 10 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS VILA HAUER / XAXIM

Na (TABELA 18) verificam-se os resultados das medições sonoras nos bairros Vila Hauer e Xaxim. O limite estipulado pela Lei Municipal 10625/02 para o período diurno, em termos de pressão sonora, é de 65 dB(A), já que esta área faz parte da faixa de zoneamento ZT BR116. Todos os pontos estão em conformidade com a recomendação da zona ZT BR 116. Porém há uma pequena área entre os pontos 3 LE e 4 LE, que se encontra delimitada pela zona ZR1, já que nela encontram-se uma creche e uma escola municipal. Nesta área o limite de pressão sonora permitido é de 55 dB(A). Como o som se propaga e há uma distância considerável entre o ponto de medição e a área em questão, só é possível verificar se este local está em conformidade com o limite de pressão sonora estabelecido pela ZR1 visualizando o mapa sonoro da região, a ser apresentado no item 4.2.9.

TABELA 18 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS VILA HAUER / XAXIM

PONTO	L_{Aeq} dB(A)	NÍVEL PERMITIDO DIURNO dB(A)	Δ em dB (MEDIDO - PERMITIDO)	L_{AFmax} dB(A)	L_{AFmin} dB(A)	ZONEAMENTO
1 LE	60,6	65	-4,4	79,2	46,9	ZT BR116
2 LE	61,9	65	-3,1	88,0	42,4	ZT BR116
3 LE	62,1	65	-2,9	83,9	48,2	ZT BR116 ZR 1 e
4 LE	63,8	65	-1,2	82,6	46,5	ZT BR116
5 LE	60,6	65	-4,4	82,5	45,6	ZT BR116
6 LE	65,0	65	0	83,5	43,4	ZT BR116

Legenda: LE (Vila Hauer e Xaxim), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), L_{AFmax} (nível de pressão sonora máxima), L_{AFmin} (nível de pressão sonora mínima), ZR1 (zona residencial 1), ZT BR116 (zona de transição BR 116).

O (GRÁFICO 11) apresenta os níveis de pressão sonora equivalente por ponto de medição nos bairros Vila Hauer e Xaxim, bem como o limite dos níveis sonoros para a região, sem considerar as zonas de silêncio, pois as mesmas se encontram bem distanciadas dos pontos de medição 3LE e 4 LE. Já o (GRÁFICO 12), apresenta o fluxo total e por categoria de veículos. Através destes dois gráficos foi possível realizar as comparações das medições sonoras e fluxos de veículos por ponto de medição, representadas no (QUADRO 9).

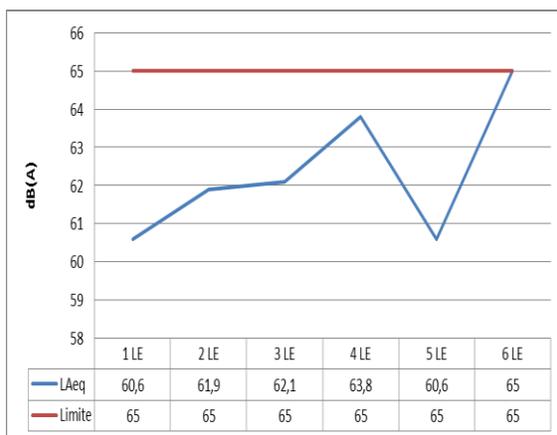


GRÁFICO 11 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NOS BAIRROS XAXIM E VILA HAUER COM O LIMITE ESTABELECIDO

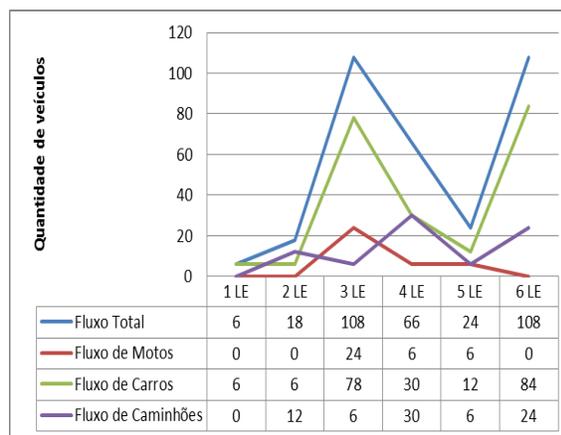


GRÁFICO 12 - FLUXO TOTAL E POR CATERGORIA DE VEÍCULOS NOS BAIRROS XAXIM E VILA HAUER COM O LIMITE ESTABELECIDO

Legenda: LE (Vila Hauer e Xaxim), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente).

Vila Hauer / Xaxim	L_{Aeq}	Fluxo Total	Fluxo de Motos	Fluxo de Carros	Fluxo de Caminhões
1 LE	-	-	-	-	-
2 LE	↑	↑	=	=	↑
3 LE	↑	↑	↑	↑	↓
4 LE	↑	↓	↓	↓	↑
5 LE	↓	↓	=	↓	↓
6 LE	↑	↑	↓	↑	↑

QUADRO 9 - ASSOCIAÇÃO DA QUANTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ENTRE OS PONTOS DOS BAIRROS VILA HAUER E XAXIM

No (QUADRO 9) é possível notar uma dependência entre clara entre o fluxo de veículos e os níveis de pressão sonora equivalentes em todos os pontos de medição sonora.

4.2.5 Resultados nos pontos extras

Conforme mencionado no item 3.3.1.4 o fluxo de veículos nos pontos extras não precisou ser subdividido, já que estas vias possuem sentido único. A (TABELA 19) indica a contagem de veículos para cada ponto no período de uma hora.

TABELA 19 - FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS EXTRAS

PONTO	SENTIDO ÚNICO		
	MOTOS	CARROS	CAMINHÕES
PE 1	66	522	48
PE 2	96	786	132

Legenda: PE (pontos extras)

A composição percentual do fluxo de veículos nos pontos extras é parecida com o fluxo de veículos da Linha Verde e pode ser visualizada no (GRÁFICO 13). Comparando o fluxo de veículos nos dois pontos com os resultados das medições sonoras (TABELA 19), fica clara a influência do fluxo de veículos sobre os níveis sonoros emitidos, já que no ponto PE 2 há um fluxo de veículos bem maior que no ponto PE1 (GRÁFICO 14).

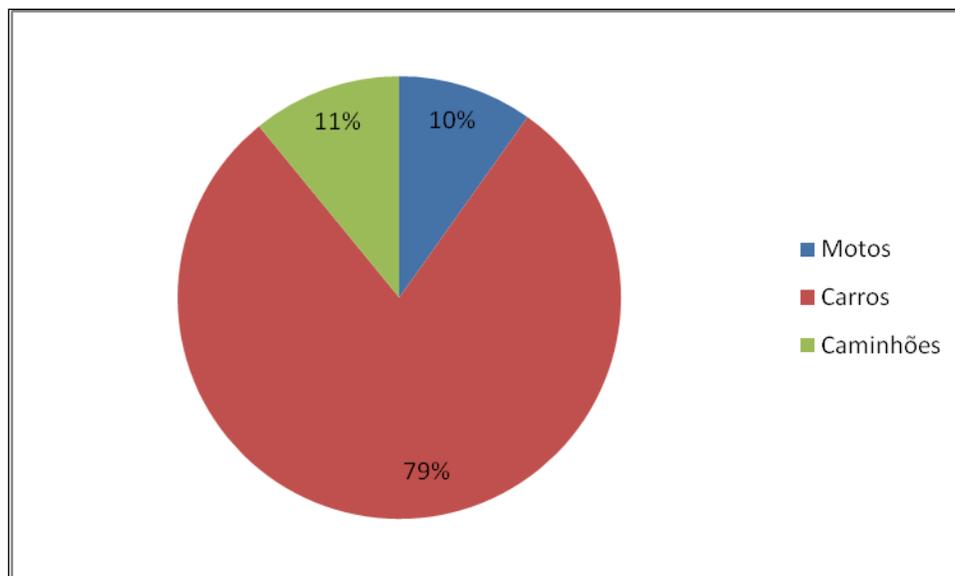


GRÁFICO 13 - COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE VEÍCULOS NOS PONTOS EXTRAS

Na (TABELA 20) verificam-se os resultados das medições sonoras dos pontos extras. O limite estipulado pela Lei Municipal 10625/02 para o período diurno é de 65 dB(A), já que esta área também faz parte da faixa de zoneamento SE 116. O ponto PE 2 está acima dos níveis permitidos.

TABELA 20 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES SONORAS NOS PONTOS EXTRAS

PONTO	L_{Aeq} dB(A)	NÍVEL PERMITIDO DIURNO dB(A)	Δ em dB (MEDIDO - PERMITIDO)	L_{AFmax} dB(A)	L_{AFmin} dB(A)	ZONEAMENTO
PE1 (Sta. Bernadete)	63,6	65	-1,4	74,9	49,3	SE BR116
PE 2 (Roberto de Faria)	71,2	65	6,2	92,9	48,6	SE BR116

Legenda: PE (pontos extras), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), L_{AFmax} (nível de pressão sonora máxima), L_{AFmin} (nível de pressão sonora mínima), SE BR 116 (setor especial BR 116), vermelho (acima do nível permitido no período diurno).

O (GRÁFICO 14) mostra os níveis sonoros registrados nos pontos extras, bem como os respectivos limites de exposição sonora segundo a Lei municipal 10625/02. Já no (GRÁFICO 15) observa-se o fluxo total e por categoria de veículos destes pontos.

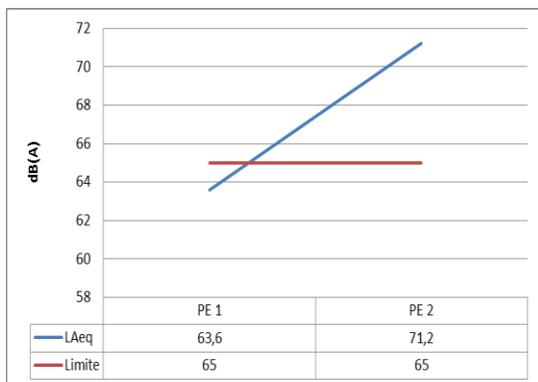


GRÁFICO 14 - COMPARAÇÃO DO RESULTADO DAS MEDIÇÕES SONORAS NOS PONTOS EXTRAS COM O LIMITE ESTABELECIDO

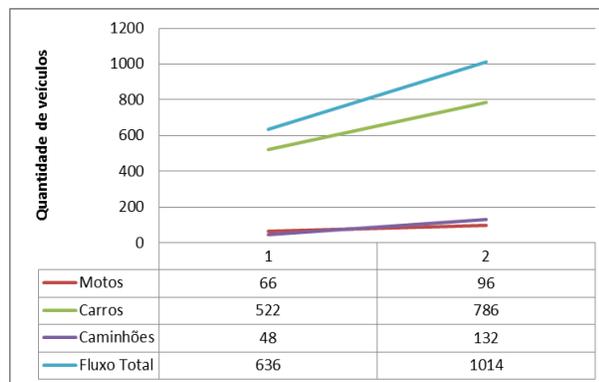


GRÁFICO 15 - FLUXO TOTAL E POR CATEGORIA DE VEÍCULOS NOS PONTOS EXTRAS

Legenda: PE (pontos extras), L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente).

4.2.7 Coeficientes de correlação entre as medições sonoras e as demais variáveis

No presente estudo foi feito o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson para verificar o grau de associação entre as medições sonoras de todos os pontos (L_{Aeq}) e as demais variáveis que compõem os ruídos provenientes do tráfego de veículos (fluxo de veículos, velocidade e tipo de pavimentação das vias). A (TABELA 21) apresenta os resultados dos coeficientes de correlação de Pearson com a interpretação das mesmas, segundo Callegari-Jaques (2003).

TABELA 21 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS MEDIÇÕES SONORAS E DEMAIS VARIÁVEIS

L _{Aeq} /	Fluxo Total	Fluxo de Motos	Fluxo de Carros	Fluxo de Caminhões	Velocidade	Tipo de Pavimentação
P-value	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,851
Pearson	0,645	0,880	0,656	0,566	0,876	0,035
Interpretação	Correlação Forte	Correlação Forte	Correlação Forte	Correlação Moderada	Correlação Forte	Correlação Fraca Não Significativa

Legenda: 0,00<p<0,30 (fraca), 0,30<p<0,60 (moderada), 0,60<p<0,90 (forte), 0,90<p<1,00 (muito forte). L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente), P-value (probabilidade do teste estatístico assumir que a hipótese nula é verdadeira).

De acordo com a (TABELA 21), as correlações demonstradas são positivas, ou seja, a valores crescentes de uma variável (X), estão associados valores crescentes da outra variável (Y). A única correlação que não é significativa e também fraca é a correlação que cruza as variáveis: medição sonora e tipo de pavimentação. Este resultado indica que os níveis sonoros não são muito

influenciados pelo tipo de pavimentação em que são produzidos. Por outro lado, há uma forte relação entre os níveis de pressão sonora constatados e as seguintes variáveis, em ordem crescente de importância: fluxo de motos, velocidade, fluxo de carros e fluxo total (soma de todos os fluxos). Por outro lado, há uma correlação moderada em relação ao fluxo de caminhões.

4.2.8 Discussão dos resultados das medições sonoras

Somente os pontos dos bairros Vila Hauer e Xaxim, bem como os pontos da Rua Major Vicente de Castro, exceto o ponto 5 LDA, estão de acordo com os limites dos níveis de pressão sonora estabelecidos pela lei municipal 10625/02.

A análise dos resultados obtidos pelo cálculo dos coeficientes de correlação entre as medições sonoras e as demais variáveis (fluxo de motos, velocidade, fluxo de carros e fluxo total de veículos) revela que:

- A forte correlação positiva entre as variáveis L_{Aeq} (nível de pressão sonora equivalente) e o Fluxo de Motos pode ser explicada pelo L_{Aeq} elevado no ponto 5 LDA: apesar de esse ponto se encontrar em uma zona sensível (proximidade com escola), o mesmo teve uma contagem expressiva de motos. Além disto, em comparação com os demais pontos da mesma via, este mesmo ponto também se destaca por possuir o maior L_{AFmax} da Rua Major Vicente de Castro;
- A correlação forte do L_{Aeq} e a Velocidade pode ser explicada pelos seguintes fatos: o ponto 4 LV está próximo do sinaleiro do cruzamento da Linha Verde com a Av. Santa Bernadethe; além disto, este ponto possui também o maior L_{AFmax} de todos os pontos da Linha Verde; o ponto 7 LV está próximo do sinaleiro entre o cruzamento da Linha Verde com a Rua Roberto de Faria e possui o menor L_{AFmin} de todos os pontos da Linha Verde; o ponto 7 LD está nas imediações de uma travessia elevada na Rua Maestro Francisco Antonello, e possui o menor L_{AFmin} entre os pontos da mesma via; o ponto 3 LD, está situado num declive acentuado da Rua Maestro Francisco Antonello; os pontos 3 LDA e 8 LDA tiveram um aumento de L_{Aeq} devido à maior velocidade

nesse trechos da Rua Major Vicente de Castro, sendo que o oposto ocorreu no ponto 4 LDA;

- A correlação forte entre L_{Aeq} e o Fluxo de carros pode ser explicada pelo maior percentual de carros ser maior do que o de motos e caminhões em todas as vias estudadas;
- A correlação forte entre L_{Aeq} e o Fluxo Total de Veículos pode ser explicada pelo fato de haver um forte associação entre o fluxo de veículos e L_{Aeq} na maioria dos pontos em que foram feitas medições sonoras;
- A correlação moderada entre L_{Aeq} e o Fluxo de Caminhões pode ser explicada pelo fato de os caminhões não emitirem ruídos tão elevados como os emitidos pela motos, apesar da contagem total de motos ser menor que a contagem total de caminhões.

4.2.9 Mapeamento sonoro de áreas com conjuntos de pontos

O mapeamento sonoro pode ser feito por ponto, para verificar o quanto cada ponto contribui para o ambiente sônico da região, além de ser uma forma de calibração do modelo de uma área a ser mapeada. Também é possível realizar o mapeamento de um conjunto de pontos em uma determinada área, onde verificamos a paisagem sonora em si.

Como o tráfego rodoviário é composto por várias fontes pontuais, formando-se uma fonte em linha, é possível calibrar o modelo para o mapeamento sonoro através do fluxo de veículos, da velocidade média em cada trecho onde foi estipulado um ponto de medição e o tipo de pavimentação das vias envolvidas, conforme mencionado no item 3.3.2.

A seguir podem-se visualizar os mapeamentos sonoros das áreas onde ocorreram as medições sonoras. Os pontos de medições sonoras são os pontos de calibração para tais mapeamentos sonoros. Os pontos foram subdivididos de acordo com o posicionamento geográfico onde se encontravam, determinando-se desta forma as áreas mapeadas.

Como citado no item 3.3.2.1, a WG-AEN (2007) recomenda que a incerteza esperada na calibração dos mapas sonoros deve ser de até mais ou menos 5

dB(A). Comparando-se os valores obtidos nos pontos de calibração com as medições sonoras *in situ*, verificou-se que todos os pontos estão de acordo com as recomendações da WG-AEN (TABELA 22).

TABELA 22 - RESULTADOS DAS CALIBRAÇÕES DOS MAPEAMENTOS SONOROS

PONTO	MEDIÇÃO SONORA dB(A)	MAPEAMENTO SONORO dB(A)	Δ em dB(A)	CALIBRAÇÃO
1LV	72	76,6	4,6	ok
1LD	69,5	69,6	0,1	ok
1LDA	60,4	63,2	2,8	ok
1LE	60,6	59,9	-0,7	ok
2LV	71,3	76	4,7	ok
2LD	70,2	74,5	4,3	ok
2LDA	62,8	63,2	0,4	ok
2LE	61,9	59,3	-2,6	ok
3LV	70,4	75,1	4,7	ok
3LD	72,6	72,9	0,3	ok
3LDA	64,2	60,2	-4	ok
3LE	62,1	65	2,9	ok
4LV	72,7	76,2	3,5	ok
4LD	72,2	76,8	4,6	ok
4LDA	63,7	63,8	0,1	ok
4LE	63,8	66,2	2,4	ok
PE1	63,6	67,7	4,1	ok
5LV	69,5	74,1	4,6	ok
5LD	70,4	73,3	2,9	ok
5LDA	65,8	65,2	-0,6	ok
5LE	60,6	57,4	-3,2	ok
6LV	70,1	74,5	4,4	ok
6LD	69,8	73,7	3,9	ok
6LDA	61,3	62,3	1	ok
6LE	65,0	67,5	2,5	ok
7LV	71,6	72,8	1,2	ok
7LD	70,9	74	3,1	ok
7LDA	62,6	63,1	0,5	ok
8LD	68,1	71,6	3,5	ok
8LDA	62,8	64	1,2	ok
PE2	71,2	74,4	3,2	ok

Para interpretar os resultados dos níveis sonoros representados nos mapeamentos, deve-se consultar a legenda reproduzida na (FIGURA 22).



FIGURA 22 - LEGENDA UTILIZADA NO MAPEAMENTO SONORO

De acordo com os mapeamentos sonoros (FIGURA 23, FIGURA 24, FIGURA 25, FIGURA 26, FIGURA 27, FIGURA 28,) realizados, as fachadas das edificações que se encontram na Linha Verde, onde estão os pontos de calibração 1LV – 7 LV recebem ruídos acima de 70 dB(A), assim com as fachadas das edificações que se encontram na Rua Maestro Francisco Antonello, onde se encontram os pontos de calibração 1LD – 8LD. O diagnóstico sonoro ambiental indica que ambas as vias estão poluídas acusticamente. Durante a propagação sonora, os ruídos decaem, porém as edificações dos mapas em que se encontram os pontos 1LV – 4 LV, em uma faixa de mais ou menos 150 metros da Linha Verde para dentro dos bairros, ainda recebem ruídos com níveis de pressão sonora entre 65 e 70 dB(A). Nos mapas em que se encontram os pontos 5 LV – 7 LV existem mais edificações junto a Linha Verde, portanto não há tanto espaço para propagação do som, e assim as edificações entre a Linha Verde e os bairros, em uma distância aproximada de 50 metros, recebem ruídos entre 65 e 70 dB(A). O mesmo ocorre com as casas ao longo da Rua Maestro Francisco Antonello, as fachadas laterais destas residências recebem ruídos entre 65 e 70 dB(A). Essas áreas também se encontram poluídas acusticamente. As fachadas das edificações que se encontram na Rua Major Vicente de Castro, onde se encontram os pontos de calibração 1LDA, 2LDA, 4 LDA, 6 LDA e 7 LDA recebem ruídos entre 60 e 65

dB(A) e estão de acordo com os limites estabelecidos pela Lei Municipal 10.625/02. No trecho onde se encontra o ponto 3LDA, as fachadas das residências recebem ruídos de até 60 dB(A) e este trecho também está de acordo com a legislação. No trecho onde se encontra o ponto 5 LDA, as edificações recebem em suas fachadas ruídos entre 65 e 70 dB(A), não estando de acordo com os níveis preconizados na legislação. As regiões onde se encontra o ponto 2LE e parte da região do ponto 3 LE recebem ruídos com níveis sonoros entre 60 e 65 dB(A). Ruídos entre 65 e 70 dB(A) são recebidos nas fachadas das edificações das regiões onde se encontram os pontos 4 LE, 6 LE e parte do 3 LE, estando acima dos níveis preconizados pela legislação. O local menos ruidoso dos mapeamentos nos pontos LE se encontra nas proximidades do ponto 1 LE com níveis de pressão sonora entre 55 e 60 dB(A). As edificações das proximidades dos pontos extras PE1 e PE2, recebem ruídos acima de 70 dB(A) em suas fachadas, estando poluídas acusticamente. Nas zonas sensíveis é possível encontrar dois cenários: zonas com poluição sonora parcial – ESC 1, ESC 3, ESC 5 E CRECHE 5 – onde as fachadas das edificações recebem ruídos entre 55 e 60 dB(A); zonas com poluição sonora total – ESC2 e ESC 4 – onde as edificações recebem ruídos entre 60 e 70 dB(A).

