

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GEANESSON ALBERTO DE OLIVEIRA SANTOS

AVALIAÇÃO DE POLUIÇÃO SONORA DE TRÁFEGO NAS PROXIMIDADES DE
ESTAÇÕES-TUBO EM DIFERENTES ÁREAS DE ZONEAMENTO DA CIDADE DE
CURITIBA

CURITIBA

2015

GEANESSON ALBERTO DE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE POLUIÇÃO SONORA DE TRÁFEGO NAS PROXIMIDADES DE
ESTAÇÕES-TUBO EM DIFERENTES ÁREAS DE ZONEAMENTO DA CIDADE DE
CURITIBA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, parceria Universidade Federal do Paraná, SENAI e Universidade de Stuttgart, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

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

Co-Orientadora: Profa. Dra. Regina Weinshutz

CURITIBA

2015

S237a

Santos, Geanesson Alberto de Oliveira

Avaliação de poluição sonora de tráfego nas proximidades de estações-tubo em diferentes áreas de zoneamento da cidade de Curitiba/ Geanesson Alberto de Oliveira Santos. – Curitiba, 2015.

110 f. : il. color. ; 30 cm.

Tese - SENAI; Universidade de Stuttgart; Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2015.

Orientador: Paulo Henrique Trombetta Zannin – Co-orientador: Regina Weinschutz.

Bibliografia: p. 85-90.

1. Som - Medição. 2. Planejamento urbano. 3. Poluição sonora. 4. Gestão urbana. 5. Política pública. I. Universidade Federal do Paraná. II. SENAI. III. Universidade de Stuttgart. IV. Zannin, Paulo Henrique Trombetta. V. Weinschutz, Regina. VI. Título.

CDD: 363.74

TERMO DE APROVAÇÃO

GEANESSON ALBERTO DE OLIVEIRA SANTOS

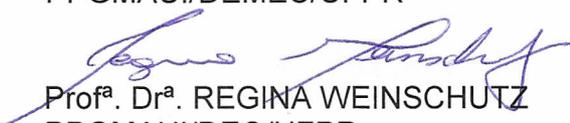
AVALIAÇÃO DE POLUIÇÃO SONORA DE TRÁFEGO NAS ESTAÇÕES-TUBO EM DIFERENTES ÁREAS DE ZONEAMENTO DA CIDADE DE CURITIBA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI/PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:


Prof. Dr. PAULO HENRIQUE TROMBETTA ZANNIN
PPGMAUI/DEMEC/UFPR

Coorientadora:


Prof^a. Dr^a. REGINA WEINSCHUTZ
PPGMAUI/DEQ/UFPR


Prof. Dr. BANI SZEREMETA
SENAC-PR


Prof. Dr. ALVARO LUIZ MATHIAS
PPGMAUI/DEQ/UFPR


Prof^a. Dr^a. MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE
Coordenadora do PPGMAUI-UFPR

Curitiba, 29 de abril de 2015.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me capacitado a passar por todas as adversidades.

Ao professor Dr. Ing. Paulo Henrique Trombetta Zannin, pela primeira oportunidade de pesquisas acadêmicas, voto de confiança, amizade, dedicação, transparência na relação aluno-professor e também por suas valiosas orientações para o desenvolvimento desta pesquisa, sem as quais não seria possível a realização deste.

Ao Laboratório de Acústica Ambiental–Industrial e Conforto Acústico-LAAICA do departamento de mecânica da UFPR, por ter me dado a oportunidade a doze anos atrás de ser bolsista de auxílio a pesquisas, e neste momento por prontamente emprestar os equipamentos de medições acústicas e a cessão do espaço laboral para a análise dos resultados deste trabalho.

A professora Dra. Regina Weinshutz pela colaboração para apresentação deste trabalho à disciplina de qualificação do PPGMAUI e por sua dedicação e ajuda nos momentos em que precisava.

Aos professores da banca Dr. Álvaro Mathias e Dr. Bani Szeremeta, pelas contribuições e incentivos na busca de aperfeiçoar este trabalho.

A todos os colegas e companheiros de trabalho do Centro de Medições e Validação do Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, em especial a João Luiz Amazonas Pimpão, Maurício Giller, Humberto Torres, Melissa Lucato, Carlos Gonzales e Sandro Vasconcelos, pelo compartilhamento de experiências e habilidades acadêmicas e profissionais.

A minha esposa Rosângela Alves de Bastos pelo auxílio nas medições técnicas e apoio moral. Aos meus pais no apoio e incentivo aos estudos. E a Alessandra Bastos, com sua experiência literária.

RESUMO

O município de Curitiba é dividido em setores de zoneamento de uso do solo. As vias de tráfego são utilizadas por muitos veículos de passeio e ônibus urbanos, os quais produzem ruído ambiental que impactam na qualidade de vida da população. As Estações de ônibus BRT, chamadas de Estações–Tubo, são dispositivos de embarque e desembarque de passageiros, são instalados em diversas áreas do município e foram utilizadas como referência para as medições desse estudo. As medições de ruído foram realizadas na entrada das Estações, no período diurno, entre 8h e 17h e nos meses de julho e agosto de 2014. A análise foi realizada de acordo com a norma brasileira ABNT-NBR10.151:2000 e registradas por um equipamento classe I. Foram selecionados 54 pontos de medições em função do tipo de população, contemplando áreas de parques, residências, comércios, escolas, universidades e hospitais em diferentes grupos de zoneamento do município. Os valores registrados foram comparados com a Lei municipal de Curitiba 10.625:2002 e podem contribuir com o planejamento futuro para readequação de vias e áreas de zoneamento e setores. Três limites são definidos pela legislação vigente para o período diurno, sendo os limites máximos de 55dB(A), 60dB(A) e 65dB(A) de acordo com cada área de zoneamento de uso do solo. Apenas o ponto 48, próximo à Estação–Tubo Antônio Meireles Sobrinho foi considerado livre de poluição acústica. Cerca de 74% dos resultados apresentaram valores entre 70 e 80dB(A), o que segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), aumenta os riscos de infartos, derrame cerebral e doenças patológicas. Os níveis de referência quanto o ruído de tráfego rodoviário do *Department of Housing in Urban Development-HUD* dos Estados Unidos apresentou um resultado inaceitável para 89% dos locais avaliados, além do que, apenas 2% dos mesmos são considerados satisfatório quanto a inteligibilidade da fala. Para planejamento de novas áreas de Zoneamento de uso do solo, pode-se impor a limitação de veículos em áreas próximos as Estações–Tubo e também um distanciamento maior entre Estações e via de tráfego, afim de diminuir o excedente de ruído. Ainda é recomendado o desenvolvimento de programas educacionais em escolas públicas, abordando o tema do ruído e o risco à saúde e a criação de uma normatização para o controle do ruído em vias de tráfego de ônibus BRT. A identificação pública das áreas poluídas acusticamente foi apontada neste trabalho para adequação do plano diretor da cidade de Curitiba.

Palavras-chave: Medição Sonora, Planejamento Urbano, Poluição Sonora, Gestão Urbana, Política pública.

ABSTRACT

The city of Curitiba is divided into a few land zones for urban usage. Among these zones, traffic routes are used by many passenger vehicles and city buses which produce harmful environmental noise to the population's quality of life. The BRT bus Stations, called Estações–Tubo (Tube Stations - devices of passengers's loading and unloading) are installed in various areas of the city and were used as reference for measurements of this study. The noise measurements were carried out at the entrance of the Stations during the months of July and August 2014, between 8 am and 5 pm. The analysis was performed according to the Brazilian standard ABNT-NBR10.151: 2000 and registered by a class I equipment. Around 54 measurements were chosen according to the type of population, covering areas of parks, homes, businesses, schools, universities and hospitals in different municipal zoning groups. The recorded values were compared with the municipal law of Curitiba 10.625: 2002 and they can contribute to further planning, readjusting routes, zonings and sectors. Three limits are set by law for daytime, with the maximum of 55dB(A), 60dB(A) and 65dB(A) according to each land usage zoning area. Only the point 48, near the “Estação–Tubo Antônio Meireles Sobrinho” was considered free of noise pollution. About 74% of the results showed values between 70 and 80dB(A), which according to the World Health Organization (WHO) increases the risk of heart attacks, stroke and other diseases. According to the noise reference levels determined by Department of Housing in Urban Development HUD - US, the results presented an unacceptable value on 89% of the evaluated places, in addition, only 2 % of them are considered satisfactory in term of speech intelligibility. In order to plan new areas of usage land a limitation of vehicles may be imposed in places near the Tube Stations, as well as longer distances can be projected between Stations and streets, reducing in this way the noise levels. Finally, the development of educational programs in public schools is recommended to alert people about the issue of noise environmental and the health risks who these noises can produce. Ultimately, this article provides subsidies for creation of a regulation for noise control in bus traffic routes in Curitiba.

Keywords: Noise Measurements, Urban Planning, Noise Pollution, Urban Management, Public Policy

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	-	ARRANJO DAS MOLÉCULAS DE AR VIZINHAS A FONTE GERADORA DE SOM E O SISTEMA DE VIBRAÇÃO DAS MOLÉCULAS DE AR EM TRÊS ETAPAS	18
FIGURA 2	-	FRENTE DE ONDA DA ONDA ESFÉRICA	23
FIGURA 3	-	SISTEMA BIOFÍSICO DO OUVIDO HUMANO	27
FIGURA 4	-	CURVA DE LIMIAR DA AUDIBILIDADE	29
FIGURA 5	-	SISTEMA DE TRANSPORTE CONDUZIDO POR MULAS EM 1887 NA CIDADE DE CURITIBA	38
FIGURA 6	-	RELAÇÃO DE OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS E CARROS POR PESSOAS	39
FIGURA 7	-	PLATAFORMA ELEVATÓRIA NA ENTRADA DA ESTAÇÃO-TUBO COQUEIROS	40
FIGURA 8	-	ÔNIBUS BRT DA LINHA EXPRESSO DA CIDADE DE CURITIBA	41
FIGURA 9	-	ÔNIBUS BRT DA LINHA DIRETA EXPRESSO DA CIDADE DE CURITIBA	42
FIGURA 10	-	ÔNIBUS BRT DA LINHA DIRETA DA CIDADE DE CURITIBA	43
FIGURA 11	-	DEMARCAÇÃO DA ÁREA DE MEDIÇÃO POR PONTOS PRETOS NO MAPA DE ZONEAMENTOS E SETORES DE CURITIBA	60
FIGURA 12	-	FORMA DE INSTALAÇÃO PARA TODOS OS LOCAIS DE PONTOS DE MEDIÇÃO	61
FIGURA 13	-	GRÁFICO DOS VALORES REGISTRADOS DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DE LAMÍN. LAEQ E LAMÁX E SEUS RESPECTIVOS VALORES MÉDIOS GLOBAIS	67
FIGURA 14	-	GRÁFICO DOS NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA (LEQ) REGISTRADOS DE TODOS OS PONTOS DE MEDIÇÃO EM FUNÇÃO ÁREAS DE ZONEAMENTO E USO DO SOLO	71
FIGURA 15	-	CONCENTRAÇÃO DE PESSOAS FORA DA ESTAÇÃO-TUBO, QUANDO A DEMANDA POR TRANSPORTE É ALTA	73

FIGURA 16 - ESPAÇO AMPLO PARA A POPULAÇÃO PRÓXIMA AO PONTO DE MEDIÇÃO 26, NO SETOR ESPECIAL CENTRO CÍVICO	74
FIGURA 17 - GRÁFICO DOS CRITÉRIOS DA NORMA HUD PARA OS LOCAIS DOS PONTOS DE MEDIÇÕES AVALIADOS	76
FIGURA 18 - GRÁFICO DA QUALIDADE DE INTELIGIBILIDADE DA FALA A 1 METRO ENTRE OS INTERLOCUTORES NOS LOCAIS DOS PONTOS DE MEDIÇÕES AVALIADOS	77
FIGURA 19 - ESTIMATIVA DA REAÇÃO POPULAR AO RUÍDO AMBIENTAL PRÓXIMOS AOS LOCAIS DE MEDIÇÕES	78

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	- ANALOGIA QUALITATIVA DOS COMPRIMENTOS DE ONDA DAS FONTES SONORAS E SUAS VIZINHANÇAS, NO MHS	20
QUADRO 2	- DESCRIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO REGISTRO DE RUÍDOS	24
QUADRO 3	- CRITÉRIOS DE EXPOSIÇÃO DE TRABALHADORES EM ÁREAS RUIDOSAS	32
QUADRO 4	- DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO DA FALA PARA SUAS CONDIÇÕES DE ESFORÇO	34
QUADRO 5	- DESCRIÇÃO DA SENSAÇÃO SONORA DO REGISTRO DE RUÍDOS	34
QUADRO 6	- CRITÉRIOS DO HUD EM RELAÇÃO A MÉDIA EM 24h DO NÍVEL DE RUÍDO EM dB(A) EQUIVALENTES	34
QUADRO 7	- LIMITES MÁXIMO DE RUÍDOS EMITIDOS POR VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO	48
QUADRO 8	- DESCRIÇÃO DA RESPOSTA ESTIMADA DA POPULAÇÃO EM UMA COMUNIDADE EM FUNÇÃO DO VALOR SOBRE-EXCEDENTE DE RUÍDO	51
QUADRO 9	- ORDEM CRESCENTE DE NÚMERO DE PONTOS, ASSOCIADOS AS ESTAÇÕES-TUBO, A ÁREAS DE ZONEAMENTO E USO DO SOLO E SEUS RESPECTIVOS LIMITES AO RUIDO DEFINIDO PELA LEI 10.625:2002, NO PERÍODO DIURNO	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	-	GANHO DE CORREÇÃO EM FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA DO FILTRO PONDERADO “A”	30
TABELA 2	-	ESCALA DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA PONDERADOS NA CURVA A	30
TABELA 3	-	NÍVEL DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO PARA AMBIENTES EXTERNOS	50
TABELA 4	-	NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÁXIMOS EM ÁREAS DE ZONEAMENTO E USO DO SOLO DA CIDADE DE CURITIBA	52
TABELA 5	-	VALORES REGISTRADOS DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DE L_{Amin} , L_{Aeq} E L_{Amax}	65
TABELA 6	-	MÉDIA DOS NÍVEIS MÍNIMOS DE PRESSÃO SONORA EM ESTAÇÕES PRÓXIMAS A ÁREA CENTRAL E PERIFÉRICA DA CIDADE DE CURITIBA	68
TABELA 7	-	DIFERENÇA DE NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA $LEQ(A)$, EM PONTOS DE MEDIÇÕES NUMA MESMA VIA DE TRÁFEGO	74
TABELA 8	-	MÉDIA DOS NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA NAS VIAS DE TRANSPORTE	75

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
BRT – *Bus Rapid Transit*
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
ECEH – *European Center for Environment and Health*
EIV - Estudo de Impacto de Vizinhança
HUD – *United States of America, Department of Housing in Urban Development*
IEC – *International Electrotechnical Commission*
LAAICA – Laboratório de Acústica Ambiental–Industrial e Conforto Acústico
MHS – Movimento Harmônico Simples
NBR – Norma Brasileira
NCA – Nível de Crítico de Avaliação
OMS – Organização Mundial da Saúde
PIB – Produto Interno Bruto
RIT – Rede Integrada de Transporte
SI – Sistema Internacional de Unidades
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente
UFPR – Universidade Federal do Paraná
URBS – Urbanização de Curitiba S/A
WHO – *World Health Organization*

LISTA DE SÍMBOLOS

A – Escala linearizada para o estudo de ruído em populações

dB – decibel

dB(A) – decibel ponderado na escala linearizada A

Hz – Hertz

LAeq – Nível Equivalente de Pressão Sonora ponderado na escala linearizada A

LAmáx – Nível Máximo de Pressão Sonora ponderado na escala linearizada A

LAmín – Nível Mínimo de Pressão Sonora ponderado na escala linearizada A

LAeq – Nível Equivalente de Pressão Sonora

Lmáx – Nível Máximo de Pressão Sonora

Lmín - Nível Mínimo de Pressão Sonora

Pa – Pascal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS	18
2.1 CONCEITOS FÍSICOS DO SOM	18
2.1.1 Pressão Sonora.....	18
2.1.2 Frequência Sonora	19
2.1.3 Quantificação da Energia Sonora.....	20
2.1.3.1 Nível de Pressão Sonora.....	21
2.1.3.2 Média de Valores de Nível de Pressão Sonora	22
2.1.4 Características gráficas do ruído	22
2.2 CONCEITOS PSICOACÚSTICOS	25
2.2.1 O aparelho auditivo	25
2.2.2 A Sensação Sonora.....	28
2.2.2.1 Nível Equivalente de Pressão Sonora	28
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
3.1 RUÍDO AMBIENTAL.....	32
3.1.1 Ruído de Tráfego.....	35
3.2 CARACTERÍSTICAS DA CIDADE DE CURITIBA.....	37
3.2.1 As Estações–Tubo da cidade de Curitiba.....	38
3.2.2 As linhas de transporte que utilizam Estações–Tubo em Curitiba.....	41
3.2.3 Os tipos de vias de transporte onde as Estações–Tubo são instaladas...	43
3.3 LEGISLAÇÃO E NORMAS DE NÍVEL NACIONAL E ESTADUAL.....	44
3.3.1 Decreto – Lei Federal 3688/1941	45
3.3.2 Lei Federal 6938/1981.....	45
3.3.3 Resolução CONAMA nº. 001/1986	47
3.3.4 Resolução CONAMA nº.001/1990	47
3.3.5 Resolução CONAMA nº.008/1993	48

3.3.6	Lei Federal nº. 10257:2001, sobre diretrizes gerais da política urbana....	49
3.3.7	Resolução 204:2006 do CONTRAN	49
3.3.8	NBR nº 10.151:2000 – Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas	49
3.4	LEGISLAÇÃO DE NÍVEL MUNICIPAL PARA AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO.....	51
3.4.1	Lei municipal 10.625/2002, da cidade de Curitiba	51
3.4.2	Lei municipal 11266/2004, da cidade de Curitiba.....	52
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.1	ESCOLHA DOS LOCAIS DE PONTOS DE MEDIÇÃO.....	54
4.1.1	Equipamento acústico utilizado e procedimento de ensaio	61
4.1.2	Métodos dos aspectos empíricos próximos das Estações–Tubo	63
4.1.3	Métodos de avaliação do conforto acústico da comunidade próxima as	63
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
5.1	DISCUSSÃO DOS NÍVEIS MÍNIMOS DE PRESSÃO SONORA (L _{Amín}).....	68
5.2	DISCUSSÃO DOS NÍVEIS MÁXIMOS DE PRESSÃO SONORA (L _{Amáx}).....	69
5.3	DISCUSSÃO DOS NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA (L _{Aeq})	69
5.3.1	Análise dos resultados de nível equivalente de pressão sonora L _{Aeq}	70
5.4	AVALIAÇÃO EMPÍRICA DO PESQUISADOR NOS LOCAIS AVALIADOS	73
5.5	ESTIMATIVA DE INCÔMODO DA POPULAÇÃO AO RUÍDO NOS LOCAIS AVALIADOS.....	76
5.6	REDUÇÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO A NÍVEIS RECOMENDADOS	80
6	CONCLUSÃO.....	82
7	IMPACTO DO TRABALHO, ESTUDOS GERADOS.....	84
	REFERÊNCIAS.....	85
	APÊNDICES.....	91

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o ruído gerado por automóveis e ônibus urbanos atinge milhares de usuários que estão nas ruas. Especialmente em grandes cidades, o crescimento da frota de automóveis aumenta juntamente com a poluição sonora, e o impacto do ruído de tráfego sobre a saúde tem sido objeto de vários estudos, podendo-se citar alguns exemplos como: Skinner e Grimwood (2005) que na cidade de Londres realizaram pesquisas objetivas e subjetivas em áreas residenciais e contribuíram para implementação de um plano de gestão para o controle do ruído em todo o Reino Unido. Também Babisch et al., (1993), na cidade de Bristol no Reino Unido, construíram uma escala que relaciona os riscos de doenças relacionadas ao coração ao ruído de tráfego para os distritos de Caerphilly e Speedwell.