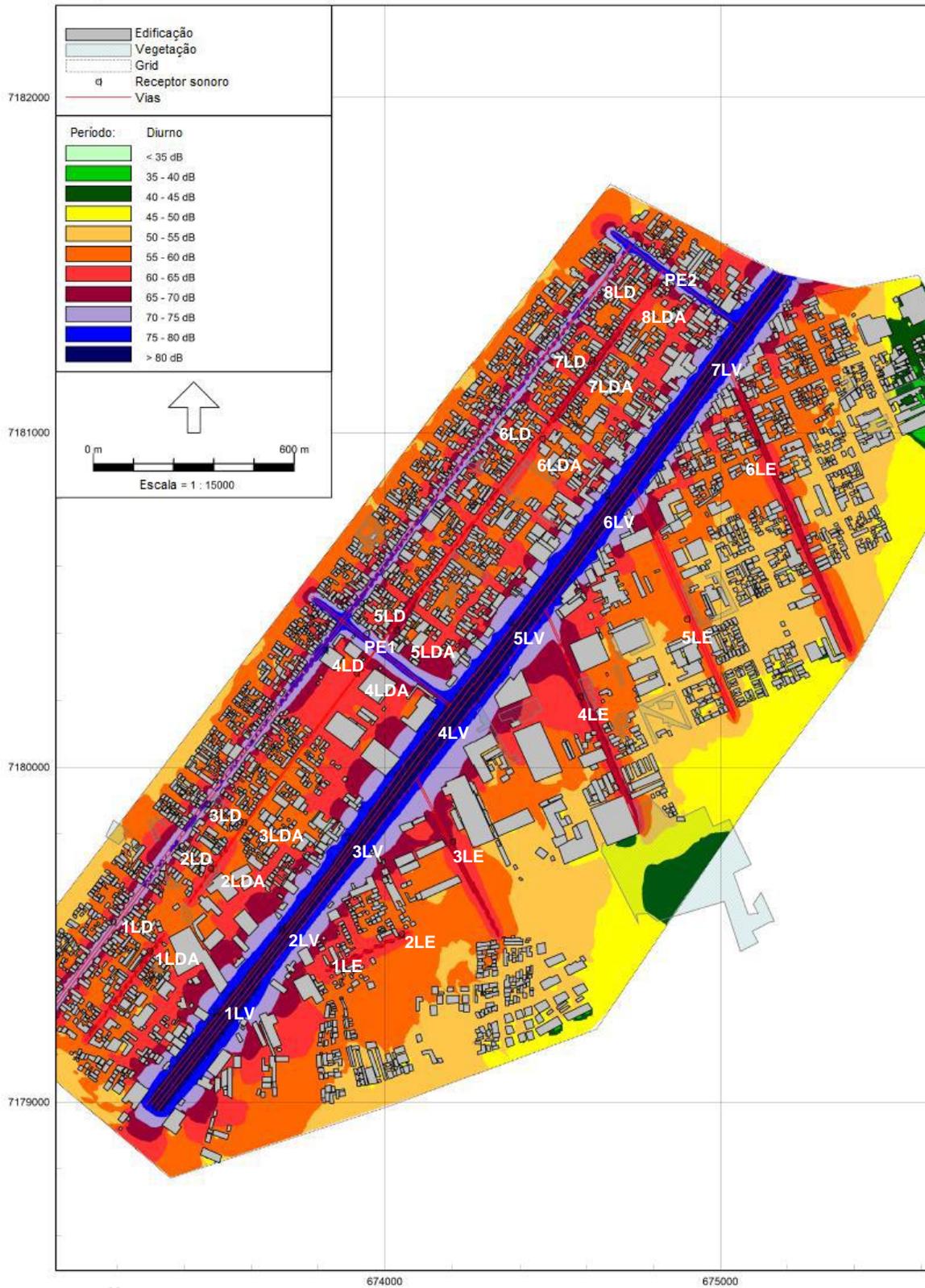


FIGURA 23 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DE ESTUDO

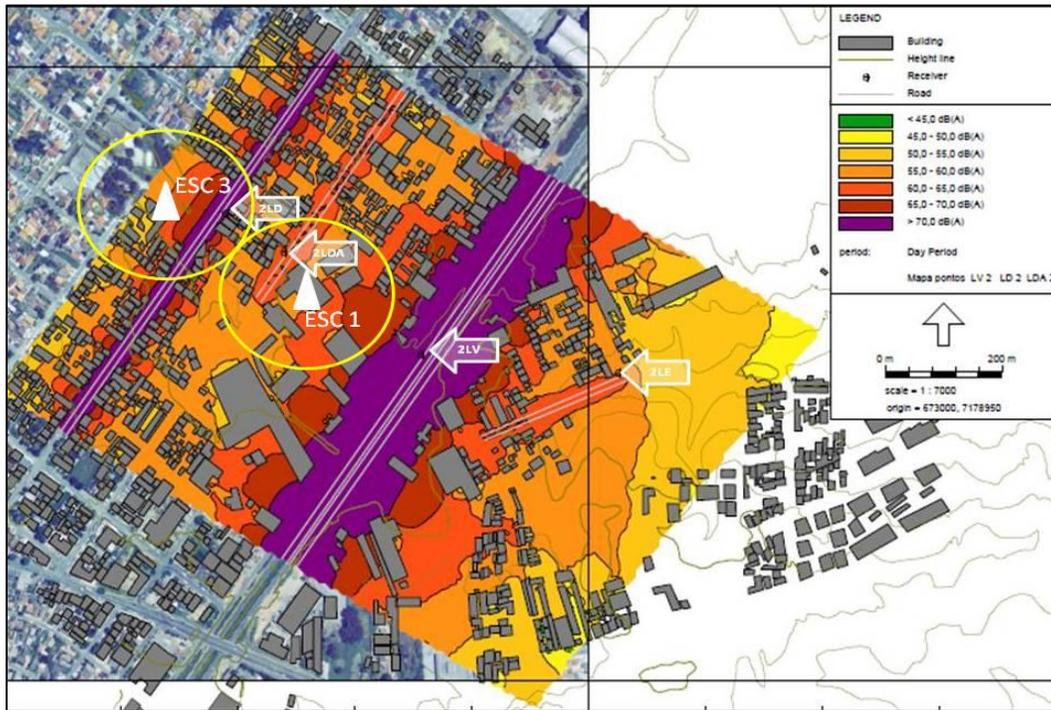


FIGURA 24 - MAPEAMENTO SONORO DAS ÁREAS DAS ESCOLAS 1 E 3

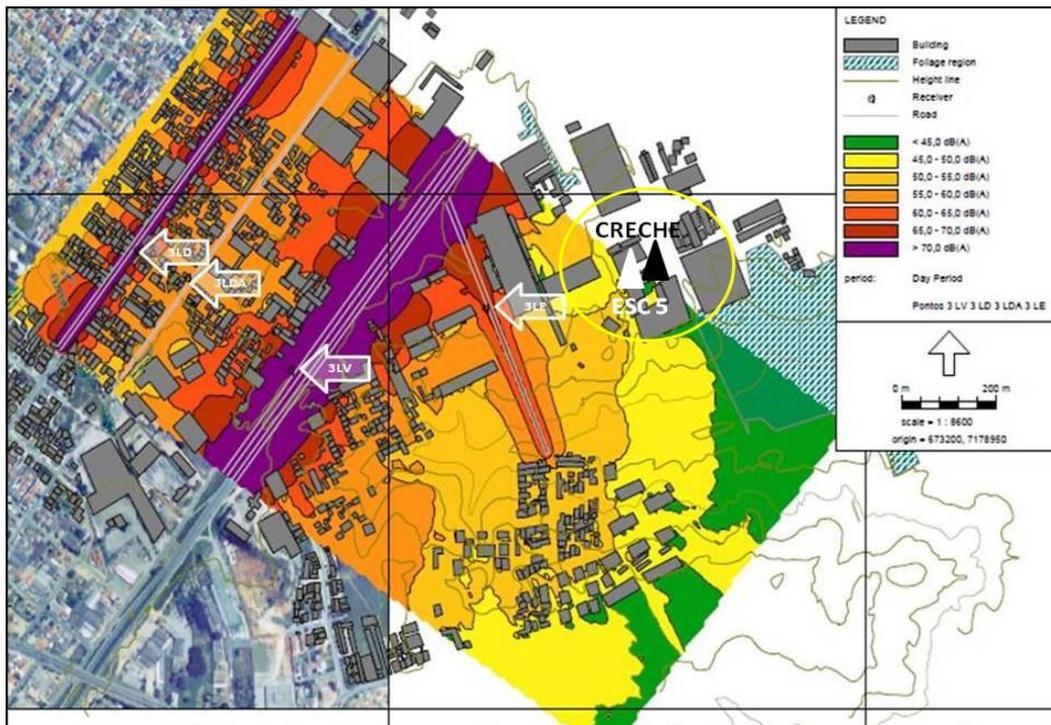


FIGURA 25 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DA ESCOLA 5 E CRECHE

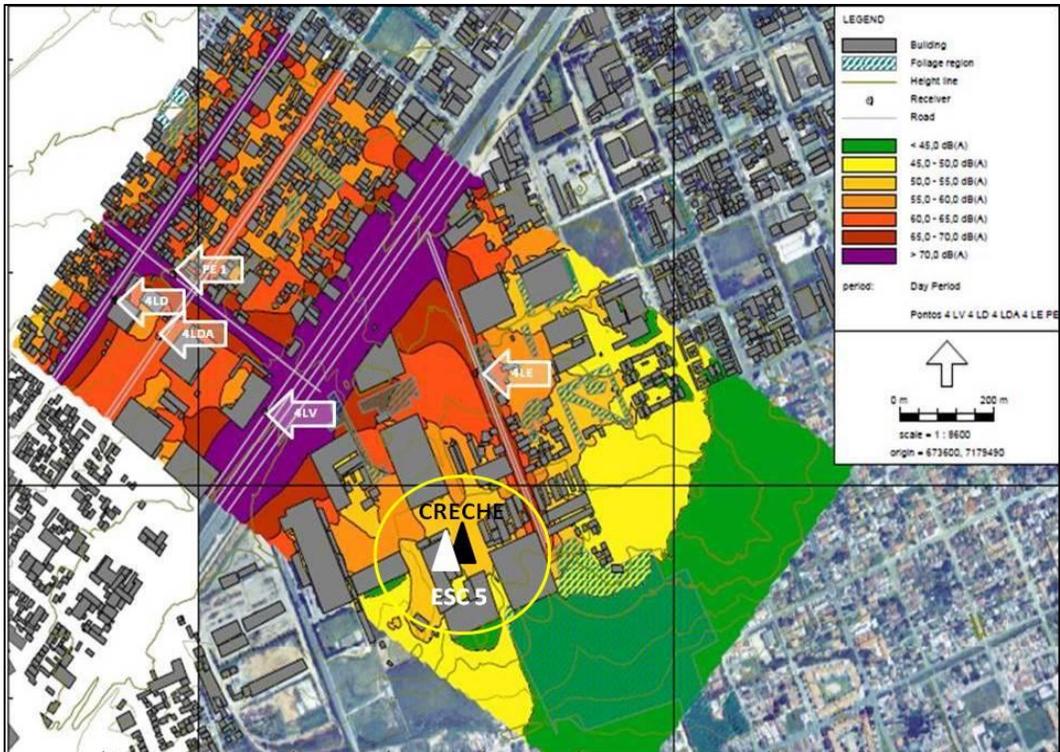


FIGURA 26 - MAPEAMENTOS SONOROS DAS ÁREAS DA ESCOLA 5 E CRECHE – PARTE 2

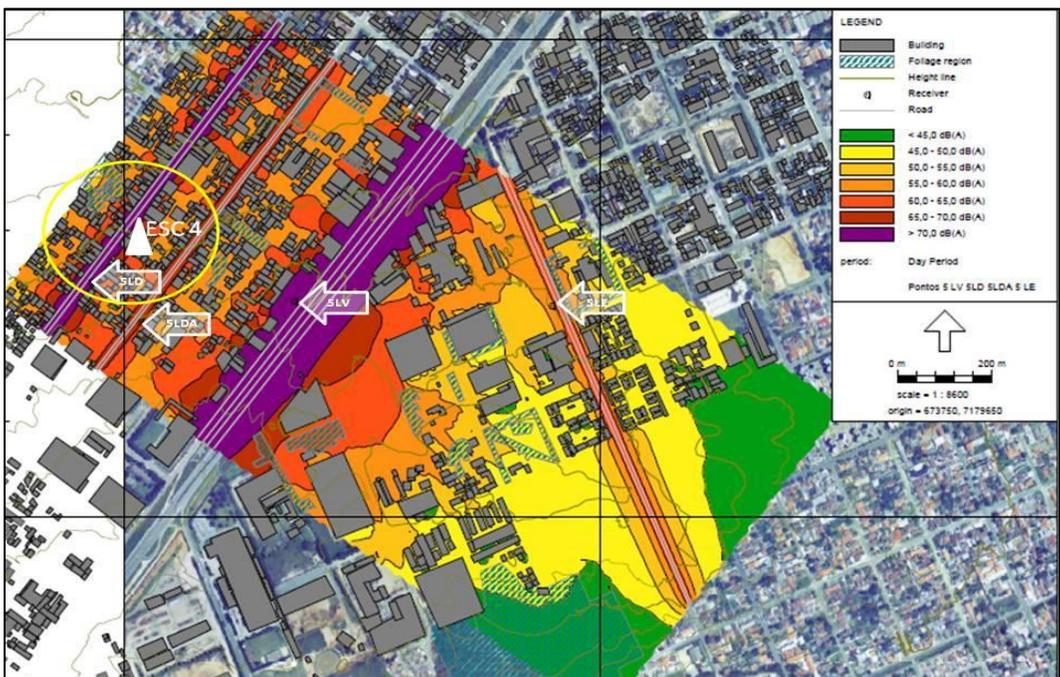


FIGURA 27 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DA ESCOLA 4

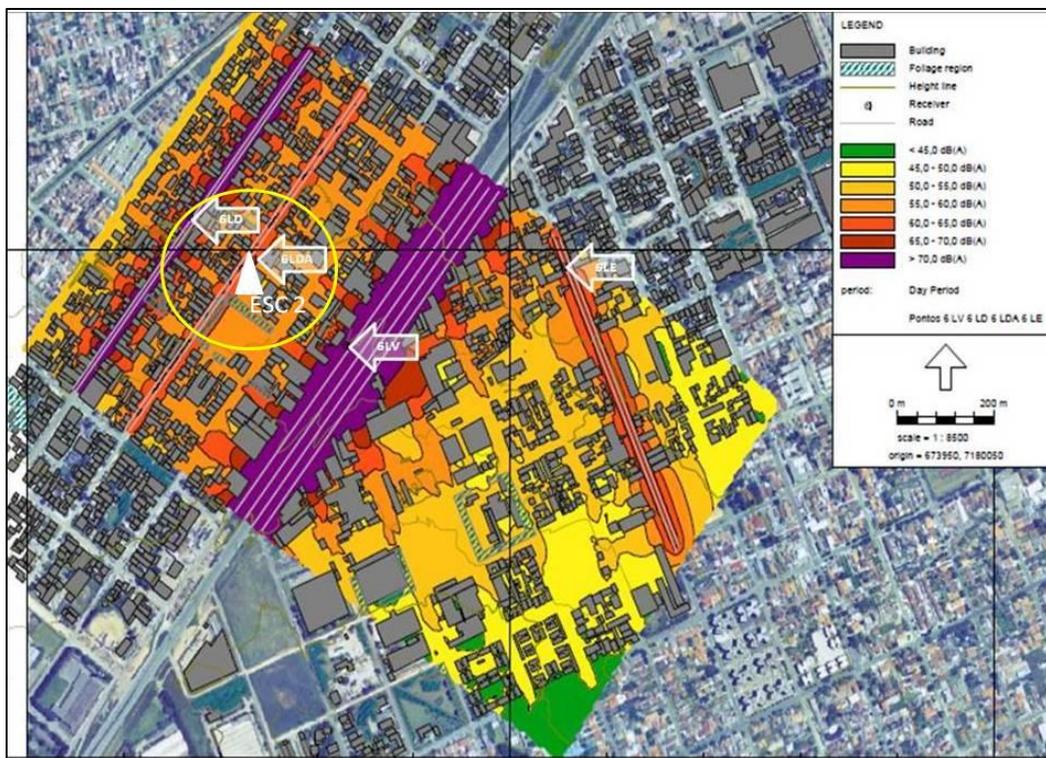


FIGURA 28 - MAPEAMENTO SONORO DA ÁREA DA ESCOLA 2

4.2.10 Discussão sobre os resultados do mapeamento sonoro

O mapeamento sonoro conseguiu representar bem os resultados obtidos nas medições sonoras. As exceções ocorreram nas demonstrações espaciais dos ruídos das regiões dos pontos 4 LE e 6 LE. No mapeamento sonoro estas regiões estão poluídas acusticamente, comparando-se com os limites estabelecidos pela lei municipal 10625/02, porém ao se observar a (TABELA 22), nota-se que todos os pontos estão calibrados corretamente, portanto os pontos citados acima demonstram que os níveis de pressão sonora equivalentes representados graficamente, mesmo estando em desacordo com a legislação, estão dentro do erro esperado.

Segundo Peterson e Gross (1978), a população começa a reclamar do ruído em comunidade esporadicamente quando o L_{Aeq} atinge 55 dB(A). As ações da comunidade iniciam-se com níveis de pressão sonora equivalente entre 55 e 65 dB(A) e há uma forte reação da comunidade quando o L_{Aeq} ultrapassa 65 dB(A).

Diante do exposto acima, segundo os mapeamentos sonoros somente as comunidades que moram nas proximidades da Linha Verde, Rua Maestro Francisco Antonello, pontos extras (Av. Santa Bernadethe e Rua Roberto da Faria), pontos dos bairros Xaxim e Vila Hauer (4-6 LE) e ponto 5LDA da Rua Major Vicente de Castro, teriam fortes reações quanto a reclamações em relação aos ruídos gerados nessas regiões.

4.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA

Conforme descrito no item 3.4.2 a população dos bairros Novo Mundo e Vila Fany é composta de 60336 moradores, dos quais foi extraída uma amostra de $N = 397$ informantes (item 3.4.4). Estes foram indagados através de entrevista estruturada sobre a percepção sonora da localidade, gerando dados que ajudaram a caracterizar a população quanto às suas características demográficas, percepção dos ruídos no dia-a-dia, comportamentos e sintomas atrelados à percepção de tais ruídos, bem como opiniões sobre a vizinhança; os informantes foram indagados ainda sobre os motivos socioeconômicos na tomada de decisão

na escolha dos imóveis na região em que residem e se os ruídos desvalorizam, ou não, os imóveis da região.

A análise estatística dos dados foi descrita no item 3.5, sendo composta de duas partes, a descritiva e a multivariada. A análise da estatística descritiva ajudou a caracterizar a amostra, possibilitando verificar as frequências relativas e absolutas (item 4.3.1.1), medidas de tendência central (item 4.3.1.2) e as correlações entre as variáveis (item 4.3.1.3). A análise multivariada ajudou a indicar quais eram as principais variáveis e possibilitou a redução de tais variáveis subjetivas, facilitando posteriormente a comparação dos dados subjetivos com os objetivos. Após a apresentação dos resultados da análise estatística descritiva segue o item “discussão” e o mesmo ocorre após as análises multivariadas (itens 4.3.1.4 e 4.3.2.2).

4.3.1 Resultados da análise da estatística descritiva

4.3.1.1 Frequências absolutas e relativas

Os resultados referentes às frequências relativas podem ser observados ao longo do texto e os referentes às frequências absolutas são apresentados nas figuras logo abaixo. Estes resultados foram subdivididos em categorias de perguntas, a saber: a) resultados referentes às características demográficas; b) resultados sobre a percepção dos ruídos no dia-a-dia; c) resultados dos comportamentos e sintomas atrelados à percepção dos ruídos; d) resultados socioeconômicos.

a) Resultados demográficos:

A amostra foi composta por moradores predominantemente do bairro Vila Fanny, com 80% entrevistados do total de 397. Os demais informantes eram do bairro Novo Mundo (20%) (FIGURA 29) e a participação de mulheres (63%) – foi maior do que a participação de homens (37%) – (FIGURA 30). A faixa etária ficou bem distribuída entre os moradores com idades a partir de 22 anos para cima, mas há uma grande predominância de moradores na faixa entre os 41 e 70 anos de idade, já que foram entrevistadas 17,63% com idade entre 41 e 50 anos, 18,13% com idade entre 51 e 60 anos e 18,38% com idades entre 61 e 70 anos

(FIGURA 31). Tal dado confirma o relato de moradores de que houve uma maior ocupação da área de estudo a partir das décadas de 50 e 60 do século passado. Embora a pergunta sobre o tempo de residência tenha somente três opções de respostas (menos de 2 anos, 2 a 5 anos e mais de 5 anos), houve a preocupação de se fazer anotações complementares, caso o morador se prontificasse a dá-las, como o tempo exato de residência. A grande maioria dos entrevistados (74%) mora há mais de 5 anos na área de estudo (FIGURA 32), reforçando desta forma a confiabilidade da informação obtida através deste questionário, já que os entrevistados conhecem bem a área de estudo em questão. Quanto ao grau de escolaridade notou-se a predominância de pessoas que possuem o ensino médio completo (33%). Observando-se os valores cumulativos, cerca de 70% dos entrevistados possuem escolaridade até o ensino médio (FIGURA 33).

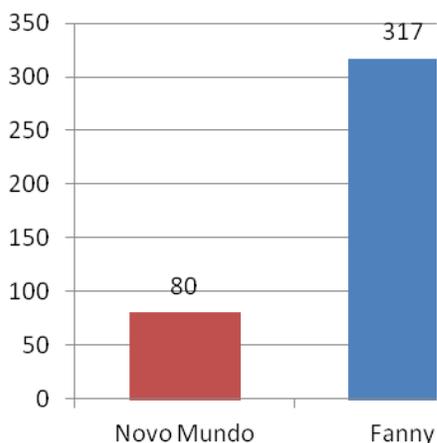


FIGURA 29 – BAIRRO EM QUE RESIDEM OS ENTREVISTADOS

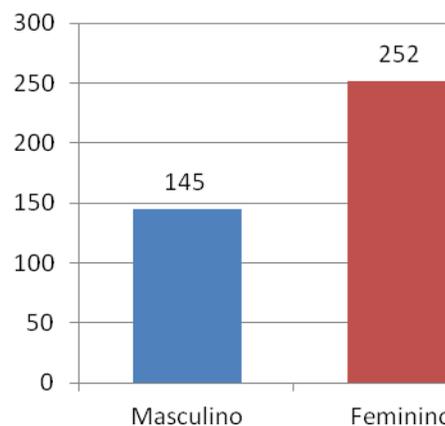


FIGURA 30 – DISTRIBUIÇÃO DOS INFORMANTES POR GÊNERO

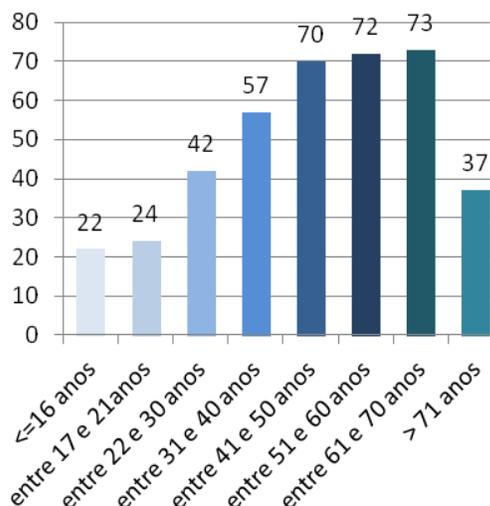


FIGURA 31 – FAIXA ETÁRIA DOS ENTREVISTADOS

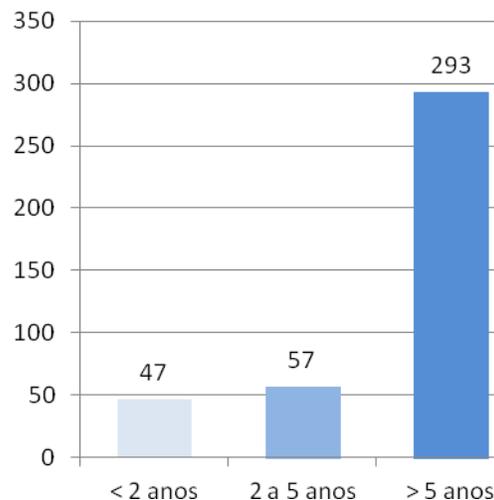


FIGURA 32– TEMPO DE RESIDÊNCIA NO ENDEREÇO ATUAL

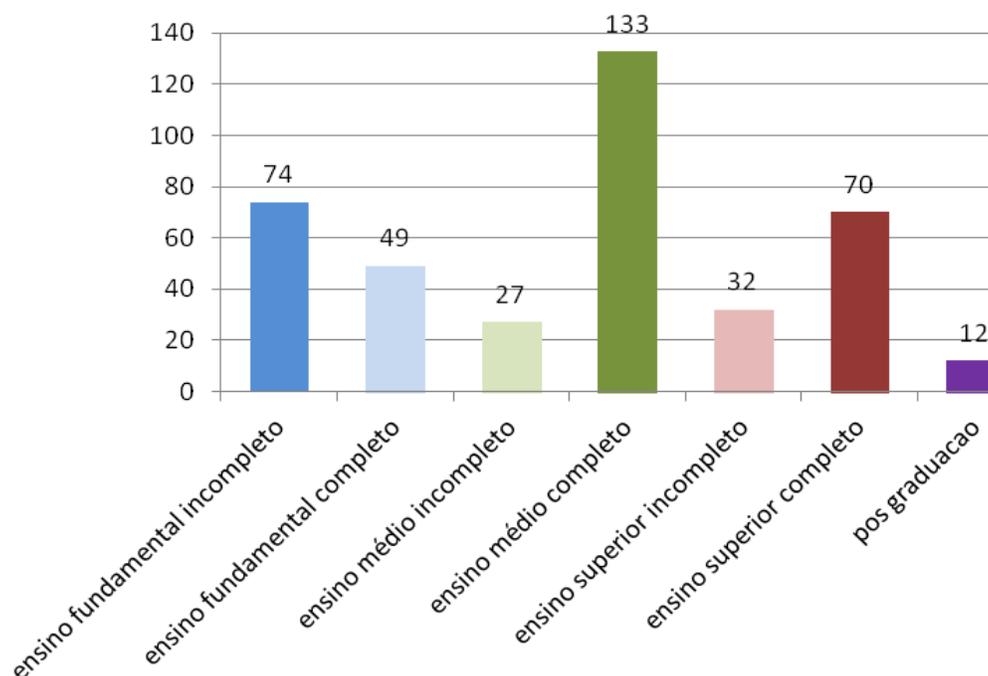


FIGURA 33 – GRAU DE ESCOLARIDADE DOS INFORMANTES

b) Percepção dos ruídos no dia-a-dia:

A maioria dos entrevistados responderam que não se sentem incomodados com os ruídos da região (56%) e apenas (44%) pessoas se incomodam com os ruídos da região (FIGURA 34), entretanto, 59,7% dos entrevistados informaram que notaram um aumento dos ruídos ambientais na área de estudo, sendo que

(43,8%) informaram que os ruídos aumentaram muito, (15,8%) informaram que os ruídos aumentaram pouco. 34,2% moradores informaram que os ruídos permaneceram constantes, representando cerca de 1/3 da amostra (FIGURA 35). As fontes sonoras que mais se destacam, segundo os entrevistados, são: tráfego de veículos (35%) dos informantes, música ou som alto (22,4%), animais (12,1%) (FIGURA 36). O período do dia em que há maior interferência sonora é o período da noite com 27,7 % das respostas, seguido dos períodos manhã e tarde em conjunto com 20,6% respostas, 16,8% pessoas acham que somente o período da tarde é o mais ruidoso, 10,8% pessoas acham que todos os períodos são ruidosos e 9,5% pessoas acham que somente o período da manhã é ruidoso (FIGURA 37). Ao serem perguntados quais os períodos da semana eram mais ruidosos, 53,6% pessoas disseram que durante a semana era mais ruidoso, 18,6% pessoas acharam que os finais de semana possuíam maior interferência sonora e 12,8% pessoas disseram que não havia distinção quanto ao dia da semana que era mais ruidoso, ou seja, todos os dias possuíam eventos ruidosos (FIGURA 38).

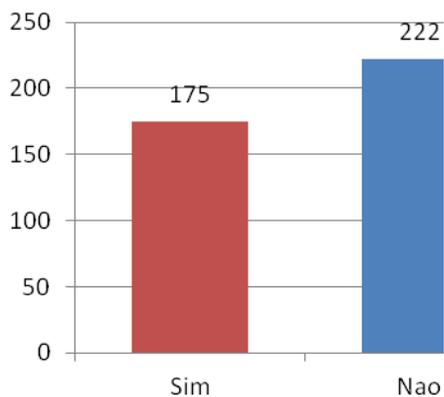


FIGURA 34 - "SENTE INCÔMODO COM OS RUÍDOS DA REGIÃO?"

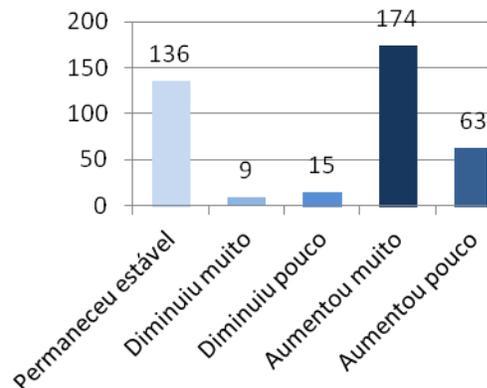


FIGURA 35 - "DURANTE O PERÍODO DE RESIDÊNCIA NESTE LOCAL, O RUÍDO:"

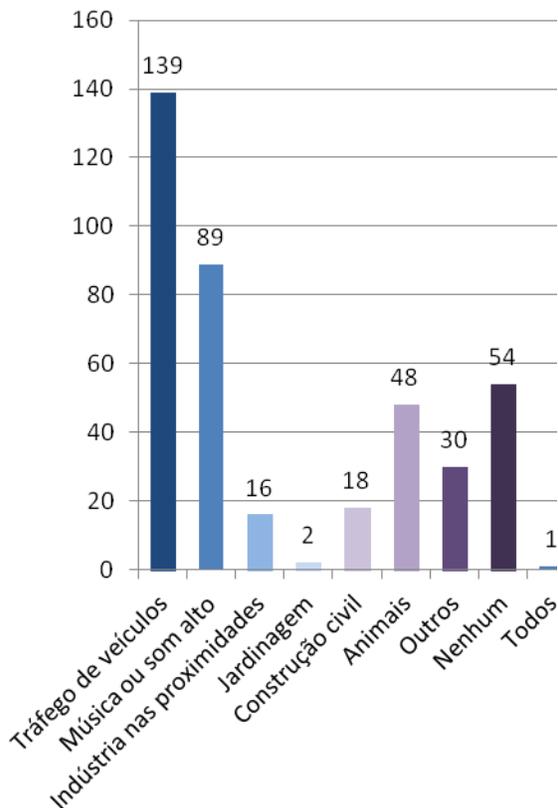


FIGURA 36 – RUÍDOS QUE MAIS INCOMODAM NA REGIÃO

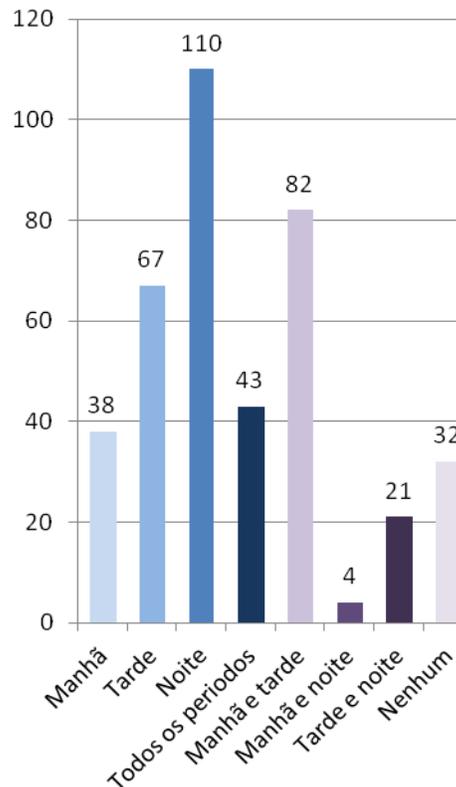


FIGURA 37 – PERÍODOS DO DIA COM MAIOR INTENSIDADE SONORA

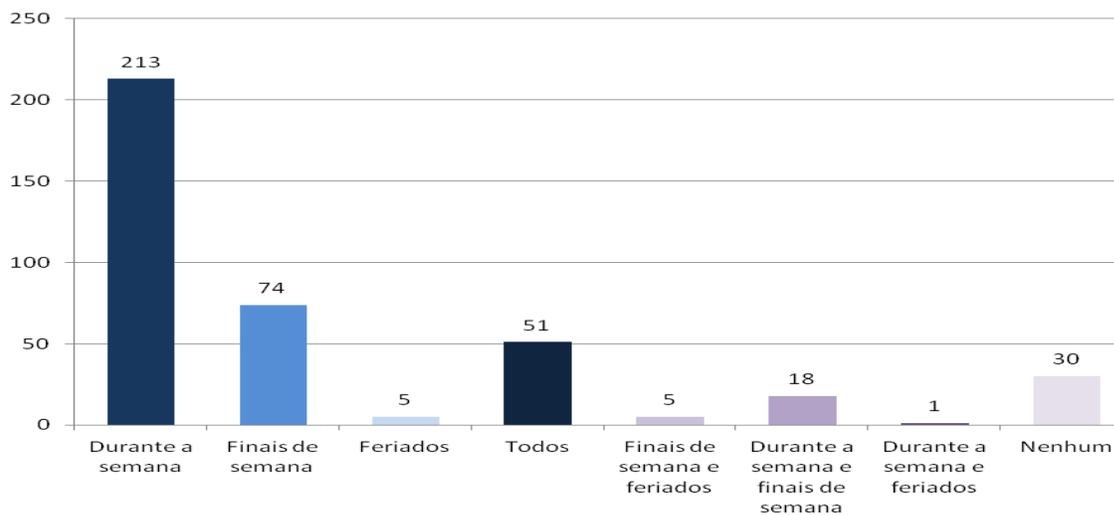


FIGURA 38 - PERÍODO OU PERÍODOS DA SEMANA COM A MAIOR INTENSIDADE SONORA

c) Resultados dos comportamentos e sintomas atrelados à percepção dos ruídos:

Os informantes se dividiram em números mais ou menos iguais sobre a questão de se a interferência sonora pode prejudicar, ou não, a saúde: 52,4% entrevistados informaram que sim e 47,6% entrevistados informaram que não (FIGURA 39). Os principais sintomas e reações à interferência sonora, relatados pelos entrevistados são: irritabilidade com 21,1% respostas e insônia com 19,6% respostas e a resposta mais frequente, dada por 24,4% dos informantes, foi que eles não tinham reações ou sintomas relacionados ao ruído, entretanto ao se somar todos os sintomas e reações notam-se que 75,6% dos entrevistados tem algum sintoma ou reação atrelado ao ruído (FIGURA 40). Segundo os entrevistados as atividades mais prejudicadas pelo ruído proveniente de áreas externas são: dormir, com 35% das respostas; assistir televisão ou ouvir música, com 17,3% das respostas, descansar, com 6,5% das respostas e estudar ou ler, com 5,5% das respostas. Houve 21,6% das pessoas que informaram que os ruídos externos não os atrapalhavam em no exercício de atividades dentro de casa (FIGURA 41). Confrontados com a pergunta “Você tem a intenção de se mudar devido ao ruído da região onde reside”, a grande maioria dos informantes, (83,4%) indicaram que não pretendiam se mudar e (16,6%) tinham a intenção de se mudar por causa do ruído da região onde residiam (FIGURA 42).

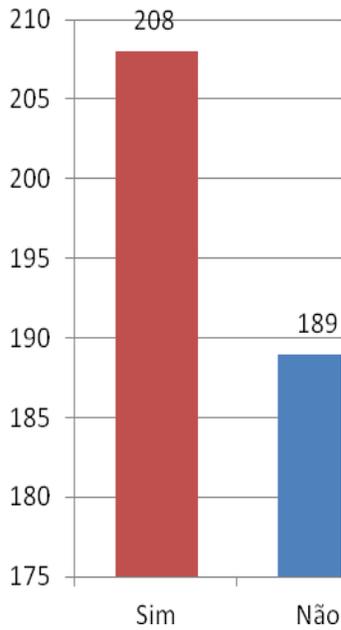


FIGURA 39 - A INTERFERÊNCIA SONORA PREJUDICA A SAÚDE?

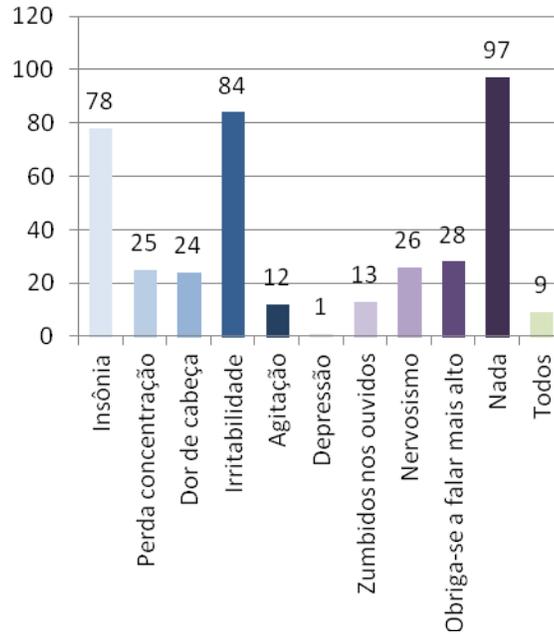


FIGURA 40 – CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO

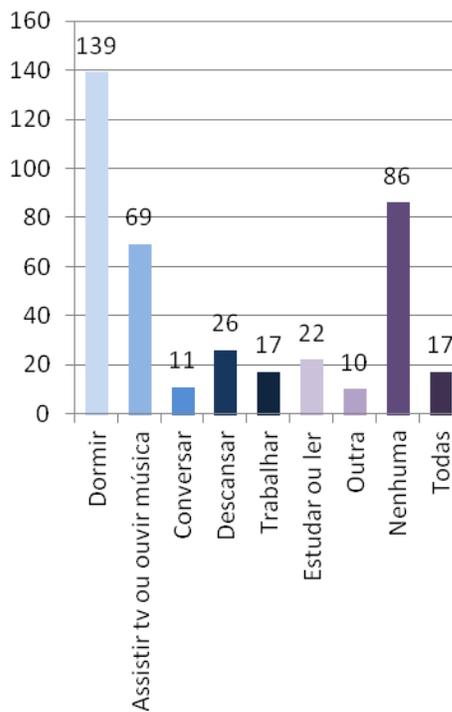


FIGURA 41 – ATIVIDADES DENTRO DE CASA EM QUE O RUÍDO ATRAPALHA

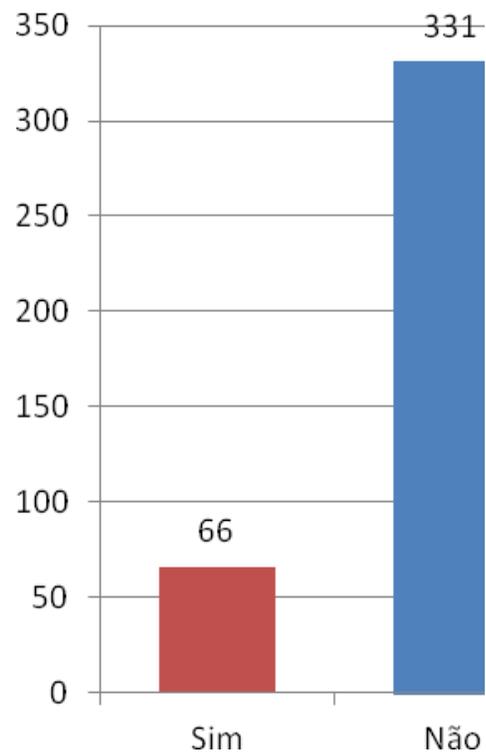


FIGURA 42 - RESULTADOS PARA A PERGUNTA "JÁ TEVE A INTENÇÃO DE SE MUDAR DEVIDO AO RUÍDO EXTERNO DA REGIÃO ONDE VOCÊ VIVE?"

d) Resultados sobre as características socioeconômicas:

Como o maior percentual de informantes se concentra na faixa etária de 41 – 70 anos, há também um grande percentual de aposentados na área de estudo, por este motivo, quando foram indagados sobre o período do dia em que mais permaneciam em suas residências, 50,1% dos entrevistados relataram que permanece o dia inteiro em suas residências e 22,7% responderam que estão em suas residências mais no período da noite (FIGURA 43). Por outro lado, boa parte dos entrevistados (63,0%) é de opinião de que o ruído não possa desvalorizar em nada o imóvel em que residem, por outro lado, (20,9%) acham que possa ocorrer desvalorização imobiliária muito elevada devido ao ruído da região (FIGURA 44). Para 61,4% dos informantes a influência da localização teve uma importância muito elevada no momento de escolha do imóvel, entretanto, 30,2% dos entrevistados informaram que a localização não foi um fator importante para a escolha do imóvel, quando foram morar na área de estudo, tais entrevistados informaram que já moravam no local há mais de 50 anos ou haviam recebido o imóvel como forma de herança da família (FIGURA 45). A influência do tamanho do imóvel foi importante para 61,4% dos informantes e não o foi para 26,0% e para 8,5% foi um fator de importância razoável (FIGURA 46). O valor do imóvel no ato da compra ou locação possui uma importância muito elevada para 79,3% e uma importância razoável para 12,1% (FIGURA 47). Ao serem perguntados sobre o que achavam da vizinhança, 79,3% informaram que a vizinhança era muito boa e 12,09% dos entrevistados informaram que a vizinhança é razoável (FIGURA 48). Por fim, 48,9% dos informantes consideram a área muito calma em relação aos ruídos gerados na região e 28,9% consideram razoáveis, os demais se abstiveram da resposta (11,3%) (FIGURA 49).