Nos países desenvolvidos, os custos estimados com despesas de doenças causadas com o ruído são de 0,2% a 2% do PIB (produto interno bruto) e raras vezes o crescimento econômico vem acompanhado de medidas de prevenção a emissão do ruído, o que ocasiona um incremento na média do ruído nas cidades urbanas (CONCHA-BARRIENTOS, CAMPBELL-LENDRUN E STEENLAND, 2012). O ruído também é o segundo tipo de risco ambiental mais oneroso da Europa, atrás apenas da poluição do ar (BERGLUND, LINDVALL E SCHWELA, 2000).

O estudo da poluição sonora ou ruído ambiental especialmente em vias de áreas urbanas se mostra importante, especialmente quando estes dados são utilizados no plano diretor das cidades, para projetos de novas vias e novas áreas de zoneamento e de setores.

No município de Curitiba, os novos abrigos de passageiros chamadas de Estações–Tubo foram idealizadas em 1991, nelas ocorrem a parada de percurso dos ônibus BRT (*Bus Rapid Transit*) e dos famosos “ligeirinhos”. As Estações–Tubo possuem uma bela e diferente forma arquitetônica em relação a maioria dos abrigos para passageiros de ônibus urbano, chamando a atenção de milhares de turistas que visitam a cidade de Curitiba (MOURA, 2007).

Hoje cerca de 508 mil passageiros por dia acessam a Rede Integrada de Transporte–RIT através das Estações–Tubo. Elas estão instaladas em áreas classificadas por zoneamentos e setores de uso do solo, conforme a “Lei nº 9.800 de 03 de janeiro de 2000” do município de Curitiba, as Estações–Tubo geralmente estão

próximas a parques, residências, comércios, escolas, universidades, hospitais e regiões densamente povoadas. As Estações–Tubo estão sob influência do ruído pois são instaladas geralmente em vias de alto fluxo de veículos. A Lei municipal de Curitiba N° 10.625:2002 estabelece limites da poluição sonora ambiental em relação as áreas de zoneamentos e setores do município de Curitiba-PR. No Brasil a norma ABNT- NBR 10.151, 2000, sobre “A avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade”, orienta quanto ao modo de realizar o ensaio de medição de ruído e estipula os limites da poluição sonora ambiental em relação a áreas residenciais, comerciais, escolares e mista (ANSAY, 2013).

O ruído é classificado como um problema ambiental e uma poluição tóxica com abrangência continental (PAZ E ZANNIN, 2012), interferindo na saúde física e mental do ser humano, com reflexos nos sistemas nervoso central, digestivos, cardiovascular e imunossupressores (BRAUBACH, JACOBS E ORMANDY, 2011; HELLMUTH ET AL., 2012 E SOBOTOVÁ ET AL., 2001). O Centro Europeu para Saúde e Meio Ambiente (Organização Mundial da Saúde) demonstrou que o ruído ambiental é considerado como o terceiro maior fator de doenças relacionadas ao ambiente, atrás apenas da poluição do ar e da exposição indireta a fumaça do cigarro nos países do leste Europeu (BELOJEVIC, KIM E KEPHALOPOULOS, 2012), por isso a preocupação com o ruído ambiental em relação às comunidades expostas é justificável.

A cidade de Curitiba, estado do Paraná, é a capital brasileira com o maior número de carros por habitante do Brasil, cerca 0,9 veículo por habitante. Os dados do DENATRAN, Departamento Nacional de Trânsito, informam que o número de carros na cidade em dezembro de 2001 era de 722 997 veículos e os dados de janeiro de 2014 informam que o número de veículos saltou para 1.004.256, um crescimento de 39% do número de veículos em 13 anos.

O impacto do número de veículos nas vias de zonas urbanas reflete no ruído de tráfego nas grandes cidades e torna esta modalidade de ruído ambiental um objeto interessante de estudos, pois atinge milhares de pessoas, pedestres urbanos e passageiros dos sistemas de transporte. Este trabalho se torna importante e inédito, pois identifica quais áreas próximas as Estações–Tubo são poluídas acusticamente.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o ruído ambiental em diferentes pontos da cidade de Curitiba com uso de pontos próximos às Estações–Tubo como referência espacial de diversas zonas urbanas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Quantificar o Ruído Ambiental fora das Estações–Tubo, próximo a sua entrada;
- Comparar os valores de nível equivalente de pressão sonora próximo à Estação–Tubo com os valores de referência da “Lei N° 10.625,” (2002) da Prefeitura Municipal de Curitiba;
- Avaliar empiricamente os aspectos visuais e auditivos durante o tempo de permanência da população, no ambiente próximo a entrada das Estações–Tubo;
- Avaliar o bem estar da população nos locais de medições, através de valores registrados do ruído ambiental próximos as Estações–Tubo.

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 CONCEITOS FÍSICOS DO SOM

2.1.1 Pressão Sonora

Um meio material elástico no estado de vibração gera um movimento oscilatório chamada de força de excitação vibrante (KINSLER ET AL., 1982). Essa força excita uma oscilação nas moléculas de ar vizinhas ao meio gerador da pressão sonora (FIGURA 1).

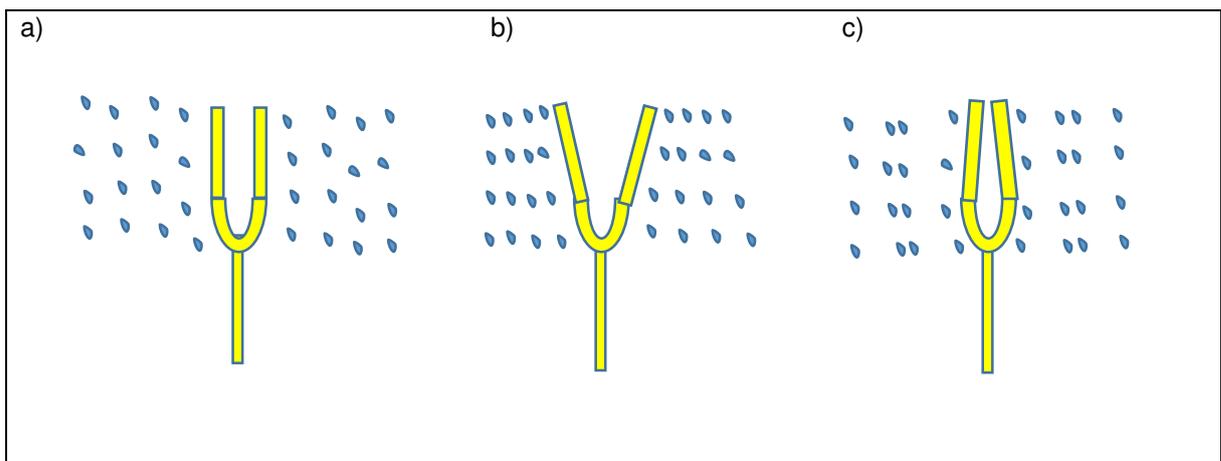


FIGURA 1 – ARRANJO DAS MOLÉCULAS DE AR VIZINHAS A FONTE GERADORA DE SOM E O SISTEMA DE VIBRAÇÃO DAS MOLÉCULAS DE AR EM TRÊS ETAPAS. a) ESTÁGIO DE EQUILÍBRIO. b) MÁXIMA COMPRESSÃO. c) MÍNIMA RAREFAÇÃO.

FONTE: ADAPTADO DE BISTAFA (2006)

No ar, as moléculas excitadas pela fonte passam para um estado de vibração em todas direções, em um movimento de compressão e rarefação (HANSEN, 1963). Essa rápida oscilação da pressão das moléculas de ar em relação a uma pressão de equilíbrio é chamada de pressão sonora ou pressão acústica.

A pressão de equilíbrio ou pressão atmosférica, é a força peso das moléculas da atmosfera exercendo a pressão sobre a superfície da Terra. Esta pressão diminui exponencialmente em relação à altura, tomando como referência o nível do mar (WALLACE; HOBBS, 2011).

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade da grandeza física pressão é o pascal (Pa) sendo definida como a pressão gerada por uma força de 1 Newton, distribuída uniformemente por uma superfície plana com área de 1 m², sendo a superfície perpendicular à força exercida (Quadro geral de unidades de medida : resolução CONMETRO nº 12/88, 2007).