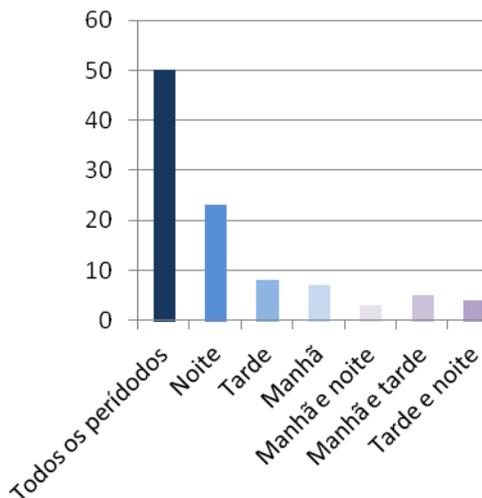


FIGURA 43 – PERÍODO DO DIA EM QUE A PERMANÊNCIA DO INFORMANTE EM SUA RESIDÊNCIA É MAIOR

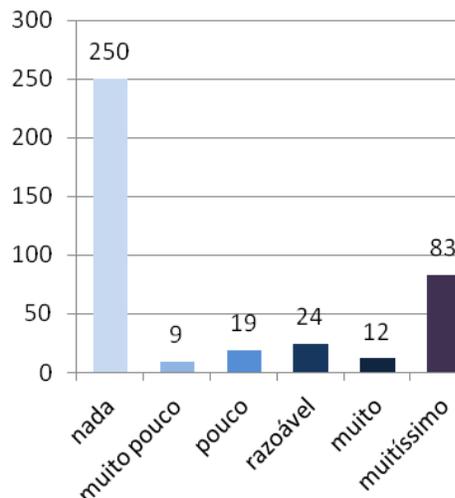


FIGURA 44 - O RUÍDO DA REGIÃO ONDE VOCÊ RESIDE PODE DESVALORIZAR O SEU IMÓVEL?

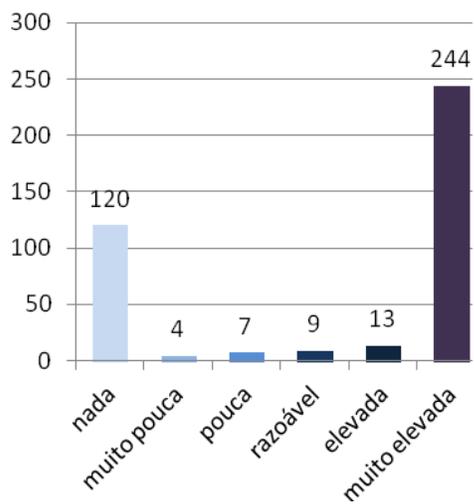


FIGURA 45 - A LOCALIZAÇÃO FOI UM FATOR IMPORTANTE PARA A ESCOLHA DO IMÓVEL?

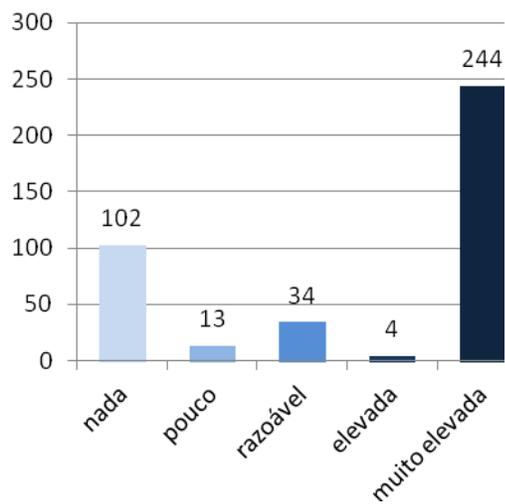


FIGURA 46 - O TAMANHO DO IMÓVEL FOI UM FATOR IMPORTANTE PARA A SUA ESCOLHA?

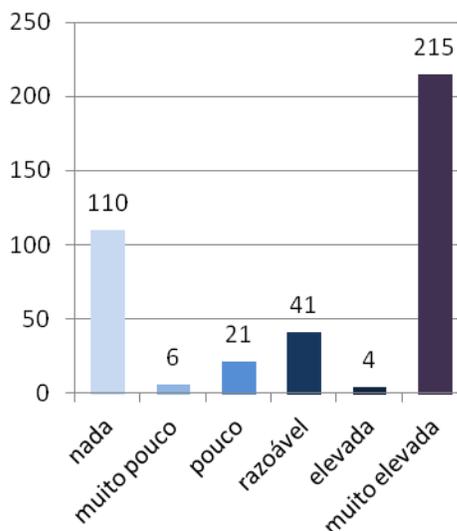


FIGURA 47 - O VALOR DO IMÓVEL FOI UM FATOR IMPORTANTE PARA A SUA COMPRA/LOCAÇÃO?

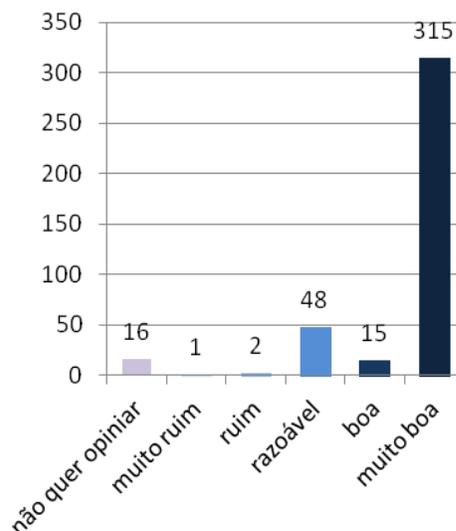


FIGURA 48 - VOCÊ CONSIDERA A SUA VIZINHANÇA:

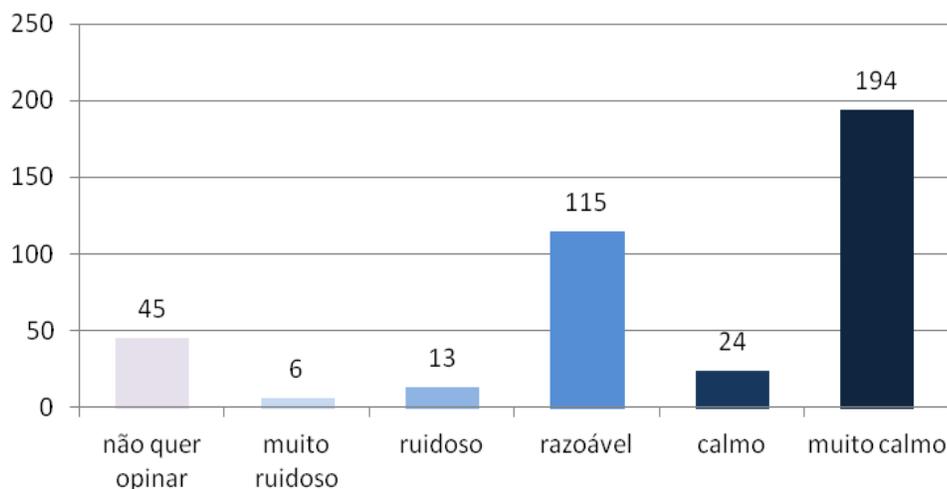


FIGURA 49 - EM RELAÇÃO AO RUÍDO, VOCÊ CONSIDERA O LOCAL DE SUA RESIDÊNCIA:

4.3.1.2 Resultados das medidas de tendência central

Os resultados obtidos das medidas de tendência central foram calculados de acordo com o nível de medição de cada variável. Assim, de variáveis do nível nominal, pode-se calcular a moda; de variáveis intervalares pode-se calcular a média aritmética, a mediana e a moda; e de variáveis do nível ordinal pode-se calcular a mediana e moda, bem como medidas de tendência central.

A (TABELA 23) indica a classificação das variáveis que ocorrem nas perguntas quanto ao seu nível de medição (nominal, ordinal ou intervalar), bem

como os resultados obtidos, já que foram atribuídos valores para as respostas no momento da tabulação dos resultados obtidos nos questionários de percepção sonora. Conforme descrito no item 3.5 os dados contidos nos questionários de percepção sonora foram tabulados com o auxílio do *software* SPSS.

Em geral, os resultados de tendência central sobre gênero, confirmaram os resultados de frequência absoluta e relativa, para todos os dados com variáveis ordinais e nominais. As informações complementares foram obtidas nas perguntas com variáveis intervalares, já que é possível calcular a moda, mediana, média e desvio padrão de tais variáveis.

Assim, verificando as perguntas com variáveis intervalares, verificaram-se os seguintes resultados: os resultados sobre a faixa etária indicaram através da moda que há predominância de pessoas entre 61 e 70 anos de idade, confirmando os resultados de frequência, porém a média e mediana da faixa etária encontra-se entre 41 e 50 anos de idade; a pergunta sobre se os entrevistados acreditavam que o ruído poderia desvalorizar os seus imóveis, a moda e a mediana confirmaram o resultado das frequências, indicando que o ruído não poderia desvalorizar o imóvel onde o entrevistado morava, mas a média indicou que o ruído pode desvalorizar um pouco o imóvel; nas perguntas sobre a influência da localização, tamanho e valor do imóvel, as modas e medianas obtiveram o mesmo resultados que as frequências, sendo muito elevadas as influências desses fatores para a escolha dos imóveis no momento da compra ou locação dos mesmos. As diferenças ocorreram nos resultados das médias, que indicaram que tal influência torna-se razoável no momento das tomadas de decisões. A pergunta sobre o que os entrevistados achavam da vizinhança obteve resultados de moda e mediana iguais as das frequências, indicando que a vizinhança da região é muito boa, mas a média indicou como resultado que a vizinhança é boa. Já as respostas da pergunta se a região era calma em relação ao ruído, indicaram moda igual as frequências, com a resposta “muito calmo” e a média e mediana indicaram que o local era apenas calmo. Quanto aos desvios padrões calculados, as variáveis idade, vizinhança e local calmo, indicaram que há uma distribuição de dados maior

que as variáveis: desvalorização do imóvel, localização, tamanho do imóvel e valor do imóvel.

TABELA 23 - RESULTADOS DAS MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL

	SEXO	IDADE	GRAU ESCOLARIDADE	INCOMODO RUÍDOS REGIÃO	RUÍDOS INCOMODAM MAIS	TEMPO RESIDÊNCIA	DURANTE O PERÍODO DA RESIDÊNCIA O RUÍDO	PERÍODO MAIOR PERMANÊNCIA RESIDÊNCIA	PERÍODO MAIOR INTERFERÊNCIA SONORA	PERÍODO SEMANA MAIOR INTERFERÊNCIA SONORA	ACREDITA INTERFERÊNCIA SONORA PREJUDICA SAÚDE	O QUE O RUÍDO LHE CAUSA	INTENÇÃO DE SE MUDAR DEVIDO RUÍDO	ATIVIDADE DENTRO DE CASA INTERFERÊNCIA RUÍDO	O RUÍDO PODE DESVALORIZAR O SEU IMÓVEL	MENSURAR INFLUENCIA LOCALIZAÇÃO	MENSURAR INFLUENCIA ÁREA ÚTIL	MENSURAR INFLUENCIA VALOR DO IMÓVEL	MENSURAR INFLUENCIA VIZINHANÇA	MENSURAR INFLUENCIA LOCAL CALMO	BAIRRO	
N	Válidos	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	397	
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Média	-	4,071	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,466	3,317	3,436	3,179	4,494	3,635	-	
	Interpretação média	41 a 50 anos														Pouquíssimo	Razoável	Razoável	Razoável	Muito	Muito	
	Mediana	-	4,000	3,000	-	-	2,000	3,000	-	-	-	-	-	-	,000	5,000	5,000	5,000	5,000	4,000	-	
	Interpretação mediana	41 a 50 anos		E. médio		Mais de 5 anos		Aumentou muito														
	Moda	1,0	6,0	3,0	1,0	,0	2,0	3,0	2,0	,0	,0	9,0	1,0	,0	,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	1,0	
	Interpretação moda	Feminino	61 a 70 anos	E. médio	Não	Tráfego de veículos	Mais de 5 anos	Aumentou muito	Todos os períodos	Noite	Durante a semana	Sim	Nada	Não	Dormir	Nada	Muitíssimo	Muitíssimo	Muitíssimo	Muitíssimo	Muitíssimo	Fanny
	Desvio Padrão	-	1,9385	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0809	2,2764	2,153	2,1825	1,1669	1,653	-	

4.3.1.3 Resultados das medidas de associação – correlações

Segundo Guilford (1965, p.91) “O progresso científico depende de se descobrir as coisas que estão correlacionadas e as que não o estão. Um coeficiente de correlação é um único número que nos diz até que ponto duas coisas estão relacionadas, isto é, até que ponto variações numa são acompanhadas de variações na outra”. Para o cálculo dos coeficientes de correlação foi necessário verificar primeiro o nível de mensuração correspondente a cada variável envolvida, visto que, para cada nível de mensuração podem ser calculados um ou mais coeficientes de correlação: assim o coeficiente “produto-momento” de Pearson deve ser aplicado a dados intervalares, o coeficiente de Spearman pode ser aplicado a dados ordinais e eventualmente a dados intervalares (GUILFORD, 1965) e o V de Cramer a dados nominais.

O coeficiente de correlação pode variar de +1.00, que significa correlação positiva perfeita, passando por zero, que significa perfeita independência ou nenhuma correlação, até -1.00, que significa correlação negativa perfeita. Se o quociente é positivo, com cada aumento de escore numa variável geralmente há também um aumento correspondente na outra e se o quociente é negativo, com cada diminuição de escore numa variável, há geralmente também uma diminuição na outra. Após o cálculo do coeficiente de correlação entre duas variáveis, é preciso verificar se a relação constatada na amostra é significativa, isto se é improvável que tenha ocorrido por obra do acaso. Para tanto, o pesquisador escolhe previamente um nível de significância, em que se fixa um valor *alfa*, geralmente $alfa = 0.05$ ou $alfa = 0.01$, que corresponde ao risco que se corre de rejeitar uma hipótese verdadeira ou aceitar uma hipótese falsa. O valor da probabilidade de se obter o efeito observado, dado que a hipótese nula é verdadeira, é chamado de p-valor. Se o valor do p-valor for menor que o nível de significância estipulado, assume-se o erro e rejeita-se a hipótese nula. Ao contrário, se o p-valor for maior, não é assumido o erro e se aceita a hipótese nula. No presente estudo adotou-se para *alfa* o valor de 0.05.

A (TABELA 24) apresenta as variáveis que foram correlacionadas neste estudo. A partir desta tabela os resultados dos quocientes de correlação

significativos (com H_0 rejeitada) foram divididos em três categorias: correlações moderadas, correlações fracas e correlações muito fracas.

- Correlações moderadas:
 - Item 22 – “*Incômodo com ruídos da região X Quais os ruídos que geram incômodos*” obteve uma correlação com valor de 0,403, com correlação positiva, ou seja, se o valor de uma variável cresce, automaticamente a outra variável também irá crescer;
 - Item 23 – “*Se o ruído prejudica a saúde X Sintomas e comportamentos associados ao ruído*” obteve uma correlação de 0,453, com correlação positiva;
 - Item 37 – “*Período do dia em que a interferência sonora é percebida X Período da semana em que a interferência sonora é percebida*” obteve uma correlação de 0,417, com correlação positiva.
- Correlações fracas:
 - Item 3 – “*Tempo de residência X Diagnóstico sobre o ruído no tempo de residência*” obteve uma correlação de 0,316, sendo uma correlação positiva;
 - Item 19 – “*Gênero X Período(s) do dia em que permanece na residência*” obteve uma correlação de 0,305, com correlação positiva;
 - Item 24 – “*Incômodo com ruídos da região X Intenção de se mudar devido ao ruído*” obteve uma correlação de 0,339, com correlação positiva;
 - Item 25 – “*Incômodo com ruídos da região X Atividades dentro de casa afetadas pelo ruído externo*” obteve uma correlação de 0,394, com correlação positiva;
 - Item 26 – “*Sintomas e comportamentos associados ao ruído X Intenção de se mudar devido ao ruído*” obteve uma correlação de 0,328, com correlação positiva;
 - Item 27 – “*Se o ruído prejudica a saúde X Intenção de se mudar devido ao ruído*” obteve uma correlação de 0,371, com correlação positiva;

- Item 30 – “*Bairro X Fontes sonoras que incomodam mais*” obteve uma correlação de 0,245, com correlação positiva;
- Item 38 – “*Período do dia em que a interferência sonora é percebida X Atividades dentro de casa afetadas pelo ruído externo*” obteve uma correlação de 0,215, com correlação positiva;
- Correlações muito fracas:
 - Item 10 – “*Grau de escolaridade X Influência localização*” obteve uma correlação de – 0,100, com correlação negativa, ou seja, quando uma variável cresce a outra variável decresce. Neste caso, se o grau de escolaridade cresce, a influência sobre a localização no momento da tomada de decisão da escolha do imóvel, não é tão importante, e vice versa;
 - Item 15 – “*Faixa etária X Opinião sobre vizinhança*” obteve uma correlação de 0,111, com correlação positiva;
 - Item 28 – “*Bairro X Incômodo com ruídos da região*” obteve uma correlação de 0,110, com correlação positiva;
 - Item 35 – “*Período(s) do dia em que permanece na residência X Período do dia que a interferência sonora é percebida*” obteve uma correlação de 0,195, com correlação positiva.

A (FIGURA 50) mostra um esquema das correlações significantes e as cores dos conectores indicam o grau de correlação, sendo assim: o conector preto indica correlação moderada, o conector laranja indica correlação fraca e o conector azul indica correlação muito fraca.

TABELA 24 - RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES DOS DADOS OBTIDOS NAS ENTREVISTAS

ITEM	PERGUNTA 1	PERGUNTA 2	TIPO DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	TIPO DE DADOS	VALOR CALCULADO - R	P-VALUE	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	H ₀	TITO DE CORRELAÇÃO	INTERPRETAÇÃO
1	Grau de escolaridade	Há quanto tempo reside neste endereço?	Spearman	Ordinal	-0,049	0,333	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
2	Grau de escolaridade	Durante o período em que você reside neste endereço o ruído:	Spearman	Ordinal	0,093	0,063	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
3	Há quanto tempo reside neste endereço?	Durante o período em que você reside neste endereço o ruído: Você acha que o ruído da região onde você reside pode desvalorizar o seu imóvel?	Spearman	Ordinal	0,316	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação
4	Há quanto tempo reside neste endereço?	Você acha que o ruído da região onde você reside pode desvalorizar o seu imóvel?	Spearman	Ordinal / Intervalar	-0,053	0,291	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
5	Durante o período em que você reside neste endereço o ruído:	Você acha que o ruído da região onde você reside pode desvalorizar o seu imóvel?	Spearman	Ordinal / Intervalar	0,022	0,669	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
6	Grau de escolaridade	Quando você ou sua família foi morar na sua residência, a localização foi um fator importante para a escolha do imóvel?	Spearman	Ordinal / Intervalar	-0,008	0,876	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
7	Grau de escolaridade	Quando você ou sua família foi morar na sua residência, a área foi um fator importante para a escolha do imóvel?	Spearman	Ordinal / Intervalar	0,037	0,466	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
8	Grau de escolaridade	Quando você ou sua família foi morar na sua residência, o valor do imóvel foi um fator importante para a escolha do imóvel?	Spearman	Ordinal / Intervalar	-0,035	0,488	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
9	Grau de escolaridade	Você considera a sua vizinhança:	Spearman	Ordinal / Intervalar	-0,01	0,849	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
10	Grau de escolaridade	Você considera o local: Você acha que o ruído da região onde você reside pode desvalorizar o seu imóvel?	Spearman	Ordinal / Intervalar	-0,1	0,047	0,05	Rejeita	Correlação negativa	Muito fraca correlação
11	Idade	Quando você ou sua família foi morar na sua residência, a localização foi um fator importante para a escolha do imóvel?	Pearson	Intervalar	0,026	0,602	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
12	Idade	Quando você ou sua família foi morar na sua residência, a área foi um fator importante para a escolha do imóvel?	Pearson	Intervalar	-0,057	0,256	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
13	Idade	Quando você ou sua família foi morar na sua residência, o valor do imóvel foi um fator importante para a escolha do imóvel?	Pearson	Intervalar	-0,029	0,57	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
14	Idade	Quando você ou sua família foi morar na sua residência, o valor do imóvel foi um fator importante para a escolha do imóvel?	Pearson	Intervalar	0,007	0,896	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
15	Idade	Você considera a sua vizinhança:	Pearson	Intervalar	0,111	0,027	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Muito fraca correlação
16	Idade	Você considera o local:	Pearson	Intervalar	0,048	0,338	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
17	Sexo	Sente incôdo com os ruídos da região onde reside?	V de Cramer	Nominal	0,02	0,687	0,05	Aceita	Correlação negativa	Dados aleatórios não significantes
18	Sexo	Quais os ruídos da região onde você reside que mais incomodam no dia-a-dia?	V de Cramer	Nominal	0,169	0,18	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
19	Sexo	Qual o período ou períodos do dia em que sua permanência é maior na sua residência?	V de Cramer	Nominal	0,305	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação
20	Sexo	Percebe maior interferência sonora em qual período do dia?	V de Cramer	Nominal	0,12	0,574	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
21	Sexo	Percebe maior interferência sonora em qual período da semana?	V de Cramer	Nominal	0,06	0,985	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes

22	Sente incômodo com os ruídos da região onde reside? Você acredita que a interferência sonora possa vir a prejudicar a sua saúde?	Quais os ruídos da região onde você reside que mais incomodam no dia-a-dia?	V de Cramer	Nominal	0,403	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Moderada correlação
23		O que o ruído lhe causa?	V de Cramer	Nominal	0,453	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Moderada correlação
24	Sente incômodo com os ruídos da região onde reside?	Já teve a intenção de se mudar para outro local devido ao incômodo causado pelo ruído proveniente da região que circunda a sua residência?	V de Cramer	Nominal	0,339	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação
25	Sente incômodo com os ruídos da região onde reside?	Qual a atividade exercida dentro da sua residência que é mais diretamente afetada pelos ruídos provenientes da área externa?	V de Cramer	Nominal	0,394	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação
26	O que o ruído lhe causa?	Já teve a intenção de se mudar para outro local devido ao incômodo causado pelo ruído proveniente da região que circunda a sua residência?	V de Cramer	Nominal	0,328	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação
27	Você acredita que a interferência sonora possa vir a prejudicar a sua saúde?	Já teve a intenção de se mudar para outro local devido ao incômodo causado pelo ruído proveniente da região que circunda a sua residência?	V de Cramer	Nominal	0,371	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação
28	Bairro	Sente incômodo com os ruídos da região onde reside?	V de Cramer	Nominal	0,11	0,028	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Muito fraca correlação Dados aleatórios não significantes
29	Bairro	Sexo	V de Cramer	Nominal	0,016	0,751	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
30	Bairro	Quais os ruídos da região onde você reside que mais incomodam no dia-a-dia?	V de Cramer	Nominal	0,245	0,02	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação
31	Bairro	Você acredita que a interferência sonora possa vir a prejudicar a sua saúde?	V de Cramer	Nominal	0,014	0,786	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
32	Bairro	O que o ruído lhe causa?	V de Cramer	Nominal	0,134	0,718	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
33	Bairro	Já teve a intenção de se mudar para outro local devido ao incômodo causado pelo ruído proveniente da região que circunda a sua residência?	V de Cramer	Nominal	0,022	0,662	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
34	Bairro	Qual a atividade exercida dentro da sua residência que é mais diretamente afetada pelos ruídos provenientes da área externa?	V de Cramer	Nominal	0,158	0,275	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
35	Qual o período ou períodos do dia em que sua permanência é maior na sua residência?	Percebe maior interferência sonora em qual período do dia?	V de Cramer	Nominal	0,195	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Muito fraca correlação
36	Qual o período ou períodos do dia em que sua permanência é maior na sua residência?	Percebe maior interferência sonora em qual período da semana?	V de Cramer	Nominal	0,129	0,569	0,05	Aceita	Correlação positiva	Dados aleatórios não significantes
37	Percebe maior interferência sonora em qual período do dia?	Percebe maior interferência sonora em qual período da semana?	V de Cramer	Nominal	0,417	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Moderada correlação
38	Percebe maior interferência sonora em qual período do dia?	Qual a atividade exercida dentro da sua residência que é mais diretamente afetada pelos ruídos provenientes da área externa?	V de Cramer	Nominal	0,215	0	0,05	Rejeita	Correlação positiva	Fraca correlação

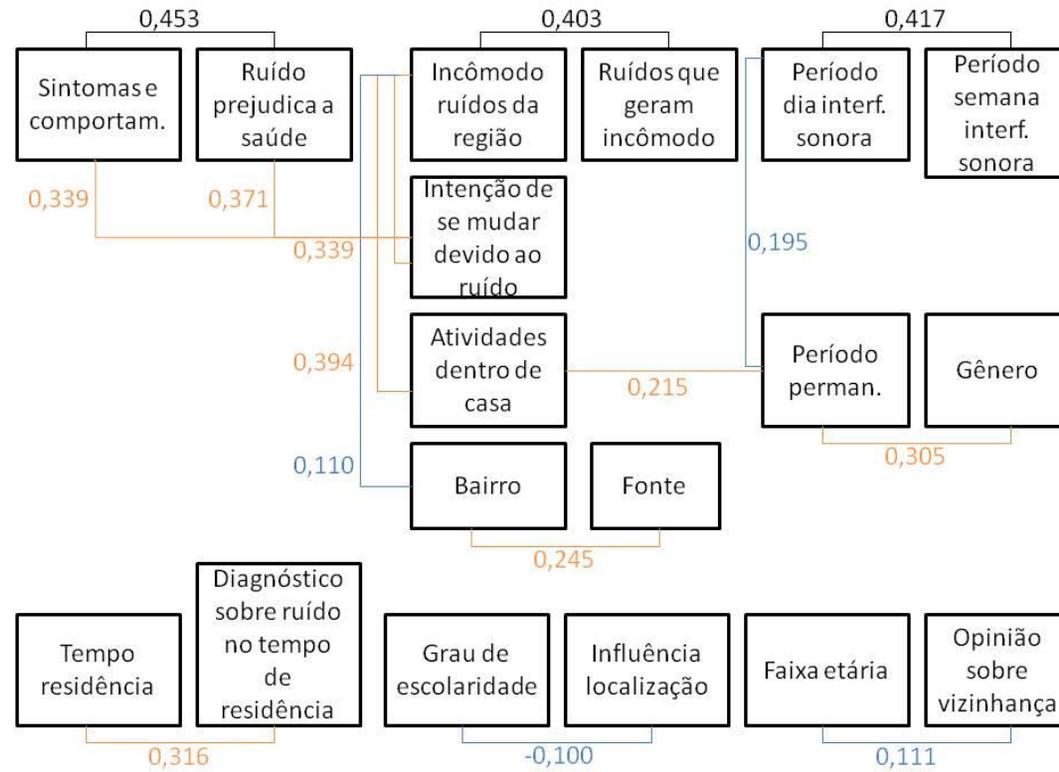


FIGURA 50 - ESQUEMA DE CORRELAÇÕES SIGNIFICANTES DAS VARIÁVEIS DO QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO SONORA

4.3.1.4 Discussão dos resultados na análise descritiva

Segundo os resultados obtidos na análise descritiva, a amostra analisada foi predominantemente do bairro Vila Fanny, composta em grande parte por um público feminino, em uma faixa etária de 41 a 70 anos de idade, estes sendo aposentados, que vivem há mais de cinco anos na área de estudo. Adicionalmente as respostas obtidas nas entrevistas, grande parte dos entrevistados informou que vivem na região há mais de 40 anos, portanto acompanharam o desenvolvimento da região e por estes motivos, informaram que não sentem que os níveis de ruídos atuais incomodem, porém os informantes indicaram que os ruídos produzidos na região aumentaram que podem ser notados mais durante a semana, no período da noite e que tais ruídos podem ser prejudiciais à saúde. Os principais sintomas, atrelados a exposição de ruídos, sentidos pelos informantes são irritabilidade e insônia. Segundo um dos manuais produzidos pelo governo australiano para práticas de desenvolvimento sustentável – *Leading Practice in Sustainable Development Handbook Series: Air Contaminants, Noise and Vibration* – o sintoma psicológico de irritação sempre tem associação com os distúrbios do sono, quando se referem aos sintomas atrelados ao ruído e coincidentemente, na presente dissertação, a atividade relatada sendo a mais afetada pelos ruídos externos dentro das residências é o ato de dormir. Pelo fato dos informantes ainda não se incomodarem com os ruídos da região, os mesmos acreditam que tais ruídos não possam desvalorizar os imóveis da região e também não sentem vontade de se mudar dos locais onde vivem. A grande maioria dos entrevistados acha que a vizinhança dos locais onde vivem é muito boa e fatores como: valor, tamanho do imóvel, além da localização foram fatores primordiais no momento em que estes informantes foram morar na área de estudo em questão.

Sobre as correlações fracas obtidas no estudo de percepção sonora, o autor João Marroco (2006) introduz em seu artigo que quanto maior a variância entre os itens, maior a correlação entre os mesmos e vice-versa. O índice alfa de Cronbach é sensivelmente ligado à soma das variâncias entre os itens, ou seja, quanto menor a soma desses itens, maior será o alfa de Cronbach. Logo se conclui que as correlações devem ser fracas para se obter um alfa de Cronbach aceitável.

Neste estudo o alfa de Cronbach obtido para o questionário de percepção sonora foi de 0,87, sendo um grau de consistência interna elevado. Ou seja, não houve grande variância entre os itens, portanto as correlações moderadas, fracas e muito fracas entre os itens condizem com a informação preconizada por Marroco (2006).

4.3.2 Resultados da análise estatística multivariada

O resultado obtido na análise fatorial ajudará a reduzir o número de variáveis subjetivas que serão confrontadas com a variável objetiva (medição sonora) através de regressão logística multinomial (item 4.4.1).

4.3.2.1 Resultados da análise fatorial

Para determinar quantos fatores serão extraídos das variáveis originais, deve-se calculá-los através da seguinte equação (FERREIRA, 2008):

$$m = \frac{2p+1 \pm \sqrt{8p+1}}{2} \quad (4.2)$$

Onde,

m = Número de fatores;

p = Quantidade de variáveis.

Ao substituírmos na equação (4.2) a quantidade de variáveis por 21, já está a quantidade de perguntas do questionário de percepção sonora, obtemos os seguintes resultados:

$$m = \frac{2*21+1 \pm \sqrt{8*21+1}}{2}$$

$$m' = \frac{43 + \sqrt{169}}{2} = 28 \quad m'' = \frac{43 - \sqrt{169}}{2} = 15$$

Como a quantidade de fatores não pode ser superior à quantidade de variáveis, para o presente estudo foram extraídos 15 fatores (cargas fatoriais).

A análise fatorial foi realizada com o auxílio de um algoritmo elaborado no *software* Matlab, conforme descrito no item 3.5. Os resultados gerados através da inserção da matriz de dados e execução do cálculo através do algoritmo. Nos apêndices 3 e 4 estão representadas as matrizes que auxiliaram na obtenção do resultado da Análise Fatorial. Um dos resultados gerados nos apêndices 3 e 4 são as comunalidades, que são as somas dos quadrados de cada carga fatorial. No

presente estudo, tem-se inicialmente 15 cargas fatoriais provenientes das 21 variáveis originais, demonstrado na (TABELA 25).

TABELA 25 - DEMONSTRAÇÃO DAS 15 CARGAS FATORAIS PROVENIENTES DAS VARIÁVEIS ORIGINAIS DE 21 COMPONENTES

VARIÁVEIS	COMUNALIDADES	PARTICIPAÇÃO %	PARTICIPAÇÃO % ACUMULADA
V1	0,0173	0,02	0,02
V2	3,7571	5,26	5,28
V3	3,1821	4,45	9,73
V4	0,0788	0,11	9,84
V5	7,3347	10,26	20,11
V6	0,1073	0,15	20,26
V7	2,4562	3,44	23,69
V8	1,5771	2,21	25,90
V9	3,7980	5,31	31,21
V10	4,5217	6,33	37,54
V11	0,0647	0,09	37,63
V12	12,6148	17,65	55,28
V13	0,0409	0,06	55,34
V14	8,9106	12,47	67,81
V15	4,3295	6,06	73,86
V16	5,1818	7,25	81,11
V17	4,6344	6,48	87,60
V18	4,7632	6,66	94,26
V19	1,3593	1,90	96,16
V20	2,7301	3,82	99,98
V21	0,0113	0,02	100,00

Segundo Schwab (2007), as comunalidades representam a proporção da variância para cada variável incluída na análise que é explicada pelos componentes extraídos. Entretanto, variáveis com comunalidade abaixo de 0,50 devem ser excluídas e os fatores comuns devem ser extraídos novamente.

Ajustando-se as variáveis de forma que as comunalidades resultassem em valores acima de 0,5 e que a variância acumulada dos fatores explicasse da melhor maneira possível, a totalidade das variáveis do questionário, extraiu-se novamente e por fim 12 variáveis com 7 fatores em comum em 3 graus de liberdade (TABELA 26). Tomou-se o cuidado para manter a numeração original das variáveis que permaneceram na análise.

TABELA 26 - COMUNALIDADES AJUSTADAS E EXTRAÇÃO DE 7 FATORES COMUNS

VARIÁVEIS	COMUNALIDADES	PARTICIPAÇÃO %	PARTICIPAÇÃO % ACUMULADA
V2	2,7911	5,11	5,11
V3	1,0751	1,97	7,08
V5	7,2170	13,22	20,30
V9	2,5240	4,62	24,93
V10	3,5867	6,57	31,50
V12	12,5949	23,07	54,57
V14	8,8743	16,26	70,83
V15	4,1510	7,60	78,43
V16	3,4435	6,31	84,74
V17	3,7356	6,84	91,59
V18	3,8695	7,09	98,67
V20	0,7234	1,33	100,00

A variância dos autovalores gerados destas 12 novas variáveis demonstrou que os 7 fatores comuns representam 83,2812% da variância total do questionário, demonstrado na (TABELA 27).

TABELA 27 - PROPORÇÃO DA VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA PELOS COMPONENTES PRINCIPAIS MENSURADA DE FORMA INDIVIDUAL E CUMULATIVA DE 12 COMPONENTES

COMPONENTES	AUTOVALORES	%EXPLICADO	%ACUMULADO
Y1	17,0352	25,9032975	25,90329752
Y2	10,6921	16,2581389	42,1614364
Y3	7,6065	11,566253	53,72768936
Y4	6,1531	9,35624941	63,08393878
Y5	5,69	8,65207118	71,73600995
Y6	4,025	6,12031397	77,85632392
Y7	3,5677	5,42495507	83,28127899
Y8	2,9855	4,53967636	87,82095535
Y9	2,6971	4,10114256	91,92209791
Y10	2,2561	3,43056903	95,35266694
Y11	2,0298	3,08646293	98,43912987
Y12	1,0265	1,56087013	100

Na (TABELA 26) ficaram bem evidentes quais as principais variáveis do questionário de percepção sonora, a saber:

- Variável 5: Quais os ruídos que mais incomodam no dia-a-dia?

- Variável 10: Percebe maior interferência sonora em qual período da semana?
- Variável 12: O que o ruído lhe causa?
- Variável 14: Qual atividade exercida dentro de sua residência que é mais diretamente afetada pelos ruídos provenientes da área externa?
- Variável 15: Você acha que o ruído da região onde reside pode desvalorizar o seu imóvel?
- Variável 17: Quando você ou sua família foi morar em sua residência, o tamanho do imóvel foi um fator importante para a escolha do imóvel?
- Variável 18: Quando você ou sua família foi morar em sua residência, o valor do imóvel foi um fator importante para a escolha do imóvel?

4.3.2.2 Discussão dos resultados da estatística multivariada

O resultado da análise fatorial indicou que existem fatores comuns que envolvem: a percepção do ruído no dia-a-dia (variáveis 5 e 10), os comportamentos e sintomas atrelados ao ruído (variáveis 12 e 14) e as características socioeconômicas (variáveis 15,17 e 18). Portanto as características demográficas como: gênero, idade, grau de escolaridade não atribuem fatores comuns na amostra estudada, tornando-se fatores dispensáveis para caracterizar a percepção sonora do local.

É importante saber quais os fatores que levaram o morador da região estudada a fixar a sua permanência em tal região, por este motivo as características socioeconômicas são imprescindíveis, assim como, se o morador, através da percepção sonora, se incomoda com os ruídos e quando ele os percebe com maior frequência no decorrer da semana, produzindo ou não sintomas e reações, geralmente notadas com maior frequência em determinadas atividades realizadas dentro de casa. Portanto, as variáveis que sintetizam os fatores comuns deste estudo possuem uma lógica e ajudam a interpretar melhor os resultados obtidos neste estudo.

4.4 RESULTADOS DA CONFRONTAÇÃO DOS DADOS OBJETIVOS COM OS DADOS SUBJETIVOS

Para a realização da confrontação dos dados objetivos (medições sonoras) com os dados subjetivos (entrevistas de percepção sonora), foi realizada uma Regressão Logística Multinomial. Os Resultados da Regressão Logística Multinomial (item 4.4.1), indicam quanto as variáveis independentes conseguem explicar a variável dependente. Para finalizar o capítulo dos resultados há uma discussão sobre a confrontação dos dados objetivos com os dados subjetivos (item 4.4.2).

4.4.1 Resultados da Regressão Logística Multinomial

Para realizar a Regressão Logística Multinomial, foi necessário utilizar o resultado da Análise Fatorial (item 4.3.2.1), onde foram reduzidas as variáveis subjetivas que representam os principais fatores do questionário de percepção sonora. Foi adicionada a variável “medição sonora” como um dos parâmetros analisados, possibilitando a confrontação dos dados subjetivos com os dados objetivos. Para melhor ajuste ao modelo, foi retirada a variável: Percebe maior interferência sonora em qual período da semana?

Ao se analisar as variáveis disponíveis para os parâmetros deste tipo de regressão verificaram-se que a variável “O que o ruído lhe causa?” (sintomas e reações), é a variável que mais se ajusta como variável dependente, já que esta variável informa os efeitos obtidos através da percepção dos ruídos.

Para a realização dos cálculos da Regressão Logística Multinomial, foi utilizado o *software* estatístico SPSS e optou-se por não hierarquizar as variáveis independentes estudadas.

O software estatístico SPSS calcula modelos de ajuste de informações que ajudam a verificar através de testes de taxa de verossimilhança se o modelo nulo (só com a constante) e o modelo final completo (com todas as variáveis independentes) estão adequados.

Através do teste de Qui-quadrado obteve-se que $G^2(480) = 758,784$ para um $p = 0,000$, portanto, rejeita-se a hipótese nula de que o modelo não é significativo para os níveis habituais de significância e pode-se concluir que existe pelo menos

uma variável independente que influencia significativamente a variável dependente (sintomas e reações atrelados ao ruído).

A eficiência do ajuste do modelo é medida através de testes de significância dos testes do Qui-quadrado e do Desvio. Uma vez que $X^2(3140) = 1746,234$; $p = 1,000$ e $D(3140) = 787,838$; $p = 1,000$ não rejeitamos as hipóteses nulas de que o modelo se ajusta apropriadamente aos dados. Neste teste os valores esperados devem ser próximos os observados, portanto este teste indica que a eficiência do ajuste do modelo é muito alta, já que os p-valores indicaram 100%.

Segundo Maroco (2007) a Regressão Logística Multinomial disponibiliza três tipos de resultados, sendo: R^2 de Cox e Snell (baseada na função de verossimilhança), R^2 de Nagelkerke (variação estatística proposta por Cox e Snell buscando assegurar uma variação entre zero e um) e R^2 de McFadden (que indica o ajuste do modelo, sendo que valores acima de 0,4 indicam que o modelo está ajustado).

No presente estudo obtiveram-se os seguintes resultados:

- R^2 de Cox e Snell = 0,852
- R^2 de Nagelkerke = 0,867
- R^2 de McFadden = 0,472

O modelo indica que somente podem ser explicados 85,2% das interdependências entre as variáveis independentes com a variável dependente. Ou seja, para as respostas subjetivas e valores de níveis sonoros obtidos neste estudo, apenas em 85,2% dos casos existia uma relação com a variável “sintomas e reações”.

O resultado também indicou que as variáveis estão bem ajustadas para este tipo de modelo, pois o resultado do R^2 de McFadden foi superior a 0,4.

Os resultados dos testes de rácio de verossimilhança para cada uma das variáveis independentes são analisados separadamente e informam se há relação com a variável dependente.

A linha "Intercept" é constante e sempre apresentará resultado nulo no Qui-quadrado, por ser constante, esta não afeta a significância das variáveis independentes do modelo.

Como pode se observar na (TABELA 28) o grau de significância de todas as variáveis independentes é nulo, portanto, rejeita-se a hipótese nula em todos os casos, indicando que há relação de todas as variáveis com a variável dependente “sintomas e reações”.

TABELA 28 - TESTES DE RACIO VEROSSIMILHANÇA

EFEITO	CRITÉRIO DE AJUSTE DO MODELO		TESTES DE RACIO VEROSSIMILHANÇA		
	-2LOG VEROSSIMILHANÇA NA REDUÇÃO DO			gl.	Sig.
	MODELO	QUADRADO	QUI-		
Intercept	$8,177 \times 10^2$	,000	0		.
Atividade na qual o ruído atrapalha	$2,212 \times 10^3$	$1,395 \times 10^3$	80		0,000
Fonte sonora que incomoda mais	$1,281 \times 10^3$	463,019	80		0,000
Desvalorização imobiliária causada pelo ruído	$9,883 \times 10^2$	170,633	50		0,000
Influência do valor no imóvel	$1,087 \times 10^3$	269,242	50		0,000
Influência do tamanho do imóvel	$1,375 \times 10^3$	557,773	40		0,000
Dia da semana mais ruidoso	$9,837 \times 10^2$	166,001	70		0,000
Nível sonoro	$1,316 \times 10^3$	498,064	110		0,000

A partir destes resultados verificou-se o modelo ajustado e resumiram-se os resultados categóricos significativos com p-valor aceitável de até 0,10. Assim podemos observar na (TABELA 29) a representatividade das categorias de cada variável independente e concluir quais são os principais fatores que influenciam nos sintomas e reações atrelados ao ruído.

TABELA 29 - COEFICIENTES DO MODELO MULTINOMIAL QUE RELACIONA OS SINTOMAS E REAÇÕES ATRELADOS AO RUÍDO COM AS CATEGORIAS DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SIGNIFICATIVAS

SINTOMA	VAR. INDEP.	B	ERRO-PADRÃO	X ² -WALD	gl.	P-VALOR	e ^B	I.C a 95% PARA e ^B
Insônia	Dormir	7,119	2,616	7,403	1	0,007	1235,4	]7,323; 208431,043[
	Assistir tv ou ouvir música	6,978	2,815	6,142	1	0,013	1072,2	]4,303; 267213,460[
	Influência mediana	-	4,442	2,243	3,921	1	0,048	0,012	]0;0,956[

	valor imóvel								
Perda de concentração	Dormir	4,87	2,761	3,111	1	0,078*	130,3	]0,582; 29223,714[
	Assistir tv ou ouvir música	6	2,971	4,080	1	0,043	403,5	]1,195; 136321,613[
	Influência mediana valor imóvel	-6,79	2,645	6,590	1	0,01	0,001	]0;0,201[
Dor de cabeça	Assistir tv ou ouvir música	6,336	3,020	4,401	1	0,036	564,4	]1,516; 210139,503[
	Não acredita em desvalorizaçã o imobiliária	3,473	1,916	3,284	1	0,07*	32,2	]0,753; 1378,327[
	Influência mediana valor imóvel	-	3,922	2,358	2,767	1	0,096*	0,020]0;2,012[
Irritabilidade	Assistir tv ou ouvir música	4,576	2,449	3,490	1	0,062*	97,0	]0,799; 11799,377[
	Influência mediana valor imóvel	-	4,417	2,247	3,866	1	0,049	0,012]0;0,986[
Agitação	Influência mediana valor imóvel	-	7,253	3,735	3,770	1	0,052*	0,001]4,865x10 ⁻⁷ ; 1,071[
Nervosismo	Influência mediana valor imóvel	-	4,721	2,369	3,972	1	0,046	0,009]0;0,925[
Obriga-se a falar mais alto	Não acredita em desvalorizaçã o imobiliária	4,834	1,890	6,543	1	0,011	125,7	]3,096; 5108,724[
	Influência mediana valor imóvel	-	4,814	2,368	4,133	1	0,042	0,008]0;0,841[
Nada	Não acredita em desvalorizaçã o imobiliária	3,744	1,826	4,205	1	0,04	42,2	]1,180; 1513,815[
	Influência mediana valor imóvel	-	7,268	2,411	9,084	1	0,003	0,001]0;0,079[

Legenda: * p-valor maior que 0,05 e menor que 0,10.