A velocidade de propagação do som no ar é de 343 m/s, para a temperatura de 20°C e pressão atmosférica de 1 atm (HANSEN, 1963). Neste fenômeno termodinâmico não há tempo para que haja a troca de calor, sendo o ar da pressão sonora considerado em um processo adiabático (MORSE, 1948).

A pressão sonora também provoca a variação da densidade do ar devido ao deslocamento das partículas do fluido nos períodos de compressão e rarefação (TIPLER, 1991). A emissão de sons que saem dos instrumentos musicais ou o ruído ambiental de quaisquer fontes, obedece aos princípios físicos do conceito de pressão acústica.

2.1.2 Frequência Sonora

Como mostrado na seção (2.1.1), a vibração do meio gerador produz a pressão acústica e o deslocamento das partículas de fluido do meio excitado. Esta oscilação física do meio excitado se caracteriza principalmente pela frequência sonora, que é definida como o número de oscilações no período de 1 segundo. A equação (1) abaixo demonstra a relação da frequência com outras grandezas físicas:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Onde:

f = Frequência sonora [Hz];

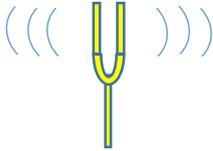
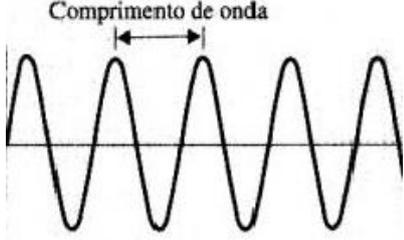
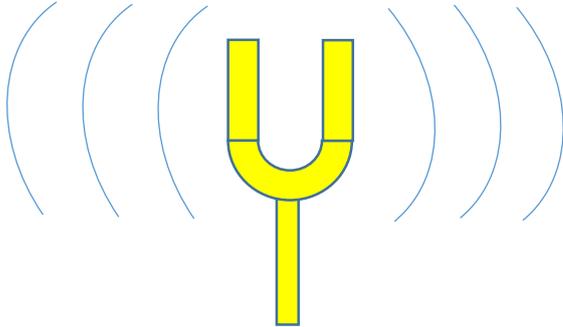
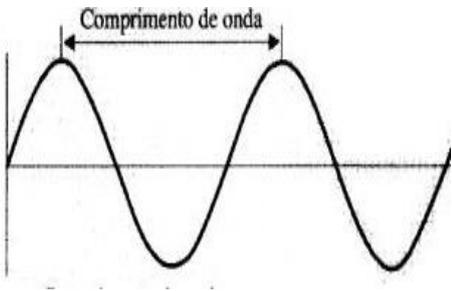
T = Período de oscilação acústica [s];

c = velocidade do som [m/s²]

λ = comprimento de onda [m]

Quando o movimento da fonte geradora do som é Harmônico Simples (MHS), a frequência da pressão sonora será a mesma da fonte geradora. Um exemplo é dos diapasões, que com frequência de pulsação conhecidas, produzem no ar ondas de

pressão sonora com rarefações e compressões de frequência sonoras também conhecidas (QUADRO 1).

COMPRIMENTO DE ONDA DE VIBRAÇÃO DO DIAPASÃO	COMPRIMENTO DE ONDA DO MEIO EXCITADO
	
	

QUADRO 1 – ANALOGIA QUALITATIVA DOS COMPRIMENTOS DE ONDA DAS FONTES SONORAS E SUAS VIZINHANÇAS, NO MHS

FONTE: O AUTOR (2015)

Esse tipo de pressão sonora aplica-se para o som chamado de tonal ou tom puro (única frequência). O som tonal geralmente é produzido de acordo com a característica física da dimensão da fonte sonora, onde as qualidades sonoras são fisiologicamente conhecidas como som agudo (pequeno comprimento de onda) e som grave (grande comprimento de onda).

2.1.3 Quantificação da Energia Sonora

A energia sonora irradiada é proporcional à amplitude ao quadrado da pressão sonora (GERGES, 1992). Para os sons tonais não há nenhum problema quanto a isso pois eles possuem frequência e amplitude bem definida, sendo empregado o cálculo de pressão eficaz conforme a equação (2), abaixo:

$$p_{\text{eficaz}} = \frac{A}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

Onde:

p_{eficaz} = pressão sonora eficaz [Pa];

A = Amplitude da pressão sonora p [Pa].

Entretanto, os sons na forma de ruído não são tons puros, eles possuem muitas formas alternadas e indeterminadas de amplitude e frequência da pressão sonora. Por isso torna-se impossível determinar a fonte sonora geradora (GERGES, 1992).

Os instrumentos de medição usam uma função de taxa de amostragem para calcular o valor médio da amplitude e frequência da pressão sonora. Sendo calculados por:

$$p_{\text{md}} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \quad (3)$$

Onde:

p_{md} = pressão sonora media quadrática [Pa];

$p(t)$ = pressão instantânea no tempo t [Pa],

T = taxa de amostragem (ms)

Então os valores médios quadráticos da pressão acústica dos sons com respostas indetermináveis serão calculados por:

$$p_{\text{total rms}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=j} p_{i \text{ md}}^2} \quad (4)$$

Onde:

$p_{\text{total rms}}$ = pressão sonora total eficaz [Pa];

$\sum p_{\text{md}}$ = somatório de taxas de amostragem da pressão sonora total eficaz [Pa];

2.1.3.1 Nível de Pressão Sonora

O nível de pressão sonora é chamado de L_p , sendo expressada na unidade decibel (dB), conforme a equação abaixo:

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p_{\text{total rms}}^2}{p_0^2} \right) \quad (5)$$

Onde:

L_p = Nível de pressão sonora [dB]

$p_{\text{total rms}}$ = pressão sonora total eficaz [Pa];

p_0 = pressão sonora eficaz de referência [Pa];

A equação (5) possui índices elevando ao quadrado as razões de pressões eficazes, quantificando a proporção em energia sonora.

A operação matemática desta escala difere de uma operação linear comum, por exemplo:

- Ao somar dois níveis sonoros iguais, o resultado será um nível sonoro acrescido de 3 dB;
- O acréscimo de 3 dB em um campo acústico equivalerá ao dobro da pressão sonora original.

2.1.3.2 Média de Valores de Nível de Pressão Sonora

Para o cálculo da média de valores de nível de pressão sonora deve-se utilizar o cálculo de média logarítmica como a equação (6) abaixo:

$$L_{mp} = 10 \log_{10} \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n 10^{\frac{(L_p)_i}{10}} \right] \quad (6)$$

Onde:

L_{mp} = Média do Nível de pressão sonora [dB];

$(L_p)_i$ = Valor do Nível de pressão sonora correspondente a medição i [dB];

n = número de medições.

2.1.4 Características gráficas do ruído

Uma onda sonora tridimensional se propaga em todas as direções a partir da fonte puntiforme em um campo livre e homogêneo sem superfícies refletoras. Se a

onda for esférica possui as chamadas frentes de onda (FIGURA 2), onde é possível verificar a diminuição da intensidade sonora em função da variação da área da frente de onda esférica. Ela se propagará até que um obstáculo a atenuar.

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \quad (7)$$

Onde:

I = Intensidade Sonora [W/m^2];

P = Potência sonora [W];

d = distância da fonte excitante [m].

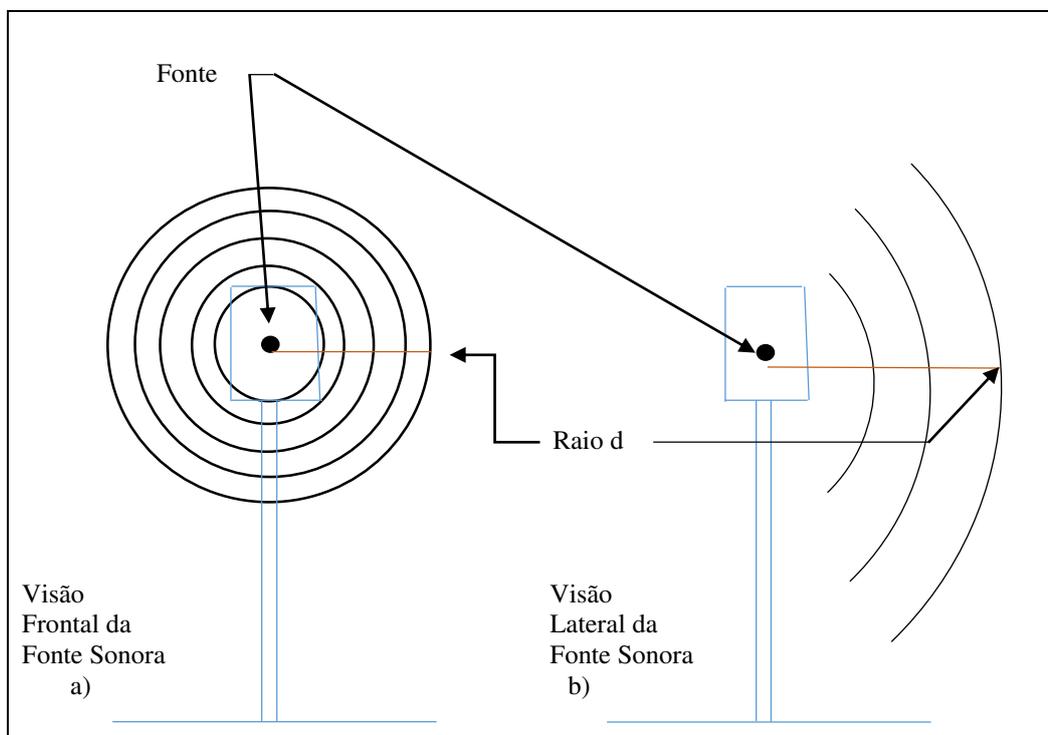


FIGURA 2 – FRENTE DE ONDA DA ONDA ESFÉRICA. a) VISTA FRONTAL DA FONTE EMISSORA. b) VISTA LATERAL DA FONTE EMISSORA
 FONTE: O AUTOR (2014)

Percebe-se então que para uma mesma potência P da fonte sonora pontual a intensidade sonora diminuirá em função do quadrado da distância d em relação a fonte, essa lei é chamada de “lei do inverso quadrado da distância”.