O ruído proporciona incômodo na hora de dormir acarretando em insônia ($b_{\text{dormir}} = 7,119$; $p = 0,007$) e é significativo com p-valor abaixo de 0,10 no quesito perda de concentração quando o entrevistado pretende dormir ($b_{\text{dormir}} = 4,87$; $p = 0,078$).

O entrevistado sente o ruído afeta no momento de assistir tv ou ouvir música quanto sente os seguintes sintomas e reações: quando está com insônia ($b_{tv \text{ e música}} = 6,978$; $p = 0,013$), seguido de quando sente dor de cabeça ($b_{tv \text{ e música}} = 6,336$; $p = 0,036$). quando tem a sua concentração afetada ($b_{tv \text{ e música}} = 6,000$; $p = 0,043$) e quando está irritado ($b_{tv \text{ e música}} = 4,576$; $p = 0,062$), este último considerando-se o p-valor significativo até 0,10.

Pessoas que informaram que o valor do imóvel é um fator de importância mediana na escolha do imóvel na hora que decidiram viver na região de estudo informaram que a interferência dos ruídos proporciona os seguintes sintomas e reações: dor de cabeça ($b_{\text{influência med. no valor}} = -3,922$; $p = 0,096$) sendo significativo quando o p-valor for até 0,10; irritabilidade ($b_{\text{influência med. no valor}} = -4,417$; $p = 0,049$); insônia ($b_{\text{influência med. no valor}} = -4,442$; $p = 0,048$); nervosismo ($b_{\text{influência med. no valor}} = -4,721$; $p = 0,046$); obriga-se a falar mais alto ($b_{\text{influência med. no valor}} = -4,814$; $p = 0,0482$); perda de concentração ($b_{\text{influência med. no valor}} = -6,79$; $p = 0,01$); agitação ($b_{\text{influência med. no valor}} = -7,253$; $p = 0,052$) sendo este também significativo quando o p-valor for até 0,10 e por fim; nada ($b_{\text{influência med. no valor}} = -7,268$; $p = 0,003$).

Pessoas que informaram não acreditam na desvalorização dos seus imóveis devido aos ruídos da região relataram que sentem os seguintes sintomas e reações em relação ao ruído: obriga-se a falar mais alto ($b_{\text{não desvaloriza}} = 4,834$; $p = 0,011$); nada ($b_{\text{não desvaloriza}} = 3,744$; $p = 0,04$) e dor de cabeça ($b_{\text{não desvaloriza}} = 3,473$; $p = 0,07$) este último é significativo quando o p-valor for até 0,10.

A partir destes resultados observou-se que os entrevistados relataram que os ruídos da região interferem em algumas atividades como na hora de dormir e na hora de assistir tv ou ouvir música. E os sintomas e reações mais relatados foram: a insônia, a dor de cabeça e a irritabilidade atrelada ao ruído.

4.4.2 Discussão dos resultados da confrontação dos dados objetivos com os dados subjetivos

A explicação de 85,2% dos sintomas e reações dos informantes através de variáveis (níveis sonoros, fontes sonoras, atividades que foram prejudicadas por ruídos externos, opinião sobre a possibilidade ou não de desvalorização imobiliária devido ao ruído da região, influência do valor e tamanho do imóvel na escolha do

mesmo) atendeu satisfatoriamente as expectativas deste estudo, já que a comparação de dados qualitativos e quantitativos para a obtenção de um diagnóstico sonoro de uma região envolve muitos fatores subjetivos, que influenciam na definição da percepção da paisagem sonora da mesma.

Ficou claro que os ruídos afetam os entrevistados em atividades como dormir e assistir tv ou ouvir música. Em tais atividades os mesmos informaram que a concentração fica debilitada e há a ocorrência de dor de cabeça além de irritabilidade associada ao ruído. Estas ocorrências foram relatadas com maior frequência por entrevistados que informaram que o valor do imóvel é um fator mediano na tomada de decisão na escolha do mesmo no momento da aquisição do imóvel, bem como por pessoas que não acreditam que os ruídos da região onde vivem possam desvalorizar os imóveis da região. Estes fatores indicam que se devem aprofundar os estudos sobre a influência socioeconômica na percepção sonora do ambiente e as repercussões na qualidade de vida dos moradores.

CONCLUSÕES

O presente estudo se propôs a caracterizar a poluição sonora em um trecho da Linha Verde em Curitiba, através de medições e mapeamento sonoro e entrevistas de percepção sonora.

Diante dos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que existem regiões poluídas acusticamente na área de estudo, como em toda extensão da Linha Verde, Rua Maestro Francisco Antonello e em um ponto da Rua Major Vicente de Castro. Porém mais que a metade dos entrevistados não se incomoda com os ruídos da região, mesmo notando que os ruídos aumentaram a sua intensidade com o passar dos anos.

O mapeamento sonoro indicou que as fachadas das residências que se localizam nas vias poluídas acusticamente, recebem ruídos com níveis sonoros superiores a 70 dB(A), fato que contribui para as perdas auditivas e demais problemas atrelados ao ruído.

Os entrevistados que compõem a parcela da amostra que não se queixa de incômodo com os ruídos na região onde vivem, tem uma predominância da faixa etária entre 41 e 70 anos de idade, sendo compostas por uma grande maioria de mulheres, estas sendo donas de casa ou aposentadas. Outro fator que chamou a atenção foi que esta parcela de entrevistados tem uma maior concentração de pessoas que estudaram somente até o nível médio, logo o fator grau de instrução influencia no senso crítico sobre a percepção sonora.

Nota-se também que a grande maioria da amostra analisada reside a mais de cinco anos na área de estudo e houve vários relatos dos residentes, informando que a população dos bairros analisados compõe-se predominantemente por idosos, pois estes se estabeleceram na região há mais de 40 anos e acompanharam o desenvolvimento socioeconômico da localidade, e por este motivo, não tem intenção de se mudar da região já que atualmente é vantajoso viver na região estudada.

Durante a análise de resultados, verificou-se que foi possível explicar 85,2% dos sintomas e reações atrelados aos ruídos, através da associação da percepção sonora com os dados de nível de pressão sonora equivalentes coletados em campo. Assim foi possível confirmar que fatores subjetivos influenciam na definição da percepção da paisagem sonora, tendo em vista que os informantes que não acreditam na desvalorização dos seus imóveis devido aos ruídos da região, relataram com frequência alguns sintomas e reações atrelados aos ruídos, além de atividades exercidas dentro de casa que são afetadas pelos níveis sonoros provenientes de áreas externas.

Este estudo conseguiu comprovar que é possível realizar um diagnóstico da paisagem sonora através de medições e mapeamentos sonoros e principalmente através de entrevistas de percepção sonora.

RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Ao se realizar este estudo verificou-se que existem campos a serem explorados tanto na área de estudo, quanto nos métodos utilizados para a obtenção de dados, portanto recomendam-se em estudos futuros as seguintes análises:

- Realização de medições sonoras e contagem do fluxo de veículos em durações maiores, para minimizar os erros nas medições sonoras e na simulação sonora;
- Realização de monitoramentos sonoros nos demais períodos do dia;
- Realização de entrevistas de percepção sonora nas áreas dos bairros Vila Hauer e Xaxim;
- Realização de entrevistas em outras épocas do ano, para verificar a influência climática na resposta do entrevistado em relação aos ruídos;
- Adoção de outros modelos estatísticos para a confrontação de dados subjetivos com dados objetivos, estimando um grau de explicação maior dos dados;
- Utilização de outros equipamentos, como o microfone Binaural, para obtenção de dados objetivos suplementares para a confrontação com os demais dados subjetivos;
- Adicionar mais perguntas socioeconômicas e perguntas sobre a saúde do entrevistado nos questionários de percepção sonora para refinar melhor o estudo de percepção.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRY, F. G. **O Problema do Ruído Industrial e seu Controle**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1978.

ALVES FILHO, J. M.; LENZI, A.; ZANNIN, P. H. T. Effects of traffic composition on Road noise: a case study. **Transportation Research Part D**, v. 9, p. 75 – 80, 2004.

ANDERSON, C. M. B. The measurement of attitude to noise and noises. **Acoustics Report**. AC 52. Teddington, Middx: National Physical Laboratory, 1971.

AMERICAN NATIONAL STANDARD – ANSI. **Specification for Sound Level Meters**. American National Standards Institute Inc., ANSI S1.4 – 1983, New York, 1983.

AMERICAN NATIONAL STANDARD – ANSI. **Specification for Octave Filters**. American National Standards Institute Inc., ANSI S1.11–1986, New York, 1986.

ASENSIO, C.; RECUERO, M.; RUIZ, M.; AUSEJO, M.; PAVÓN, I. Self-adaptive grids for noise mapping refinement. **Applied Acoustics**, n.72, p. 599 – 610, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-10.152**: Níveis de Ruído para Conforto Acústico. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-10.151**: Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o Conforto da Comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. Department of Resources, Energy and Tourism. **Leading Practice in Sustainable Development Handbook Series**: Air

Contaminant, Noise and Vibration. Disponível em: <http://www.ret.gov.au/resources/resources_programs/lpsdpmining/handbooks/Pages/default.aspx#air>, Acessado em 21/12/11.

BARBETTA, A. P. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. 5 ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2002.

BARON, R. **The tyranny of noise**. New York: St. Martin's Press, 1970.

BECKER, H.S. **Métodos de pesquisa em Ciências Sociais**. Tradução de: ESTEVÃO, M., 3 ed., São Paulo: Editora Hucitec, 1994.

BERANEK, L. L. **Noise Reduction**. 1 ed. New York: McGraw-Hill, 758 p., 1960.

BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. **Noise and Vibration Control Engineering – Principles and Applications**. 4 ed. New York: Wiley Interscience Publication, 823 p., 1992.

BERANEK, L. L. **Acoustical Measurements**. 3 ed. Massachusetts: Acoustical Society of America and American Institute of Physics, 855 p., 1993.

BERGLUND, B. LINDVALL T. Center for Sensory Research Stockholm. **Community noise**. Stockholm, Sweden: JannesSnabbtryck, 1995.

BERRIEN, F.K. The effects of noise. **Psychological Bull.**, n. 43, p. 141 – 161, 1946.

BIES, D. A.; HANSEN, C. H. **Engineering Noise Control: Theory and Practice**. 2 ed. New York: Spon Press – Taylor & Francis Group, 736 p., 2002.

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

BITE, M.; DOMBI, I.; BITE, P. Strategic noise mapping experiences in Hungary. **Anais: Rio Internoise** – Environmental Noise Control. The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering. Rio de Janeiro, Brasil, 07 – 10/08/2005.

BLANCO, J. C.; FLINDELL I. Property prices in urban areas affected by road traffic noise. **Applied Acoustics**, v. 72, n.4, p. 133-141, 2011.

BRAVO, M. A. M; FERNANDEZ, A. I. T.; PUGA, J. E. A.; GARIBAY, V. G. Estudio de la percepción del ruído por los ciudadanos: relaciones dosis-efecto. **Tecniacústica 2010 León**, v. 41, n.3 e 4, pags. 13 – 20, 2010

BROWN, A.L.; LAM, K.C. Urban noise surveys. **Applied Acoustics**, n. 20, p. 23–39, 1987.

BRÜEL & KJAER. **Schallmessung**. Nærum, Dänemark, 1984.

BRÜEL & KJAER. **Technical Documentation: PredictorType 7810 – User Manual** Version 5.0. Nærum, Dänemark, 2005.

BUNN, F. **Avaliação do impacto da poluição sonora no trecho sul da Linha Verde**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BURGESS, M.A. **Noise prediction for urban traffic conditions-related to measurements in the Sydney Metropolitan Area**. **Applied Acoustics**, n. 10. p. 1-7, 1977.

CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; ZANNIN, P. H. T. **Análise do ruído de trafego de veículos em rodovias situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba.** In II Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações, 2002, Rio de Janeiro. v. 1. p. 73-79.

CALIXTO, A.; PULSIDES, C.; ZANNIN, P. H. T. **Evaluation of transportation noise in urbanized areas** - A case study. Archives of Acoustics, v. 33, p. 185-199, 2008.

CALLEGARI-JAQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações.** Porto Alegre: Artmed, 2003.

CHO, D. S.; KIM, J. H.; CHOI, T. M.; KIM, B. H.; MANVELL, D. Highway traffic prediction using method fully compliant with ISO 9613: comparison with measurements. **Applied Acoustics**, n. 65, p. 883-892, 2004.

CONES, J.D.; HAYES, S.C. **Environmental problems / behavioral solutions.** New York: Cambridge University Press, 1984.

Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA), **Resolução 001**, Brasília, 1990.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil.** São Paulo: Saraiva, 1998.

CRONBACH, L. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, n. 16, p. 237 – 297, 1951.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. Frota de veículos no Brasil em 2011. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>, Acesso em: 12/01/12.

DINIZ, F. B.; ZANNIN, P. H. T. **Noise Impact caused by electrical energy substations in the city of Curitiba, Brazil.** Science of the Total Environment, v. 328, n.1, p. 23-31, 2004.

DOYGUN, H.; GURUN, D. K. Analysing and mapping spatial and temporal dynamics of urban traffic noise pollution: a case study in Kahranmanmars, Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, n. 142, p. 65 – 72, 2008.

EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP – assessment of exposure to noise. **WG3 „Computation and Measurement“**. Progress Report, September, 1999.

EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP – Assessment of exposure to noise, **Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure.** Version 2, **WG-AEN 004.2007**; 2007.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. **Análise de dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada.** Lavras: Ed. UFLA, 2008.

FIEDLER, P.E.K.; BUNN, F.; ZANNIN, P. H. T. **Pre-environmental study for the implementation of a new road system - a case study in Curitiba, Brazil.** In: 38th German Annual Conference On Acoustics, 2012, Darmstadt. 38th German Annual Conference On Acoustics, 2012. v. 1. p. 509-510.

FIELDS, J. M. Effects of personal and situational variables on noise annoyance with special implications for en route noise. **Federal Aviation Administration and NASA Report** No. FAA-AEE- 92-03. Washington, D.C.: Federal Aviation Administration; 1992.

FREESE, J.; LONG, S. **Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata**. College Station: Stata Press, 2006.

FRITSCH, R.C. **Avaliação do ruído urbano**: o caso da área central de Passo Fundo – RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

GARCIA, A.; FAUS, L.J. **Statistical Analysis of Noise Levels in Urban Areas**. Applied Acoustics, 1991.

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

GIFFORD, R. **Environment Psychology**. Boston: Allyn and Bacon, 1996.

GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S.R.; ZANNIN, P. H. T. Influence in urban shapes on environmental noise: A case study in Aracajú, Brazil. **Science of Total Environment**, v. 412, p. 66-76, 2011.

GUILFORD, J.P. **Fundamental Statistics in Psychology and Education**, 4th. ed. New York: McGraw-Hill, 1965.

GITTINS, M.J.; CLAY, H.H. (organizador); BASSET, W.H. (editor). **Clay's Handbook of environmental health**. 18 ed. London: E & FN Spon, 1999.

HANSEN, C. H. **Noise control**: from concept to application. New York, USA: Taylor & Francis, 2005.

HANSEN, C. H.; SNYDER, S. D. **Active control of noise and vibration**. London, UK: E & FN Spon, 1997.

HARRIS, C. M. **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1646 p., 1998.

HASSALL, J. R.; ZAVERI, K. **Acoustic Noise Measurement**. 4 ed. Dinamarca: Brüel & Kjaer Magazine, 280 p., 1979.

HOHMANN, SETZER, WEHLING. **Bauphysikalische formeln und tabellen**. 4 ed München: Wolters Kluwer Deutschland GmbH, 2004.

HOWARD, D.M.; ANGUS, J.A.S. **Acoustics and Psychoacoustics**. 4 ed. Burlington: Taylor & Francis, 2009.

HUNT, F. V. **Origins in Acoustics**. 2 ed. New York: Acoustical Society of America, 212 p., 1992.

INAV / Geosistemas, 2009 In Google Earth For Windows v. 5.2 (2011).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Índices e Preços, Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/sinapi_201203_1.shtm, Acesso em: 10/03/2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA – IPPUC. **Relatório técnico da Linha Verde**. Curitiba, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA – IPPUC. **Curitiba digital**. Curitiba, 2006. 1 CD-ROM.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA – IPPUC. **Dados populacionais bairros Novo Mundo e Vila Fanny**. Curitiba, 2011.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC. **Standard IEC 651** Sound Level Meters, Geneva, 1979.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC. **Standard IEC 804** Integrating Averaging Sound Level Meters, Geneva, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARTIZATION – ISO. **ISO 9613-2:** Acoustics – Determinations of sound power levels of noise sources using intensity – Part 2. Measurement by scanning. Geneva, 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARTIZATION – ISO. **ISO 1996-1:** Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1. Basic quantities and assessment procedures. Geneva, 2003.

JAKOVLJEVIC, B., PAUNOVIC, K., BELOJEVIC, G. **Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population**. Environment International, v. 35, n.3, p. 552-556, 2009.

KANG, J.; DU, Z. Sound field and acoustic comfort in library reading rooms. ***Proceedings of the 10th International Congress on Sound and Vibration***, Stockholm, Sweden, 2003.

KANG, J. **Urban sound environment**. New York, USA: Taylor & Francis, 2007.

KINSLER, L. E.; FREY, A. R.; COPPENS, A. B.; SNADERS, J. V. **Fundamentals of Acoustics**. 3 ed. New York: Wiley Interscience Publication, 560 p., 1982.

KLAEBOE, R.; ENGELIEN, E.; STEINNES, M. Context sensitive noise impact mapping. **Applied Acoustics**, n. 67, p. 620-642, 2006.

KO, J. H.; CHANG, S. I.; KIM, M.; HOLT, J. B.; SEONG, J. C. Transportation noise and exposed population of a urban area in the Republic of Korea. **Environment International**, v. 37, p. 328 – 334, 2011.

KUTTRUFF, H. **Acoustics**: An introduction. New York, USA: Taylor & Francis, 2007.

LAM, K.C.; MA, W.C. **Road traffic noise exposure in residential complexes built at different times between 1950 and 2000 in Hong Kong**. *Applied Acoustics*, v. 73, n.11, p. 1112-1120, 2012.

LATAKOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Técnicas de pesquisa**. 3 ed., São Paulo: Ed. Atlas, 1996.

LAZZARINI, V. E. P.; **Elementos da acústica**. Music Department. National University of Ireland. Maynooth, 1998.

LEVIN, J., FOX, J.A. **Estatística para ciências humanas**. São Paulo: Pearson, 2004.

LI, B.G.; TAO S.; DAWSON, R.W. **Evaluation and analysis of traffic noise from the main urban roads in Beijing**. *Applied Acoustics*, n. 63, p. 1137-1142, 2002.

LIMPSCOMB, D. **Noise**: The unwanted sounds. Chicago: Nelson-Hall Company, 1974.

LONG, J. S. **Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables**. Thousand Daks: Sage Publications, 1997.

MACHADO, S.F. **Processo auditivo**: uma nova abordagem. São Paulo: Ed. Plexus, 2003.

MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? **Laboratório de Psicologia**, v. 4 n. 1, p. 65 – 90, 2006.

MAROCO, J. **Análise estatística**: com utilização do SPSS. Lisboa: Edições Sílabo Ltda., 3. ed., 2007.

MARRY, S. Spatial and sonic evaluation of urban ambiances. **Journal of Acoustic Ecology**, v. 10, n.1, p. 18-22, 2010.

MCKEANCHIE, W.J., DOYLE, C.L. **Psychology**. Massachusetts, USA: Addison-Wesley Pub. Co., 1966.

MOHAMMADI, G. An investigation of community responde to urban traffic noise.**J. Enviro. Health Science Eng.**, n. 2, p. 137-142, 2009.

MONTEIRO, M. M., FERREIRA, P. T. **Ser humano**. 2ª parte Psicologia B. 12º ano. Porto, Portugal: Porto Editora, 2007.

MOREIRA, N.; BRYAN, M. Noise annoyance susceptibility. **Journal of Sound and Vibration**, n. 21, p. 449–62, 1972.

NAISH, D. **A method of developing regional road traffic noise management strategies**. Applied Acoustics , v.71, n.7, p. 640-652, 2010.

NANDANWAYAR, D. R.; PARBAT, D. K.; DESHMUKH, S.K. Study on residents perception and attitudes towards urban traffic noise in Nagpur city. **Anais: Second**

International Conference Trends in Engineering and Technology – ICETET, 2009.

NAZARETH, H. **Curso básico de estatística.** São Paulo: Ática, 2000.

NEPOMUCENO, L. X. **Acústica Técnica.** 1 ed. São Paulo: Editora Técnico-Científica Industrial Ltda. – ETEGIL, 579 p., 1968.

PANDYA, G.H. Urban noise: a need for acoustic planning. **Environmental Monitoring and Assessment**, n. 67, p. 379 – 388, 2001.