Para uma fonte pontual, a atenuação é de 6dB para cada duplicação de distância a fonte (KINSLER ET AL., 1982 E GRIFFITHS; LANGDON, 1968), conforme a equação (8), abaixo:

$$L_2 = L_1 - 20 \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_1} \right) \quad (8)$$

Onde:

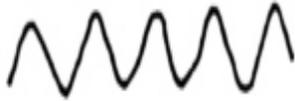
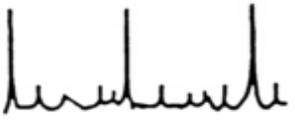
L_2 = Nível de Pressão Sonora na posição d_2 [dB];

L_1 = Nível de Pressão Sonora na posição d_1 [dB];

d_2 = Posição da frente de onda (m);

d_1 = Posição da fonte pontual (m).

No QUADRO 2 abaixo, estão representadas as características gráficas dos sons ou ruídos em relação a grandeza física Pressão Sonora. Onde após captar a onda de pressão sonora, os equipamentos de medição calculam (EQUAÇÃO 5) o nível de pressão sonora (L_p).

TIPO DE RUÍDO	CARACTERÍSTICA GRÁFICA	DESCRIÇÃO DO TIPO DE RUÍDO
Ruído flutuante		O ruído alterna continuamente numa forma periódica ou não
Ruído impulsivo		O ruído é constituído por um ou mais ataques de energia do som, cada um com uma duração inferior a cerca de 1s
Ruído intermitente		O ruído se comporta como registros de máxima (ex. fonte ligada) e registros de mínima (ex: fonte desligada ou mínimo) em uma forma não periódica

QUADRO 2 – DESCRIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO REGISTRO DE RUÍDOS
 FONTE: ADAPTADO DE HANSEN, (1963)

O ruído intermitente é o que possui características mais próxima do ruído de tráfego rodoviário em trechos urbanos, porque as vias das grandes cidades se transformam em fontes lineares quando o volume de tráfego é elevado (HANSEN, 1963).

A atenuação do ruído para fontes lineares é de 3dB, para cada duplicação de distância a fonte linear (KINSLER et al., 1982 e GRIFFITHS; LANGDON, 1968), pois a propagação deste tipo de ruído tem forma cilíndrica conforme a equação (9), abaixo:

$$L_2 = L_1 - 10 \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_1} \right) \quad (9)$$

Onde:

L_2 = Nível de Pressão Sonora na posição d_2 [dB];

L_1 = Nível de Pressão Sonora na posição d_1 [dB];

d_2 = Posição da frente de onda (m);

d_1 = Posição da fonte linear (m).

Especialmente em grandes cidades, o tráfego de veículos leves e pesados representa um objeto interessante de estudos no tocante à poluição sonora. Eles são a fonte de poluição sonora para o meio ambiente urbano.

2.2 CONCEITOS PSICOACÚSTICOS

2.2.1 O aparelho auditivo

O ouvido humano tem a função de captar a energia sonora oriunda das ondas sonoras e transformá-las em impulso sonoros onde o cérebro interpreta qual a qualidade e quantidade sonora (volume sonoro). Por ser um órgão importante ele é protegido pelo crânio. O ouvido é composto de três diferentes compartimentos: o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno.

2.2.1.1 Ouvido Externo

O ouvido externo possui três importantes elementos que são: pavilhão auditivo (orelha), canal auditivo e tímpano. Os três elementos possuem funções acústicas e não acústicas.

O pavilhão auditivo direciona o som para o canal auditivo, além de intensificar alguns sons graças às irregularidades da orelha.

O canal auditivo é um eficiente transmissor da onda sonora, não há obstáculos que atenuem a passagem do som. O som originado externamente cria impedâncias entre o ouvido externo e o canal auditivo, facilitando a transferência de energia sonora. O ar dentro da cavidade do canal auditivo está sob pressão constante de acordo com a pressão atmosférica.

No final do canal auditivo existe o tímpano que tem a função de receber a onda sonora e desse modo entrará no estado de vibração. A função do tímpano é transmitir a vibração para o ouvido médio.

2.2.1.2 Ouvido Médio

A função da cavidade do tímpano também chamada de ouvido médio é amplificar o sinal de vibração do tímpano que teve origem da onda sonora dentro do canal auditivo, para um sinal codificado em um meio líquido do ouvido interno. Junto ao tímpano existe uma conexão em série dos três menores ossos do corpo humano: Martelo, Bigorna e Estribo. Como informado na sessão anterior (2.2.1.1) o tímpano no seu lado periférico com a orelha está com a mesma pressão da pressão atmosférica média, já no lado interno no ouvido médio a pressão está sempre sendo controlada por um canal chamado de trompa de Eustáquio, a pressão sempre é ajustada à pressão atmosférica após um bocejo, espirro ou outra articulação com a boca.

Os ossos martelo e bigorna formam um sistema conectado afim de fazer o conhecido casamento de impedâncias. O martelo possui um braço de torque e uma área de contato para a vibração maior do que o osso bigorna, o martelo está conectado ao tímpano e por isso o sistema martelo–bigorna ao receber o sinal de vibração com muita amplitude e pouca energia corrige em sinal com menos amplitude com mais energia (AZEVEDO, A. P., 2004). Isso corresponde a um ganho de aproximadamente 27dB na região de frequência de 1000Hz, nas outras frequências o ganho não é tão expressivo quanto neste ponto.

O osso estribo faz à conexão com o osso bigorna, transmitindo o sinal amplificado para o ouvido interno, mais precisamente a uma membrana chamada de janela oval a qual está imersa em um líquido, desta maneira o estribo transmite o sinal codificado por vibração ao meio líquido.

2.2.1.3 Ouvido Interno

O ouvido interno consiste de um vasto sistema de dutos com líquidos formando labirintos, o sistema de dutos, chamado de cóclea é formado por labirinto ósseo e labirinto membranoso. Os dutos membranosos têm o formato de um espiral como um caracol, onde no início da espira o duto é largo e no final é fino.

Sabendo-se que a vibração do osso estribo é um sinal amplificado da captação da onda sonora no ar do tímpano, este sinal amplificado é transferido por vibração ao líquido na cóclea, onde as ondas de pressão sonora no líquido submetem os dutos de labirinto membranoso a uma tensão (FIGURA 3).

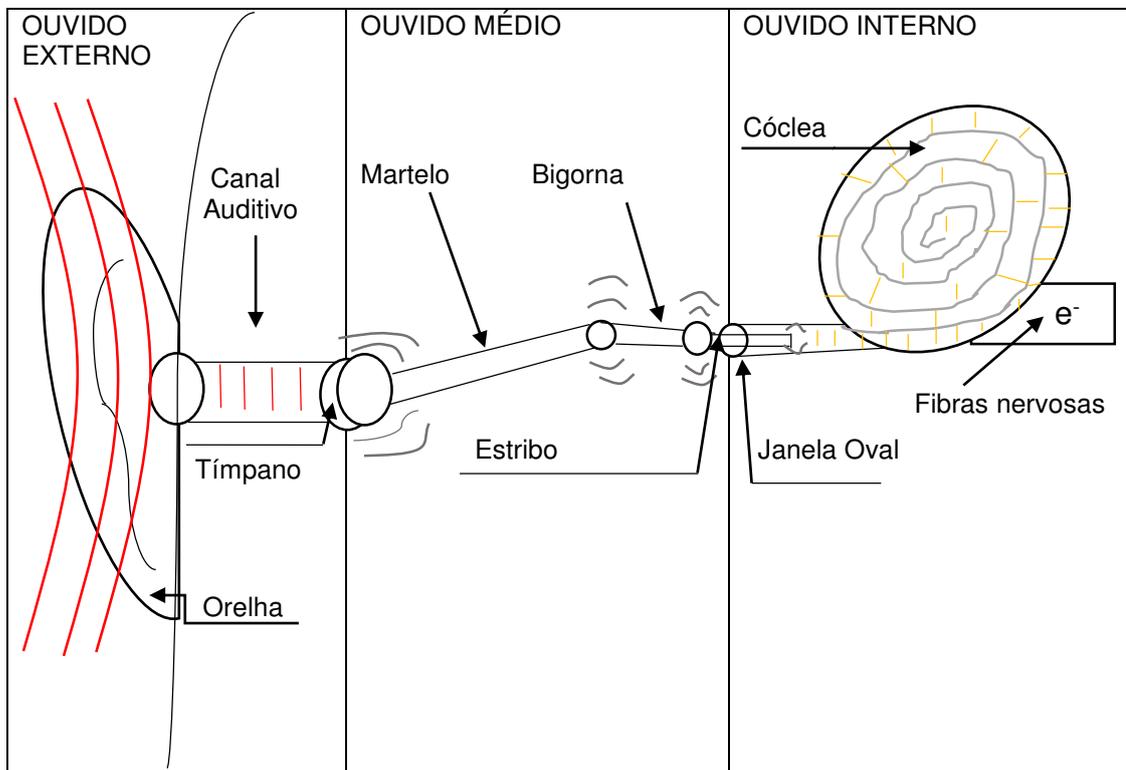


FIGURA 3 – SISTEMA BIOFÍSICO DO OUVIDO HUMANO
FONTE: O AUTOR (2014)

Devido à tensão, os dutos membranosos podem vibrar em ressonância conforme a frequência de vibração, onde as ondas de pressão de baixa frequência oscilam desde a entrada larga até o fim fino do duto. Já as ondas de pressão de alta frequência oscilam próximas à entrada larga do duto.

Em cada labirinto membranoso existem cerca de 30000 terminações nervosas que ao serem sensibilizadas pela vibração do líquido fazem a transdução em pulsos elétricos para o cérebro, e lá, se distingue psicicamente o que é o som.

2.2.2 A Sensação Sonora

O sistema auditivo de uma pessoa, quando submetido a ondas sonoras faz a transdução transformando o sinal da energia acústica em sensação sonora de som (BISTAFA, 2006).

Em relação à média da pressão atmosférica, a menor pressão sonora que o ouvido humano pode perceber é de 2×10^{-5} Pa chamada de “*limiar da audibilidade*” e a maior é de 60 Pa sendo chamada de “*limiar da dor*” (FERNANDES, 2002). A razão de ordem de grandeza entre os dois limiares é de aproximadamente 10^6 .

2.2.2.1 Nível Equivalente de Pressão Sonora

A equação (5), demonstrou a forma de calcular o nível de pressão sonora L_p , em função da pressão sonora eficaz de referência p_0 .

Para se obter os níveis variáveis de ruído durante uma medição e compará-los a função da sensação sonora humana, deve-se somar a energia acústica variável em função do tempo em relação a pressão sonora do limiar da audibilidade, como a seguir na equação 10.

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

Onde:

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

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

$p(t)$ = pressão sonora instantânea [N/m^2]

p_0 = pressão sonora do limiar da audibilidade 2×10^{-5} [N/m^2].

2.2.2.2 Nível de Audibilidade

Como citado na sessão (2.2.1.2), sobre o ouvido médio, o sistema de três ossículos (FIGURA 3) desempenha um papel importante no aumento do sinal captado no tímpano, fazendo que as frequências perto de 1000Hz se destaquem em detrimento das outras.

Em relação à frequência, o ouvido jovem e saudável em um campo acústico com uma pressão de limiar de audibilidade de 2×10^{-5} Pa, não pode escutar sons abaixo de 20 Hz e acima de 20000 Hz. Outro fenômeno interessante ocorre quando dois sons com a mesma pressão acústica de limiar de audibilidade 2×10^{-5} Pa, porém com frequências diferentes não são percebidos da mesma forma pelo cérebro.

Para sons de baixa frequência (grave) abaixo de 500 Hz, a intensidade sonora tem que ser aumentada para sensibilizar o cérebro humano. Já sons de alta frequência (agudo) acima 3000 Hz a intensidade sonora deve ser um pouco aumentada para também sensibilizar o cérebro, como demonstra a FIGURA 4.

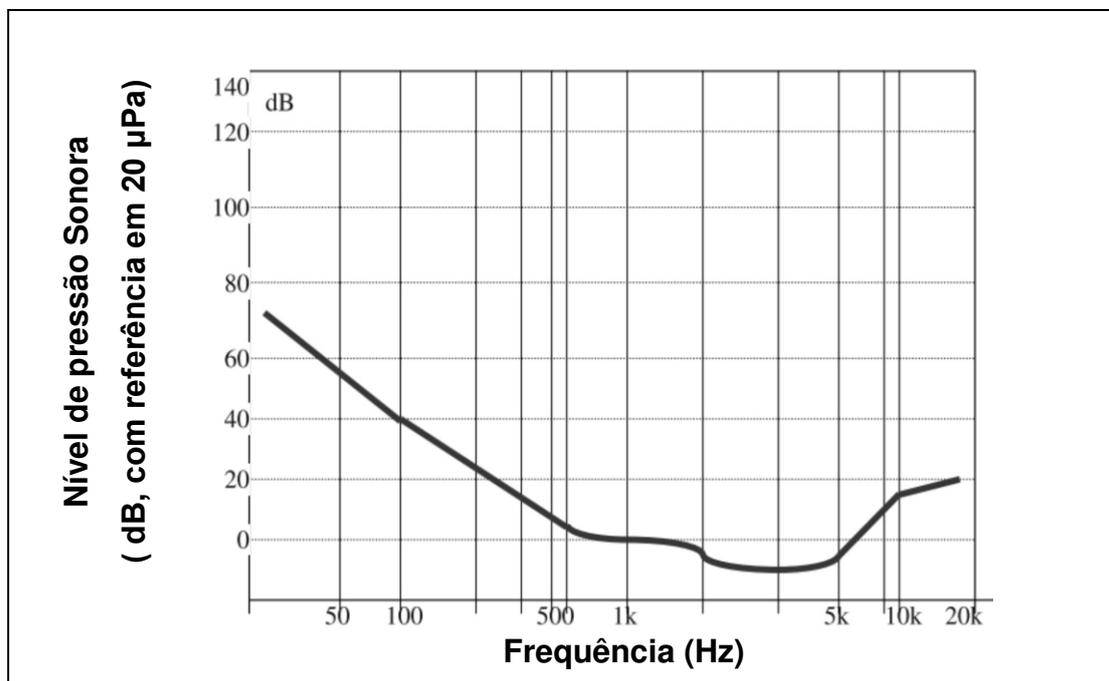


FIGURA 4 – CURVA DE LIMIAR DA AUDIBILIDADE
 FONTE: ADAPTADO DE FERNANDES, (2002)

A frequência da fala é na faixa de 500 Hz a 2000 Hz, sendo o ouvido projetado para dar preferência à audibilidade da comunicação. Desta forma, os instrumentos de medição ao registrarem valores de nível de pressão sonora em decibéis (dB) próxima a uma população, devem corrigir a sua leitura utilizando os valores do ganho do filtro

de ponderação “A” (TABELA 1), que considera a sensibilidade do ouvido humano ao nível de audibilidade em função de bandas centrais de frequência (HANSEN, 1963).

TABELA 1 – GANHO DE CORREÇÃO EM FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA DO FILTRO PONDERADO A

FREQUÊNCIA CENTRAL DA BANDA (Hz)	GANHO DO FILTRO DE PONDERAÇÃO “A” (dB)	FREQUÊNCIA CENTRAL DA BANDA (Hz)	GANHO DO FILTRO DE PONDERAÇÃO “A” (dB)
20	-50,5	1600	1,0
40	-34,6	2500	1,3
63	-26,2	3150	1,2
80	-22,5	4000	1,0
100	-19,1	5000	0,5
160	-13,4	6300	-0,1
250	-8,6	8000	-1,1
500	-3,2	10000	-2,5
630	-1,9	12500	-4,3
800	-0,8	16000	-6,6
1000	0	20000	-9,3
1250	0,6	-	-

FONTE: ADAPTADO DE HANSEN, (1963)

Os níveis de ruído calculados pela equação (10) e processados pelo filtro de ponderação (A), possuem a grandeza de medição chamada de nível equivalente de pressão sonora (L_{Aeq}). Sendo esta escala de medição usada para o estudo de ruído em populações (TABELA 2).

TABELA 2 – ESCALA DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA PONDERADOS NA CURVA A

FONTE SONORA	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PONDERADO NA CURVA –A EM dB (Escala Linearizada)	PRESSÃO SONORA EM Pa (Escala Logarítmica)
Armas militares de grande porte	180	20000
	170	6500
	160	2000
	150	650
Decolagem de jato a 25 m de distância (limiar da dor)	140	200
	130	65
	120	20
Limite superior para ouvidos desprotegidos de sons impulsivos	110	5,5
Impressora gráfica de jornais	90	0,6
Máquina de moagem a 1,2 m	80	0,2
Aspirador de pó	70	0,065
Conversa a 1m	60	0,02
Discurso Sussurrante	50	0,006
Ambiente Silencioso	40	0,002
	30	0,0006
Área rural coberto por neve sem vento e sem insetos	20	0,0002
	10	0,000065
Limiar médio do ouvido humano em 1000Hz.	0	0,00002
Limiar para audição muito boa.	-10	0,0000065

FONTE: ADAPTADO DE HANSEN, (1963)

A sensibilidade do ouvido humano em comparação a escala de valores de nível de pressão sonora varia entre 0 dB[A] (limiar da audição) e 140 dB[A] (limiar da dor).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RUÍDO AMBIENTAL

A poluição sonora é um risco em muitos locais de trabalho, tais como indústria de ferro e aço, serrarias, fábricas têxteis, aeroportos e lojas de manutenção de aeronaves, moinhos, e muitos outros (GERGES, SEHRNDT E PARTHEY, 1992).

A poluição sonora é chamada de ruído ocupacional quando a medição acústica é realizada no local de trabalho e próxima ao ouvido dos trabalhadores (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011). É levado em conta para este tipo de ruído a condição de tempo de exposição (QUADRO 3), pois desta forma é possível calcular os possíveis danos a essa exposição para um trabalhador (JOHNSON, PAPADOPOULOS E TAKALA, 1999 E DOBIE, 1995).