PASQUALI, L. **Psicometria teoria dos testes na psicologia e na educação.** Petrópolis: Ed. Vozes, 2003.

PAZ, E. C. **Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego.** 458 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PAZ, E. C.; FERREIRA, A. M. C.; ZANNIN, P.H.T. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. **Rev. Saúde Pública**, v. 39, n. 3, p.467 – 472, 2005.

PAZ, E. C.; ZANNIN, P. H. T.. **Avaliação do ruído de tráfego como índice de poluição sonora.** *Acústica e Vibrações*, v. 40, p. 56-62, 2009.

PAZ, E. C.; ZANNIN, P. H. T. **Urban daytime traffic noise prediction models.** *Environmental Monitoring and Assessment (Print)*, v. 163, p. 515-529, 2010.

PETERSON, R. A. A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. **Journal of Consumer Research**, v.21, n. 2, p. 381 – 391,1994.

PETERSON, A. P.G.; GROSS, E. E. **Handbook of noise measurements**, 8^a. Ed., Massachusetts, EUA: General Radio, Inc., Concord, 1978.

PICCOLO, A.; PLUTINO, D.; CANNISTARO, G. Evaluation and analysis of the environmental noise of Messina, Italy. **Applied Acoustics**, n. 66, p. 447 – 465, 2005.

PINTO, F.A.C.; MARDONES, M.D.M. Noise mapping in densely populated neighborhoods – example of Copacana Rio de Janeiro – Brazil. **Environ. Mon. Assess.**, n. 155, p. 309-318, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA – PMC. Lei No. 699, de 16 de Julho de 1953. Dispões sobre o código de posturas de obras do Município de Curitiba. **Diário Oficial do Município de Curitiba**, PR, 05 set. 1953. Disponível em http://www.cmc.pr.gov.br/wspl/sistema/BibLegVerForm.do?select_action=&popup=s&chamado_por_link&nor_id=1626&PESQUISA>. Acesso em 20/08/2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA – PMC. Lei No. 9800, de 3 de Janeiro de 2000. Dispõe sobre zoneamento, uso e ocupação do solo do Município de Curitiba e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Curitiba**, PR, 04 jan. 2000. Disponível em: <http://www.cmc.pr.gov.br/wspl/sistema/BibLegVerForm.do?select_action=&popup=s&chamado_por_link&nor_id=10723&PESQUISA>. Acesso em 20/08/2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA – PMC, SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMMA. Lei No. 10.625, de 19 de Fevereiro de 2002. Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Curitiba**, PR, 19 fev. 2002. Disponível em: <http://www.cmc.pr.gov.br/wspl/sistema/BibLegVerForm.do?select_action=&popup=s&chamado_por_link&nor_id=11548&PESQUISA>. Acesso em 20/5/2011.

RAICHEL, D. R. **The science and applications of acoustics**. 2 ed., New York, USA: Springer, 2006.

RODDA, M. **Noise and society**. London: Oliver & Boyd, 1967.

ROMEU, J.; GENESCA, M.; PÀMIES, T.; JIMÉNEZ, S. Street categorization for the estimation of day levels using short-term measurements. **Applied Acoustics**, v. 72, n.8, p. 569 – 577, 2011.

ROSSING, T. D; MOORE, F. R.; WHEELER, P. A. **The Science of Sound**.3 ed. Los Angeles: Pearson Addison Wesley, 680 p., 2001.

SAITO, K.; MAKIZUKA, T.; TANAKA, G.; MIYAKE, S.; NIIOKA, T.; FUJIMOTO, S.; HOSOKAWA, T.; KUMASHIRO, M.; KAJI, H. An urban noise survey in Sapporo, Japan. **Environm. Sci. Hokkaido**, v. 9, n.1, p. 15 – 26, 1986.

SANDBERG, U. **Noise and the road**: Is there a conflict between requirements for safety and noise?. Journal IngÈnieurs de líAutomobile, Jan-Feb 1987. Also in: VTI Reprint No. 120, VTI, Linkoping, Sweden,1987.

SARAFINO, E .P. **Health psychology**: Biopsychosocial interactions. 2ed. New York, NY: Wiley; 1994.

SARANTAKOS, S. **Social Research**. 3. Ed. New York: Palgrave MacMillian, 2005.

SZEREMETA, B.; ZANNIN, P. H. T. **Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise**. Science of the Total Environment, v. 407, p. 6143-6149, 2009.

SCHWAB, A.J. **Eletronic Classroom**. 2007, [Online] Disponível em:
<<http://www.utexas.edu/ssw/eclassroom/schwab.html>> Acesso em: [22 jan.2010].

SCHULTE-FORTKAMP, B.; NITSCH, W. On soundscapes and their meaning regarding noise annoyance measurements. *Proceedings of Inter-Noise*, Fort Lauderdale, FL, USA, 1999.

SCHULTZ, T. J. **Community Noise Rating**. 2 ed. New York: Elsevier Applied Science, 415 p., 1972.

SPINELLI, W., QUEIROZ, M. H. S. **Introdução à estatística**. São Paulo: Ática, 1990.

STANDER, L.; THEODORO, L. **Environmental regulatory calculations handbook**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

TSAI, K.T.; LIN, M.D.; CHEN, Y.H. **Noise mapping in urban environments: A Taiwan study**. Applied Acoustics, v. 70, n.7, p. 964-972, 2009.

VIEIRA, S., HOFFMANN, R. **Elementos da estatística**. São Paulo: Atlas, 1988.

WHEALE, A. **The new politics of pollution**. Manchester: Manchester University Press, 1992.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Acoustic measurement** - Local authorities, health and environment briefing pamphlet series. Geneva, 2000.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noise in schools**. Geneva, 2001.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **United Nations Road Safety Collaboration** - A Handbook of Partner Profiles. Geneva, 2005.

YANG W.; KANG J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. **Applied Acoustics**, n. 66, p. 211-229, 2005.

ZANNIN, P.H.T; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J.A.; SCHULI, R.B. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Rev. Saúde Pública**, v. 36, n.2, p. 521 – 524, 2002 (a)

ZANNIN, P. H. T.; DINIZ, F., BARBOSA, W. Environmental noise pollution in the city of Curitiba – Brazil. **Applied Acoustics**, v. 63, n. 4, p. 351-358, 2002 (b).

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO A.; DINIZ, F.B.; FERREIRA, J. A. C. A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: the importance of subjective analysis in conjunction with a objective analysis. **Environmental Impact Assessment Review**, n. 23, p. 245 – 255, 2003.

ZANNIN, P. H. T.; FERREIA, A. M. C. ; SZEREMETA, B. **Evaluation of the noise pollution in urban parks of Curitiba**. Environmental Monitoring and Assessment (Print), v. 118, p. 423-433, 2006.

ZANNIN, P.H.T.; SANT'ANA, D. Q. Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project– A case study in Brazil. **Applied Acoustics**, n.72, p. 479-486, 2011.

ZIMMER, K.; ELLERMEIER, W. Psychometric properties of four measures of noise sensitivity: a comparison. **Journal of Environmental Psychology**, n. 19, p. 295–302, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO UTILIZADO NO ESTUDO DE PERCEPÇÃO SONORA DA LINHA VERDE

Questionário de percepção sonora dos bairros Novo Mundo e Vila Fanny em Curitiba

1) Indique o seu endereço: (é necessário colocar o número da residência também)_____

2) Bairro:

Novo Mundo

Vila Fanny

3) Sexo:

Masculino

Feminino

4) Idade:

abaixo de 16 anos

17 – 21

22 – 30

31 – 40

41 – 50

51 – 60

61 – 70

acima de 71 anos

5) Grau de escolaridade:

ensino fundamental incompleto

ensino fundamental completo

ensino médio incompleto

- ensino médio completo
- ensino superior incompleto
- ensino superior completo
- pós-graduação

6) Sente algum incômodo com os ruídos gerados na região onde reside?

- Sim
- Não

7) Quais os ruídos da região onde você reside que mais incomodam no dia-a-dia?

- Tráfego de veículos
- Música ou som alto
- Indústria ou comércio nas proximidades
- Jardinagem
- Construção civil
- Animais
- Outros
- Nenhum

8) Há quanto tempo reside neste endereço?

- Menos de 2 anos
- 2 – 5 anos
- Mais de 5 anos

9) Durante o período em que você reside neste endereço o ruído:

- Permaneceu estável
- Diminuiu muito
- Diminuiu pouco
- Aumentou muito

Aumentou pouco

10) Qual o período ou períodos do dia em que sua permanência é maior na sua residência?

Manhã

Tarde

Noite

Todos

Manhã e tarde

Manhã e noite

Tarde e noite

11) Percebe maior interferência sonora em qual período do dia?

Manhã

Tarde

Noite

Todos

Manhã e tarde

Manhã e noite

Tarde e noite

Nenhum

12) Percebe maior interferência sonora em qual período da semana?

Durante a semana

Finais de semana

Feriados

Todos

Finais de semana e feriados

Durante a semana e finais de semana

Durante a semana e feriados

Nenhum

13) Você acredita que a interferência sonora possa vir a prejudicar a sua saúde?

Sim

Não

14) O que o ruído lhe causa?

Insônia

Perda de concentração

Dor de cabeça

Irritabilidade

Agitação

Depressão

Zumbidos nos ouvidos

Nervosismo

Obriga-se a falar mais alto

Nada

15) Já teve a intenção de se mudar para outro local devido ao incômodo causado pelo ruído proveniente da região que circunda a sua residência?

Sim

Não

16) Qual a atividade exercida dentro da sua residência que é mais diretamente afetada pelos ruídos provenientes da área externa?

Dormir

Assistir tv ou ouvir música

Conversar

Descansar

- Trabalhar
- Estudar ou ler
- Outra
- Nenhuma
- Todas

17) Você acha que o ruído da região onde você reside pode desvalorizar o seu imóvel? Atribuir valores de 0 a 5 (0 = nada, 1 = muito pouco, 2 = pouco, 3 = razoável, 4 = muito, 5 = muitíssimo).

18) Quando você ou sua família foi morar em sua residência, a localização (proximidade de escola, trabalho, banco, farmácia, etc) foi um fator importante para a escolha do imóvel? Atribuir valores de 0 a 5 (0 = nada, 1 = muito pouca, 2 = pouca, 3 = razoável, 4 = elevada, 5 = muito elevada).

19) Quando você ou sua família foi morar em sua residência, a área (tamanho do imóvel) foi um fator importante para a escolha do imóvel? Atribuir valores de 0 a 5 (0 = nada, 1 = muito pouco, 2 = pouco, 3 = razoável, 4 = elevada, 5 = muito elevada).

20) Quando você ou sua família foi morar em sua residência, o valor do imóvel foi um fator importante para a escolha do imóvel? Atribuir valores de 0 a 5 (0 = nada, 1 = muito pouco, 2 = pouco, 3 = razoável, 4 = muito, 5 = muitíssimo).

21) Você considera a sua vizinhança? Atribuir valores de 0 a 5 (0 = não quer opinar, 1 = muito ruim, 2 = ruim, 3 = razoável, 4 = boa, 5 = muito boa).

22) Você considera o local? Atribuir valores de 0 a 5 (0 = não quer opinar, 1 = muito ruidoso, 2 = ruidoso, 3 = razoável, 4 = calmo, 5 = muito calmo)

APÊNDICE 2 – CÓDIGO FONTE EM MATLAB PARA A RESOLUÇÃO NA ANÁLISE FATORIAL

```

function [Carga_fatorial] = fatorial(x)
%Esta função realiza os passos para a determinação da análise
%fatorial...checagem OK
[m,n]=size(x);
numero_fatores=1
Cov_amostral=cov(x)
[U,D]=eig(Cov_amostral);
matriz1=fliplr(U);
matriz_autovetores=(-1)*matriz1
matriz2=fliplr(D);
matriz_autovalores=flipud(matriz2)
autovalores=eig(Cov_amostral);
Max=max(autovalores)
Carga_fatorial=matriz_autovetores(:,1)*((matriz_autovalores(1,1))^(1/2))
Var_espec=diag(diag(Cov_amostral-(Carga_fatorial*Carga_fatorial')))
Comunalidades=diag(Carga_fatorial*Carga_fatorial')
Val_lim_superior=sum(diag(matriz_autovalores^2))-(Max^2)
matriz_res_aux=Cov_amostral-(Carga_fatorial*Carga_fatorial')-Var_espec
matriz_res_aux2=(sum(matriz_res_aux^2))'
matriz_res=sum(matriz_res_aux2)
end

```

Obs.: Deve-se calcular a parte o número de fatores e substituir o número de fatores no código antes de executar este algoritmo. O exemplo acima é para o cálculo de um fator.

APÊNDICE 3 – RESULTADO PRIMÁRIO DA ANÁLISE FATORIAL DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA

```
>> resultado=fatorial(matriz)
```

```
numero_fatores =
```

```
15
```

```
Cov_amostral =
```

```
Columns 1 through 8
```

```
0.2324 0.0486 -0.0777 -0.0048 0.1517 -0.0105 -0.0810 0.0476
0.0486 3.7576 -0.6369 -0.0547 0.0407 0.1683 0.2491 0.3835
-0.0777 -0.6369 3.1827-0.0335 -0.4044 -0.0375 0.2820 -0.0379
-0.0048 -0.0547 -0.0335 0.2471 0.4748 -0.0494 -0.2541 -0.0144
0.1517 0.0407 -0.4044 0.4748 7.3355 -0.1004 -0.3538 0.1601
-0.0105 0.1683 -0.0375 -0.0494 -0.1004 0.4737 0.3794 0.0297
-0.0810 0.2491 0.2820 -0.2541 -0.3538 0.3794 2.4699 0.0649
0.0476 0.3835 -0.0379 -0.0144 0.1601 0.0297 0.0649 1.5773
0.0174 0.7208 -0.1893 0.0986 0.5831 -0.0386 -0.3796 0.3405
0.0167 0.8113 -0.5224 0.0686 1.1232 -0.0325 -0.4216 0.2716
0.0354 -0.0261 -0.1334 0.0614 0.4155 0.0022 -0.1239 0.0092
0.1858 0.5285 -0.5935 0.4153 2.1971 0.1569 -0.2382 0.3095
0.0048 -0.0489 -0.0432 0.0629 0.2350 -0.0104 -0.1082 -0.0083
0.1495 0.4703 -0.1796 0.3629 1.8067 0.0341 -0.1232 0.2494
0.0115 0.1059 0.0297 -0.1224 -1.1347 -0.0723 0.1140 -0.1055
0.0102 -0.2522 0.0154 0.1125 -0.0024 -0.2073 -0.6920 -0.0014
0.0080 -0.1192 0.1580 0.0082 -0.3862 -0.2934 -0.5361 0.0480
-0.0027 0.0278 -0.1519 -0.0371 -0.6710 -0.2197 -0.2586 -0.1034
0.0697 0.2504 0.0142 0.0439 0.0854 0.0620 -0.0060 0.1139
0.0557 0.1546 -0.2191 0.2906 1.1189 -0.0433 -0.6517 0.0401
-0.0031 -0.0590 0.0278 0.0221 0.0973 -0.0263 -0.0206 -0.0106
```

```
Columns 9 through 16
```

```
0.0174 0.0167 0.0354 0.1858 0.0048 0.1495 0.0115 0.0102
0.7208 0.8113 -0.0261 0.5285 -0.0489 0.4703 0.1059 -0.2522
-0.1893 -0.5224 -0.1334 -0.5935 -0.0432 -0.1796 0.0297 0.0154
0.0986 0.0686 0.0614 0.4153 0.0629 0.3629 -0.1224 0.1125
0.5831 1.1232 0.4155 2.1971 0.2350 1.8067 -1.1347 -0.0024
-0.0386 -0.0325 0.0022 0.1569 -0.0104 0.0341 -0.0723 -0.2073
-0.3796 -0.4216 -0.1239 -0.2382 -0.1082 -0.1232 0.1140 -0.6920
0.3405 0.2716 0.0092 0.3095 -0.0083 0.2494 -0.1055 -0.0014
3.7981 1.9904 0.1001 0.4570 -0.0045 0.9244 -0.3109 -0.0216
1.9904 4.5217 0.0858 0.1336 0.0343 0.4728 -0.4075 -0.0194
0.1001 0.0858 0.2501 0.4777 0.0692 0.3129 -0.2956 -0.0075
0.4570 0.1336 0.4777 12.6149 0.1298 4.2183 -1.2738 0.4969
-0.0045 0.0343 0.0692 0.1298 0.1390 0.0766 -0.2481 0.0605
0.9244 0.4728 0.3129 4.2183 0.0766 8.9108 -0.6252 0.7187
-0.3109 -0.4075 -0.2956 -1.2738 -0.2481 -0.6252 4.3303 0.2987
-0.0216 -0.0194 -0.0075 0.4969 0.0605 0.7187 0.2987 5.1818
-0.0390 -0.1852 -0.1196 -0.3719 -0.0486 0.0380 0.4631 2.4624
-0.2531 -0.5068 -0.1131 -0.5035 -0.0460 -0.2898 0.6740 2.2133
0.1819 -0.0277 0.0826 0.1843 0.0621 0.3402 -0.1902 0.2419
0.1108 0.1632 0.2122 0.9181 0.2598 0.6141 -0.6223 0.4596
0.0644 0.0264 0.0027 0.0272 -0.0033 0.1180 0.0058 -0.0116
```

```
Columns 17 through 21
```

```
0.0080 -0.0027 0.0697 0.0557 -0.0031
-0.1192 0.0278 0.2504 0.1546 -0.0590
0.1580 -0.1519 0.0142 -0.2191 0.0278
0.0082 -0.0371 0.0439 0.2906 0.0221
-0.3862 -0.6710 0.0854 1.1189 0.0973
```

```

-0.2934 -0.2197 0.0620 -0.0433 -0.0263
-0.5361 -0.2586 -0.0060 -0.6517 -0.0206
0.0480 -0.1034 0.1139 0.0401 -0.0106
-0.0390 -0.2531 0.1819 0.1108 0.0644
-0.1852 -0.5068 -0.0277 0.1632 0.0264
-0.1196 -0.1131 0.0826 0.2122 0.0027
-0.3719 -0.5035 0.1843 0.9181 0.0272
-0.0486 -0.0460 0.0621 0.2598 -0.0033
0.0380 -0.2898 0.3402 0.6141 0.1180
0.4631 0.6740 -0.1902 -0.6223 0.0058
2.4624 2.2133 0.2419 0.4596 -0.0116
4.6354 3.6037 0.1202 0.3187 -0.0913
3.6037 4.7634 0.2095 0.2347 -0.0447
0.1202 0.2095 1.3617 0.5949 0.0240
0.3187 0.2347 0.5949 2.7324 -0.0334
-0.0913 -0.0447 0.0240 -0.0334 0.1613

```

matriz_autovetores =

Columns 1 through 8

```

-0.0170 0.0031 0.0082 -0.0031 0.0012 -0.0190 -0.0088 -0.0213
-0.0623 -0.0295 0.1176 0.2046 -0.3677 -0.3434 -0.5668 0.0613
0.0584 0.0047 -0.0904 0.0175 0.2056 0.2415 0.3200 0.5707
-0.0433 0.0078 0.0359 -0.0299 0.0280 0.0126 0.0146 -0.0514
-0.3230 -0.1140 0.5539 -0.5145 0.3452 -0.3720 0.0517 0.1569
-0.0075 -0.0409 -0.0330 0.0218 -0.0138 -0.0181 -0.0585 0.0375
0.0350 -0.0967 -0.1309 0.0813 0.0520 -0.1605 -0.1442 0.4244
-0.0335 -0.0069 0.0446 0.0410 -0.0758 -0.0125 -0.0600 0.0781
-0.1012 -0.0428 0.3467 0.2307 -0.3699 0.1657 0.2154 0.1844
-0.0903 -0.0923 0.4783 0.1377 -0.4493 0.1101 0.2663 0.0327
-0.0454 -0.0125 0.0250 -0.0308 0.0122 0.0319 -0.0237 -0.0388
-0.7496 0.0704 -0.4811 -0.2434 -0.3433 -0.0311 0.1277 0.0684
-0.0175 -0.0030 0.0228 -0.0348 0.0172 0.0442 -0.0286 -0.0439
-0.5073 0.1140 0.1049 0.6847 0.4753 0.0134 -0.0688 -0.0280
0.1457 -0.1186 -0.1157 0.2114 -0.0494 -0.7484 0.4767 -0.1472
-0.0385 0.5247 0.1054 -0.0492 0.0168 0.1582 0.2346 -0.3767
0.0500 0.5729 0.1024 -0.0590 -0.0429 0.0078 -0.0720 0.2775
0.0781 0.5682 0.0410 -0.0653 -0.0653 -0.1070 -0.1994 0.2621
-0.0291 0.0380 0.0364 0.0133 -0.0002 0.0540 -0.1476 -0.0501
-0.1076 0.0683 0.1380 -0.1612 0.0448 0.1235 -0.2369 -0.3155
-0.0071 -0.0075 0.0087 0.0072 0.0139 0.0011 0.0254 0.0010