NÍVEL DE RUÍDO [dB(A)]	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 min
90	4 horas
91	3 horas e 30 min
92	3 horas
93	2 horas e 40 min
94	2 horas e 15min
95	2 horas
96	1 hora e 45min
98	1 hora e 15min
100	1 hora
102	45 min

QUADRO 3 – CRITÉRIOS DE EXPOSIÇÃO DE TRABALHADORES EM ÁREAS RUIDOSAS
FONTE: ADAPTADO DE MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (2011)

Excluindo-se o conforto do trabalhador em seu local de trabalho, a poluição sonora é chamada de ruído ambiental, pois considera o ambiente utilizado direta ou indiretamente por uma parcela da população.

Segundo Bistafa, (2006), a denominação de tempo de exposição para o ruído ambiental não é tecnicamente utilizada, pois se trata de efeitos fisiológicos em mais de um indivíduo. Desta forma o conhecimento dos efeitos causados pelo ruído ambiental em uma comunidade é produzido através de pesquisas objetivas de níveis

de ruído e correlacionadas a pesquisas subjetivas que estudam a percepção e os efeitos fisiológicos da população em uma comunidade.

O ruído Ambiental é presente de várias formas na comunidade como ruído de tráfego rodoviário; ferroviário; aéreo; em escolas, ginásios esportivos, parques públicos, shows musicais e também indústrias em relação à vizinhanças (CONCHA-BARRIENTOS ET AL., 2012).

A Organização Mundial da Saúde (BRAUBACH, JACOBS E ORMANDY, 2011), recomendou os seguintes valores de referência, quanto a nível de ruído para uma comunidade:

- Níveis de Pressão Sonora inferiores a 50 dB(A), o organismo tem facilidade para a adaptação e não causa transtorno;
- Níveis de Pressão Sonora acima de 55 dB(A), pode ocorrer o estresse;
- Níveis de Pressão Sonora acima de 70 dB(A) aumenta os riscos de infartos, derrame cerebral e outras doenças patológicas;
- Níveis de Pressão Sonora igual ou acima de 80 dB(A) ocorre a liberação de endorfinas, causando a sensação enganosa de prazer ao ouvir este tipo de som;
- Níveis de Pressão Sonora igual e superior a 100 dB(A) inicia-se a perda da audição.

Na cidade de Curitiba, especificamente no entorno do campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, Soares et al, (2014), realizaram uma análise objetiva de distribuição da frequência para o ruído ambiental. Foi identificado em todos os pontos de medições, Níveis Equivalentes de Pressão Sonora acima do limite permitido a lei 10.625:2002, isto devido ao grande tráfego de veículos nas vias próximas ao campus. Também os níveis Mínimos, Máximos e Equivalentes de pressão sonora se mantiveram elevados na faixa de frequência entre 63 Hz à 12500Hz.

O ruído causa danos como a deficiência auditiva, sendo geralmente definida como um incremento na curva de limiar de audição. Os déficits auditivos geralmente são acompanhados de zumbido nos ouvidos e isto ocorre na faixa de frequência de 3.000 Hz a 6.000 Hz, com o maior efeito em 4.000 Hz (BERGLUND, LINDVALL E SCHWELA, 2000; CONCHA-BARRIENTOS, CAMPBELL-LENDRUN E STEENLAND, 2012; DOBIE, 1995 E BROWN; LAM, 1987).

Outra preocupação quanto ao ruído é a sua influência na inteligibilidade da fala. No QUADRO 4 abaixo, estão os níveis de ruído produzidos pela fala humana e as condições de esforço a distância de 1 metro do ouvinte (MURGEL 2007).

NÍVEL DE RUÍDO DA FALA [dB(A)]	CONDIÇÕES DE ESFORÇO A 1m
57	normal
65	alta
74	muito alta
82	berro
88	máximo esforço

QUADRO 4 – DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO DA FALA PARA SUAS CONDIÇÕES DE ESFORÇO

FONTE: ADAPTADO DE MURGEL (2007)

Ainda a seguir no QUADRO 5, estão os níveis de ruído que em conjunto com a fala, interferem na qualidade de sua inteligibilidade (MURGEL 2007).

NÍVEL DE RUÍDO [dB(A)]	CONDIÇÕES DE QUALIDADE DA INTELIGIBILIDADE DA FALA A 1m
$Leq \leq 57$	excelente
$57 < Leq \leq 65$	satisfatória
$65 < Leq \leq 74$	adequada
$74 < Leq \leq 82$	difícil
$82 < Leq \leq 88$	impraticável
$Leq > 88$	impossível

QUADRO 5 – DESCRIÇÃO DA SENSAÇÃO SONORA DO REGISTRO DE RUÍDOS

FONTE: ADAPTADO DE MURGEL (2007)

Os critérios do U.S. *Department of Housing in Urban Development-HUD* (Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos) apresentam requisitos gerais de legislação e regulamentação Norte-Americana. Essas regulamentações determinam ações em relação ao habitat de uma população, a fim de que projetos de novas construções e reformas de imóveis estejam adequados perante os critérios padrões (QUADRO 6) aceitos pelo HUD.

CRITÉRIOS HUD	MÉDIA EM 24h DO NÍVEL DE RUÍDO EM dB(A)
Aceitável	Menor ou igual a 65 dB
Geralmente inaceitável	Maior que 65dB, mas menor ou igual a 75 dB
Ináceitável	Acima de 75 dB

QUADRO 6 – CRITÉRIOS DO HUD EM RELAÇÃO A MÉDIA EM 24h DO NÍVEL DE RUÍDO EM dB(A) EQUIVALENTES

FONTE: ADAPTADO DE HUD, (2011)

Valores de nível equivalente superiores a 65 dB(A), são chamadas de zonas de sombra acústica ou alta densidade de energia acústica. O que coloca a população urbana em um grau maior de risco, incluindo vários efeitos a saúde como: desequilíbrio emocional, perda de sono e distúrbios comportamentais (ZANNIN, P. H. T. ET AL., 2002 e CALIXTO, DINIS E ZANNIN, 2003).

3.1.1 Ruído de Tráfego

O ruído do tráfego é considerado um grande vilão, comparado a outros riscos ambientais da vida urbana. No centro de Belgrado na antiga Iugoslávia, foi realizada em 1997 uma pesquisa sobre o impacto do ruído de tráfego rodoviário sobre as pessoas. Os pesquisadores Belojevic e Jakovljevic, (1997), entrevistaram 257 pessoas moradoras em áreas próximas a vias de tráfego com níveis de pressão sonora superiores a 65dB(A) e 160 entrevistados que eram moradores de vias onde o nível de pressão sonora eram inferiores a 55dB(A). Os moradores das ruas barulhentas tinham maiores dificuldades para dormir em relação aos moradores das vias de menor barulho. Menos de 16% da população em áreas barulhentas tiveram pelo menos um desses sintomas: dor de cabeça, nervosismo, fadiga e sensação de depressão e pior relacionamento interpessoal entre os habitantes. Também menos de 0,1 % desta população em áreas barulhentas mantinham o hábito de manter as janelas abertas, ainda que em pequenos intervalos de tempo.

Na região metropolitana de Estocolmo em um ambiente residencial, foi estimado o grau de irritação e perturbação ao sono causados pelo ruído de tráfego rodoviário. Os resultados foram relacionados com a média de nível equivalente de pressão sonora Leq. Foi questionado também os efeitos na saúde relacionados ao ambiente, em uma amostra de 1.000 indivíduos. A faixa de idade era de 19 a 80 anos, em um município com tráfego intenso da região metropolitana de Estocolmo. Foi relatado que 13% dos indivíduos sofriam irritação por estarem expostos a nível Leq maior que 50 dB(A). Em compensação apenas 2% dos indivíduos sofriam algum tipo de irritação, quando estiveram expostos a valores de Leq menor que 50 dB(A). As perturbações ao sono foram citadas por 23% dos indivíduos expostos a valores de Leq maior que 50 dB(A) e 13% se disseram possuir algum incômodo ao sono nos níveis de Leq menor que 50 dB(A). Nestes locais, segundo Bluhm, Nordling e Berling, (2000), houve uma adaptação da população aos níveis de ruído quanto aos problemas relacionados ao sono, mas não houve a mesma adaptação para a irritabilidade.

Em Beirute no Líbano os níveis mais elevado de ruído foram de 79 dB(A). Eles ocorreram em áreas urbanas que correspondem ao alto fluxo de tráfego, obras de construção e transformadores de redes para distribuição elétrica. O nível mais baixo de som foi de 65 dB(A), sendo um local de zona rural. Uma pesquisa subjetiva também

foi realizada. O ruído de transporte recebeu o maior número de respostas: motocicletas (70,4%), o tráfego de outros veículos (63,1 %) e buzinas de carros (56,3%). Enquanto a construção (42%) e os transformadores de redes de distribuição elétrica (55,1%), também foram bastante citadas. O ruído do aeroporto recebeu apenas 13,8% principalmente devido a mudança de rota dos aviões, da cidade para o mar (KORFALI; MASSOUD, 2003).

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, Índia e China, o acréscimo do número de veículos em vias públicas corresponde ao aumento dos níveis de poluição sonora (ZANNIN; SANT'ANA, 2011 E SOARES ET AL., 2014). Na cidade de São Carlos no Brasil, uma pesquisa de mapeamento de ruído em vias de tráfego de uma área de uso misto, mostrou que em comparação com os níveis críticos da NBR10.151:2000, os níveis sonoros tanto medidos objetivamente quanto os simulados, estão acima do permitido pela norma. O que se demonstra um não conforto sonoro ambiental (SURIANO; VIVIANI, 2013).

O pesquisador Nagem, (2004), estudou o ruído de tráfego próximo a Universidade Estadual Unicamp na cidade de Campinas e demonstrou que todos os pontos estavam acima do valor de referência para conforto acústico de 50 dB(A), e concluiu que o tráfego de veículos é a principal fonte de ruído.