```

Columns 9 through 16

```

0.0073 -0.0186 0.0070 -0.0107 -0.0361 0.0598 -0.0364 0.0009
-0.4644 -0.0659 -0.0479 -0.3446 0.1317 -0.0333 -0.0031 -0.0275
-0.4646 -0.3859 -0.2109 -0.1698 0.0641 0.0559 0.1086 0.0248
0.0098 -0.0711 0.0038 -0.0275 0.0157 -0.0079 0.0221 -0.0474
-0.0563 0.0682 0.0937 -0.0585 0.0135 0.0449 -0.0144 0.0227
-0.0580 0.0556 -0.0012 0.1448 0.0155 -0.0100 -0.0170 0.9741
-0.1935 0.3644 0.0056 0.6810 0.0665 -0.2383 -0.0318 -0.1784
-0.1174 -0.0210 0.0978 0.0338 -0.9538 0.0255 0.2074 -0.0010
0.0565 -0.2101 0.6921 0.1119 0.1332 -0.1091 0.0249 0.0065
0.0869 0.1718 -0.6227 0.1302 -0.0149 0.0842 0.0194 -0.0048
0.0216 -0.0164 0.0197 0.0151 0.0060 0.0414 0.0039 0.0321
0.0181 -0.0194 -0.0256 0.0062 0.0112 0.0125 -0.0137 -0.0130
-0.0054 -0.0330 -0.0132 0.0244 0.0083 -0.0047 0.0264 -0.0078
0.1046 0.0232 -0.0674 -0.0267 -0.0006 -0.0019 0.0255 0.0044
-0.0218 -0.2713 -0.0364 0.1189 -0.0261 -0.0142 -0.0231 0.0151
-0.5843 0.3501 0.1203 0.0604 0.0409 -0.0179 0.0545 -0.0043
0.2019 -0.0653 -0.0860 -0.1146 -0.1480 -0.3455 -0.5997 0.0299
0.2846 -0.0225 -0.0086 0.0954 0.1324 0.3351 0.5653 0.0194
-0.1349 -0.2321 0.0469 0.3419 -0.0367 0.7335 -0.4784 -0.0472
-0.0789 -0.6080 -0.1907 0.4175 0.0290 -0.3715 0.1651 -0.0210
0.0037 -0.0004 0.0206 -0.0005 0.0132 0.0593 0.0224 -0.0981

```

Columns 17 through 21


```

0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0.0010 0 0 0 0
0 0.0002 0 0 0
0 0 0.0024 0 0
0 0 0 0.0024 0
0 0 0 0 0.1500

```

Comunalidades =

```

0.0173
3.7571
3.1821
0.0788
7.3347
0.1073
2.4562
1.5771
3.7980
4.5217
0.0647
12.6148
0.0409
8.9106
4.3295
5.1818
4.6344
4.7632
1.3593
2.7301
0.0113

```

Val_lim_superior =

```
315.4208
```

matriz_res_aux =

Columns 1 through 8

```

0 -0.0013 0.0050 -0.0250 -0.0031 -0.0017 0.0070 -0.0065
-0.0013 0 -0.0002 0.0034 -0.0005 -0.0100 0.0023 0.0001
0.0050 -0.0002 0 -0.0018 -0.0000 0.0088 -0.0013 -0.0001
-0.0250 0.0034 -0.0018 0 -0.0076 -0.0064 0.0149 0.0037
-0.0031 -0.0005 -0.0000 -0.0076 0 0.0080 -0.0025 -0.0001
-0.0017 -0.0100 0.0088 -0.0064 0.0080 0 -0.0661 -0.0001
0.0070 0.0023 -0.0013 0.0149 -0.0025 -0.0661 0 0.0001
-0.0065 0.0001 -0.0001 0.0037 -0.0001 -0.0001 0.0001 0
0.0024 -0.0002 0.0001 -0.0027 0.0002 0.0021 -0.0006 -0.0001
0.0008 0.0001 -0.0000 0.0017 -0.0002 -0.0017 0.0005 0.0000
0.0160 0.0039 0.0068 0.0044 -0.0066 0.0066 0.0067 0.0007
-0.0018 0.0000 -0.0003 -0.0018 0.0001 -0.0049 0.0005 0.0000
-0.0021 0.0022 0.0014 0.0211 -0.0031 -0.0021 0.0050 0.0010
-0.0014 -0.0002 -0.0000 -0.0035 0.0003 0.0013 -0.0007 -0.0000
-0.0022 0.0001 0.0004 0.0009 -0.0002 0.0054 -0.0006 0.0001
0.0022 -0.0000 0.0000 -0.0016 0.0000 -0.0018 0.0002 -0.0001
-0.0016 0.0000 0.0004 0.0032 -0.0002 0.0119 -0.0015 0.0002

```

```

0.0010 -0.0003 0.0002 -0.0005 0.0003 0.0070 -0.0014 -0.0001
-0.0146 0.0003 -0.0010 0.0025 0.0002 -0.0178 0.0024 0.0004
0.0043 -0.0002 -0.0004 -0.0133 0.0007 -0.0082 0.0001 -0.0004
-0.0072 0.0035 -0.0027 0.0122 -0.0028 -0.0213 0.0070 0.0013

```

Columns 9 through 16

```

0.0024 0.0008 0.0160 -0.0018 -0.0021 -0.0014 -0.0022 0.0022
-0.0002 0.0001 0.0039 0.0000 0.0022 -0.0002 0.0001 -0.0000
0.0001 -0.0000 0.0068 -0.0003 0.0014 -0.0000 0.0004 0.0000
-0.0027 0.0017 0.0044 -0.0018 0.0211 -0.0035 0.0009 -0.0016
0.0002 -0.0002 -0.0066 0.0001 -0.0031 0.0003 -0.0002 0.0000
0.0021 -0.0017 0.0066 -0.0049 -0.0021 0.0013 0.0054 -0.0018
-0.0006 0.0005 0.0067 0.0005 0.0050 -0.0007 -0.0006 0.0002
-0.0001 0.0000 0.0007 0.0000 0.0010 -0.0000 0.0001 -0.0001
0 -0.0000 -0.0017 0.0000 0.0003 0.0001 -0.0000 0.0000
-0.0000 0 0.0009 -0.0000 0.0002 -0.0001 0.0000 0.0000
-0.0017 0.0009 0 -0.0037 0.0281 -0.0024 0.0093 0.0000
0.0000 -0.0000 -0.0037 0 -0.0005 0.0001 -0.0002 0.0000
0.0003 0.0002 0.0281 -0.0005 0 -0.0006 0.0054 -0.0014
0.0001 -0.0001 -0.0024 0.0001 -0.0006 0 -0.0001 0.0000
-0.0000 0.0000 0.0093 -0.0002 0.0054 -0.0001 0 -0.0001
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0014 0.0000 -0.0001 0
-0.0001 -0.0000 0.0063 -0.0003 0.0033 -0.0002 0.0006 -0.0002
0.0001 -0.0000 -0.0012 -0.0001 -0.0006 0.0001 0.0000 -0.0000
-0.0001 0.0000 -0.0097 0.0005 -0.0017 0.0002 -0.0005 -0.0000
0.0001 -0.0001 -0.0086 0.0004 -0.0101 0.0003 -0.0010 0.0003
-0.0028 0.0002 -0.0068 0.0007 -0.0042 -0.0021 -0.0017 -0.0005

```

Columns 17 through 21

```

-0.0016 0.0010 -0.0146 0.0043 -0.0072
0.0000 -0.0003 0.0003 -0.0002 0.0035
0.0004 0.0002 -0.0010 -0.0004 -0.0027
0.0032 -0.0005 0.0025 -0.0133 0.0122
-0.0002 0.0003 0.0002 0.0007 -0.0028
0.0119 0.0070 -0.0178 -0.0082 -0.0213
-0.0015 -0.0014 0.0024 0.0001 0.0070
0.0002 -0.0001 0.0004 -0.0004 0.0013
-0.0001 0.0001 -0.0001 0.0001 -0.0028
-0.0000 -0.0000 0.0000 -0.0001 0.0002
0.0063 -0.0012 -0.0097 -0.0086 -0.0068
-0.0003 -0.0001 0.0005 0.0004 0.0007
0.0033 -0.0006 -0.0017 -0.0101 -0.0042
-0.0002 0.0001 0.0002 0.0003 -0.0021
0.0006 0.0000 -0.0005 -0.0010 -0.0017
-0.0002 -0.0000 -0.0000 0.0003 -0.0005
0 0.0000 -0.0009 -0.0008 0.0057
0.0000 0 -0.0002 -0.0001 -0.0040
-0.0009 -0.0002 0 0.0004 -0.0025
-0.0008 -0.0001 0.0004 0 0.0042
0.0057 -0.0040 -0.0025 0.0042 0

```

matriz_res_aux2 =

```

0.0013
0.0011
-0.0004
0.0023
-0.0010
0.0040
0.0061
0.0003
-0.0003
0.0002
0.0014
0.0002
0.0023
-0.0002

```

0.0004
 0.0000
 -0.0006
 -0.0006
 0.0014
 -0.0005
 0.0016

matriz_res =

0.0192

resultado =

Columns 1 through 8

-0.0703	0.0101	0.0228	-0.0077	0.0028	-0.0383	-0.0169	-0.0379
-0.2582	-0.0969	0.3272	0.5097	-0.8805	-0.6944	-1.0842	0.1092
0.2419	0.0155	-0.2517	0.0435	0.4924	0.4883	0.6122	1.0176
-0.1795	0.0257	0.0999	-0.0746	0.0670	0.0254	0.0279	-0.0917
-1.3381	-0.3745	1.5414	-1.2816	0.8267	-0.7522	0.0990	0.2797
-0.0310	-0.1343	-0.0919	0.0544	-0.0330	-0.0366	-0.1120	0.0669
0.1451	-0.3179	-0.3644	0.2026	0.1245	-0.3244	-0.2758	0.7566
-0.1389	-0.0228	0.1242	0.1021	-0.1815	-0.0252	-0.1148	0.1393
-0.4194	-0.1406	0.9647	0.5747	-0.8857	0.3349	0.4120	0.3287
-0.3740	-0.3032	1.3309	0.3431	-1.0760	0.2225	0.5094	0.0584
-0.1879	-0.0411	0.0696	-0.0767	0.0293	0.0644	-0.0453	-0.0692
-3.1053	0.2315	-1.3388	-0.6063	-0.8221	-0.0629	0.2442	0.1220
-0.0725	-0.0097	0.0634	-0.0867	0.0411	0.0894	-0.0548	-0.0783
-2.1014	0.3746	0.2919	1.7058	1.1384	0.0271	-0.1315	-0.0499
0.6036	0.3899	-0.3219	0.5267	-0.1183	-1.5132	0.9118	-0.2625
-0.1595	1.7243	0.2934	-0.1226	0.0402	0.3198	0.4487	-0.6717
0.2071	1.8827	0.2848	-0.1471	-0.1028	0.0159	-0.1378	0.4947
0.3234	1.8672	0.1140	-0.1626	-0.1565	-0.2164	-0.3815	0.4673
-0.1207	0.1249	0.1014	0.0331	-0.0005	0.1092	-0.2823	-0.0893
-0.4457	0.2246	0.3840	-0.4017	0.1074	0.2497	-0.4531	-0.5625
-0.0293	-0.0248	0.0241	0.0179	0.0334	0.0022	0.0487	0.0018

Columns 9 through 15

0.0122	-0.0304	0.0100	-0.0147	-0.0442	0.0621	-0.0355
-0.7776	-0.1075	-0.0685	-0.4703	0.1612	-0.0346	-0.0030
-0.7780	-0.6296	-0.3012	-0.2318	0.0784	0.0581	0.1060
0.0165	-0.1160	0.0055	-0.0376	0.0192	-0.0082	0.0215
-0.0942	0.1113	0.1338	-0.0799	0.0165	0.0467	-0.0140
-0.0971	0.0906	-0.0018	0.1975	0.0189	-0.0104	-0.0166
-0.3240	0.5945	0.0081	0.9293	0.0813	-0.2477	-0.0310
-0.1965	-0.0343	0.1397	0.0462	-1.1671	0.0265	0.2025
0.0946	-0.3428	0.9885	0.1527	0.1630	-0.1135	0.0243
0.1456	0.2802	-0.8894	0.1777	-0.0182	0.0875	0.0190
0.0361	-0.0267	0.0281	0.0206	0.0073	0.0430	0.0038
0.0302	-0.0317	-0.0365	0.0084	0.0138	0.0130	-0.0134
-0.0091	-0.0538	-0.0189	0.0333	0.0102	-0.0049	0.0258
0.1751	0.0379	-0.0962	-0.0364	-0.0007	-0.0020	0.0249
-0.0366	-0.4426	-0.0519	0.1623	-0.0319	-0.0147	-0.0225
-0.9785	0.5712	0.1718	0.0824	0.0501	-0.0186	0.0532
0.3380	-0.1066	-0.1229	-0.1564	-0.1811	-0.3592	-0.5854
0.4765	-0.0367	-0.0122	0.1303	0.1619	0.3483	0.5518
-0.2259	-0.3787	0.0670	0.4667	-0.0450	0.7625	-0.4670
-0.1321	-0.9919	-0.2724	0.5697	0.0355	-0.3862	0.1612
0.0062	-0.0007	0.0294	-0.0007	0.0162	0.0617	0.0218

APÊNDICE 4 – RESULTADO FINAL DA ANÁLISE FATORIAL DA AVALIAÇÃO SUBJETIVA

```
>> resultado=fatorial(data2);
```

```
numero_fatores =
```

```
7
```

```
Cov_amostral =
```

```
Columns 1 through 8
```

```
3.7576 -0.6369 0.0407 0.7208 0.8113 0.5285 0.4703 0.1059
-0.6369 3.1827 -0.4044 -0.1893 -0.5224 -0.5935 -0.1796 0.0297
0.0407 -0.4044 7.3355 0.5831 1.1232 2.1971 1.8067 -1.1347
0.7208 -0.1893 0.5831 3.7981 1.9904 0.4570 0.9244 -0.3109
0.8113 -0.5224 1.1232 1.9904 4.5217 0.1336 0.4728 -0.4075
0.5285 -0.5935 2.1971 0.4570 0.1336 12.6149 4.2183 -1.2738
0.4703 -0.1796 1.8067 0.9244 0.4728 4.2183 8.9108 -0.6252
0.1059 0.0297 -1.1347 -0.3109 -0.4075 -1.2738 -0.6252 4.3303
-0.2522 0.0154 -0.0024 -0.0216 -0.0194 0.4969 0.7187 0.2987
-0.1192 0.1580 -0.3862 -0.0390 -0.1852 -0.3719 0.0380 0.4631
0.0278 -0.1519 -0.6710 -0.2531 -0.5068 -0.5035 -0.2898 0.6740
0.1546 -0.2191 1.1189 0.1108 0.1632 0.9181 0.6141 -0.6223
```

```
Columns 9 through 12
```

```
-0.2522 -0.1192 0.0278 0.1546
0.0154 0.1580 -0.1519 -0.2191
-0.0024 -0.3862 -0.6710 1.1189
-0.0216 -0.0390 -0.2531 0.1108
-0.0194 -0.1852 -0.5068 0.1632
0.4969 -0.3719 -0.5035 0.9181
0.7187 0.0380 -0.2898 0.6141
0.2987 0.4631 0.6740 -0.6223
5.1818 2.4624 2.2133 0.4596
2.4624 4.6354 3.6037 0.3187
2.2133 3.6037 4.7634 0.2347
0.4596 0.3187 0.2347 2.7324
```

```
matriz_autovetores =
```

```
Columns 1 through 8
```

```
0.0623 -0.0279 -0.1288 0.1792 0.3772 0.3212 -0.5459 0.0285
-0.0575 0.0084 0.0863 0.0211 -0.2090 -0.2733 0.4183 0.4659
0.3214 -0.1263 -0.5567 -0.5449 -0.3408 0.3281 0.0732 0.0991
0.0992 -0.0527 -0.3478 0.2144 0.3815 -0.1763 0.2414 0.2061
0.0885 -0.1056 -0.4785 0.1150 0.4647 -0.1296 0.2643 -0.0563
0.7550 0.0870 0.4829 -0.2353 0.3332 0.0263 0.1319 0.0635
```

```

0.5095  0.1215 -0.1487  0.6860 -0.4606 -0.0009 -0.0929  0.0192
-0.1448  0.1232  0.1036  0.2114  0.0540  0.7938  0.4625 -0.0137
0.0350  0.5228 -0.1216 -0.0560 -0.0145 -0.1516  0.2438 -0.6971
-0.0533  0.5730 -0.1245 -0.0755  0.0473 -0.0441 -0.0587  0.3280
-0.0808  0.5716 -0.0666 -0.0835  0.0735  0.0679 -0.1854  0.3358
0.1037  0.0583 -0.1235 -0.1578 -0.0487 -0.0791 -0.2374 -0.1252

```

Columns 9 through 12

```

-0.6067  0.1809 -0.0222  0.0319
-0.6550 -0.0282 -0.1886 -0.1133
-0.0613  0.1535  0.0868 -0.0111
0.0068 -0.1777  0.7151 -0.0046
0.1595  0.0363 -0.6332 -0.0730
0.0097  0.0056 -0.0257  0.0024
0.0830  0.0097 -0.0669 -0.0183
-0.0134 -0.2441 -0.0295  0.0250
-0.3168  0.1448  0.1189 -0.0592
0.0934  0.0193 -0.0906  0.7177
0.1911  0.0243 -0.0108 -0.6789
-0.1444 -0.9102 -0.1250 -0.0132

```

matriz_autovalores =

Columns 1 through 8

```

17.0352    0    0    0    0    0    0    0
  0 10.6921    0    0    0    0    0    0
  0    0  7.6065    0    0    0    0    0
  0    0    0  6.1531    0    0    0    0
  0    0    0    0  5.6900    0    0    0
  0    0    0    0    0  4.0250    0    0
  0    0    0    0    0    0  3.5677    0
  0    0    0    0    0    0    0  2.9855
  0    0    0    0    0    0    0    0
  0    0    0    0    0    0    0    0
  0    0    0    0    0    0    0    0
  0    0    0    0    0    0    0    0

```

Columns 9 through 12

```

  0    0    0    0
  0    0    0    0
  0    0    0    0
  0    0    0    0
  0    0    0    0
  0    0    0    0
  0    0    0    0
  0    0    0    0
  0    0    0    0
2.6971    0    0    0
  0  2.2561    0    0
  0    0  2.0298    0
  0    0    0  1.0265

```

Max =

17.0352

Carga_fatorial =

0.2573	-0.0911	-0.3553	0.4446	0.8999	0.6444	-1.0310
-0.2374	0.0275	0.2380	0.0524	-0.4986	-0.5484	0.7901
1.3264	-0.4129	-1.5354	-1.3516	-0.8130	0.6582	0.1382
0.4096	-0.1724	-0.9593	0.5319	0.9101	-0.3537	0.4560
0.3651	-0.3452	-1.3198	0.2852	1.1085	-0.2601	0.4993
3.1160	0.2846	1.3319	-0.5836	0.7948	0.0527	0.2491
2.1028	0.3972	-0.4102	1.7016	-1.0987	-0.0018	-0.1756
-0.5978	0.4028	0.2858	0.5245	0.1289	1.5925	0.8736
0.1443	1.7095	-0.3353	-0.1388	-0.0345	-0.3041	0.4604
-0.2201	1.8735	-0.3434	-0.1873	0.1129	-0.0884	-0.1109
-0.3333	1.8692	-0.1838	-0.2070	0.1753	0.1363	-0.3502
0.4281	0.1908	-0.3406	-0.3914	-0.1162	-0.1587	-0.4484

Var_espec =

Columns 1 through 8

1.0711	0	0	0	0	0	0	0
0	1.8925	0	0	0	0	0	0
0	0	0.1081	0	0	0	0	0
0	0	0	1.2361	0	0	0	0
0	0	0	0	0.9003	0	0	0
0	0	0	0	0	0.0137	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0293	0
0	0	0	0	0	0	0	0.1379
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Columns 9 through 12

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1.8011	0	0	0
0	0.8911	0	0
0	0	0.9099	0
0	0	0	2.0039

Comunalidades =

2.6865
1.2902

7.2274
 2.5620
 3.6214
 12.6012
 8.8814
 4.1924
 3.3807
 3.7443
 3.8535
 0.7286

Val_lim_superior =

297.7983

matriz_res_aux =

Columns 1 through 8

0	1.1048	0.1672	-0.0985	-0.2248	-0.0069	-0.1278	-0.0767
1.1048	0	0.2045	0.0127	-0.1115	0.0804	-0.0928	0.0286
0.1672	0.2045	0	0.1244	-0.1412	0.0146	-0.0163	-0.0919
-0.0985	0.0127	0.1244	0	-0.9650	-0.0003	-0.0876	0.0463
-0.2248	-0.1115	-0.1412	-0.9650	0	0.0268	0.1206	0.0126
-0.0069	0.0804	0.0146	-0.0003	0.0268	0	0.0094	-0.0044
-0.1278	-0.0928	-0.0163	-0.0876	0.1206	0.0094	0	-0.0056
-0.0767	0.0286	-0.0919	0.0463	0.0126	-0.0044	-0.0056	0
0.5108	-0.4580	-0.0821	-0.3199	-0.1557	-0.1449	-0.1228	-0.0485
-0.0895	0.2412	0.0641	0.0610	0.0493	0.0713	0.0390	-0.0036
-0.2960	0.2110	0.0820	0.1879	0.0925	0.0678	0.0768	-0.0507
-0.1407	0.1882	-0.3502	0.1038	0.0461	-0.0325	-0.0422	0.5188

Columns 9 through 12

0.5108	-0.0895	-0.2960	-0.1407
-0.4580	0.2412	0.2110	0.1882
-0.0821	0.0641	0.0820	-0.3502
-0.3199	0.0610	0.1879	0.1038
-0.1557	0.0493	0.0925	0.0461
-0.1449	0.0713	0.0678	-0.0325
-0.1228	0.0390	0.0768	-0.0422
-0.0485	-0.0036	-0.0507	0.5188
0	-0.8217	-0.8157	0.0574
-0.8217	0	-0.1201	-0.1855
-0.8157	-0.1201	0	-0.2379
0.0574	-0.1855	-0.2379	0

matriz_res_aux2 =

1.0159
 1.7075
 0.5575
 1.7541
 0.8248

0.3172
-0.0833
0.0499
1.4430
2.2331
1.8197
0.3759

matriz_res =

12.015