Alguns trabalhos na cidade de Curitiba avaliaram subjetivamente a questão do ruído de tráfego. Os pesquisadores Zannin et al., (2002), entrevistaram respondentes de residência fixa, e questionaram sobre o ruído de tráfego na rua em que moravam. Mais especificamente se houve ou não alteração do ruído na rua. Cerca de 60% dos entrevistados afirmaram que houve o aumento desta poluição ambiental.

O ruído gerado pelo tráfego de veículos é o principal fator de aborrecimento percebido pelos cidadãos de Curitiba, seguido pelo ruído causado pelos vizinhos. A análise realizada pelos pesquisadores Zannin et al., (2003), mostrou que os entrevistados apontaram os seguintes efeitos do ruído urbano, a saber: irritabilidade (58%), dificuldade de concentração (42%), insônia (20%) e dores de cabeça (20%).

Ainda na cidade de Curitiba os pesquisadores Fiedler e Zannin (2015), realizaram um levantamento do nível de ruído equivalente no Setor Especial BR-116, setor norte. Através de monitoramento e plotagem de mapeamento acústico, se identificou níveis de ruído que ultrapassaram os valores limites deste setor, e ainda nas margens da via próximos as edificações os valores chegavam facilmente a 70 dB(A). Mesmo com várias simulações, considerando condições em que o asfalto da

via fora substituído por um mais poroso, o número de veículos reduzido cerca de 90% do total e que a velocidade média estivesse entre 60 e 65 km/h, essas condições não permitiriam uma redução para 55dB(A) próximo a áreas sensíveis ao ruído como hospitais e escolas.

Os mapas de ruído foram também a base de trabalho de Bunn e Zannin (2015) na cidade de Curitiba. A substituição do pavimento e alterações de limites de velocidade não foram suficientes para a redução do ruído emitido pelos veículos em vias de tráfego. Porém o impedimento do tráfego de veículos pesados foi considerado uma boa medida para reduzir os níveis de ruído. Essas alterações simuladas nas vias de tráfegos reduziu os níveis de ruído entre 6 e 7 decibéis.

3.2 CARACTERÍSTICAS DA CIDADE DE CURITIBA

A cidade de Curitiba foi fundada em 29 de março de 1693 pelo deferimento do capitão povoador Matheus Martins Leme. Dessa maneira foi realizada a primeira eleição para câmara de vereadores e assim fundada a Vila de Nossa Senhora da Luz dos Pinhais que depois passou a ser chamada de Curitiba (CURITIBA, 2014).

A tradição da cidade de Curitiba com o meio ambiente começou em 1721 quando o ouvidor Raphael Pires Pardini determinou que os cortes de árvores deveriam ser feitos a partir áreas específicas, e que os moradores também deveriam cuidar dos ribeiros para que a cidade não ficasse em meio ao banhado. Em 1869 um grande contingente de imigrantes chegava a Curitiba vindos de várias regiões da Europa. Com a emancipação política do Paraná criaram as primeiras empresas, se tornaram empresários e lideraram o desenvolvimento industrial e o aprimoramento da arquitetura da cidade de Curitiba (CURITIBA, 2014).

A cidade cresceu, deixou o status de vila e se organizou com avenidas, estas projetadas em linha reta com cruzamentos em ângulos retos para facilitar a circulação. Assim, foi possível organizar o primeiro sistema de transporte em 1887 (FIGURA 5), o bonde puxado por mulas, o qual as passagens custavam 200 réis na primeira classe e 100 réis na segunda classe (CURITIBA, 2014).



FIGURA 5 – SISTEMA DE TRANSPORTE CONDUZIDO POR MULAS EM 1887 NA CIDADE DE CURITIBA
 FONTE: CURITIBA, (2014)

A mobilidade sempre foi o objetivo principal para a implementação de melhorias no sistema de transporte público. É o caso da implementação dos ônibus expressos em 1974 que circulavam exclusivamente em canaletas (URBS, 2014).

A Cidade de Curitiba possui ainda uma situação privilegiada em relação a outras cidades, pois desde de 1966, a Lei 2.828/66 democratiza a política pública sobre o plano diretor com o objetivo de resolver problemas como os de serviços básicos de: infraestrutura urbana, habitação, saneamento ambiental, desenvolvimento sustentável e mobilidade urbana. Antes mesmo da Lei Federal 10.257 de 2001 chamada Estatuto da Cidade, Curitiba já tinha aprovada em sua Câmara Municipal na data de 3 de janeiro de 2000 a lei nº. 9.800 sobre a ementa “...Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo...”, visando dar a cada região melhor utilização em função do sistema viário, do transporte público e incentivando à construção e ocupação ordenada nas áreas de setores residenciais, comerciais, industriais e mistas. Esta lei dispõe sobre a divisão do território do Município de Curitiba em zonas e setores como dispõe o mapa de Zoneamento e uso do solo da Cidade de Curitiba no APÊNDICE I.

3.2.1 As Estações–Tubo da cidade de Curitiba

Os abrigos para passageiros de um sistema de transporte estão associados a sua eficiência e sua marca (FERNANDO E ROCHA, 2005), pensando em uma nova forma arquitetônica com expressão turística foram projetados os novos abrigos de passageiros do transporte público de Curitiba chamado de Estação–Tubo. A primeira

cidade a ter o sistema implementado seria o Rio de Janeiro em 1984, mas o projeto não foi aprovado, entretanto em 1989 na gestão do arquiteto, urbanista e ex-prefeito de Curitiba Jaime Lerner, foi aprovado o projeto realizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC (MIRANDA, SILVA E OKIMOTO, 2011).

As Estações–Tubo teriam como inovação o acesso de mesmo nível ao ônibus chamado de Ligeirinho (PRESTES E DUARTE, 2009). O sucesso da implementação desse sistema de transporte foi tão expressivo que uma Estação–Tubo e um ônibus Ligeirinho esteve em exposição no Habitat II (II Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos) em Nova York e também em Istambul (MOURA, 2007). Essas inovações na área de transporte público, colocaram Curitiba na rota de prêmios internacionais tais como: “*Building and Housing Foundation*” (MÜLLER, 2004) e a *Worldwatch Institute* (MACHADO, 2003), dando à cidade maior atratividade turística.

As canaletas de uso exclusivo para ônibus juntamente com as Estações–Tubo deram o pontapé inicial ao sistema BRT, “*Bus Rapid Transit*”, hoje conhecido mundialmente. O sistema BRT foi configurado em Curitiba no ano de 2011 vendendo a imagem bem sucedida de metrô sobre rodas, com uma pequena fração do custo da tecnologia do transporte de metrô (BRT BRASIL, 2013).

Hoje cerca de 508.000 passageiros por dia na cidade de Curitiba e mais de 160 países no mundo usam este sistema de transporte (BRT BRASIL, 2013). Esse sistema pode ser aperfeiçoado, pois um ônibus BRT com capacidade para 230 pessoas pode substituir 57 carros (FIGURA 6), e assim melhorar a mobilidade urbana.

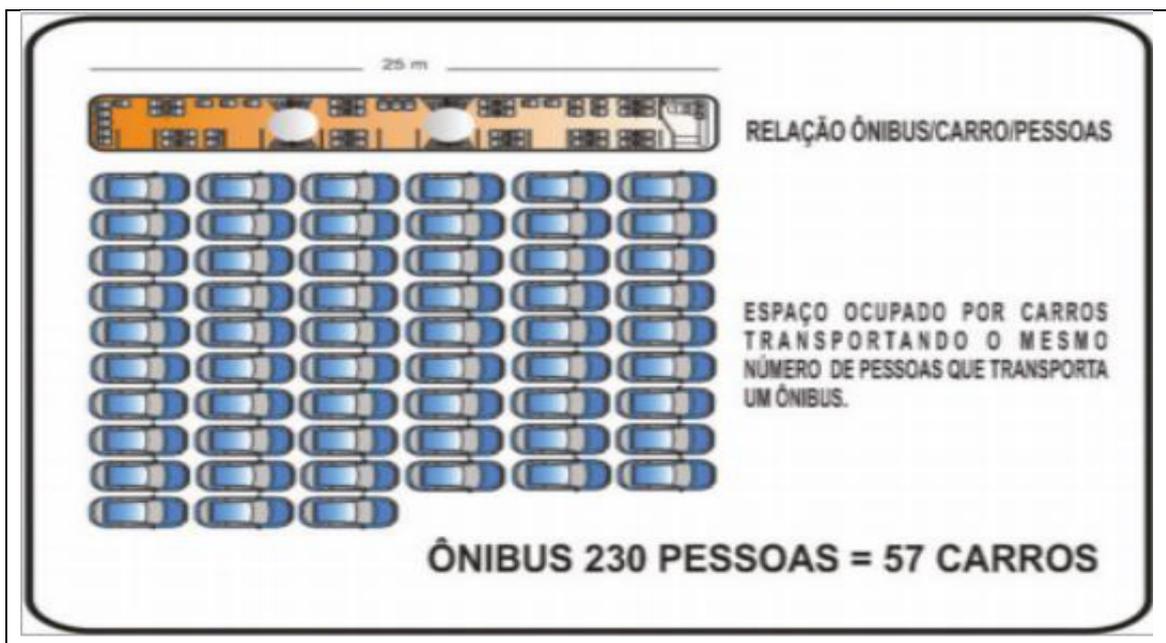


FIGURA 6 – RELAÇÃO DE OCUPAÇÃO DE ÔNIBUS E CARROS POR PESSOAS
 FONTE: URBS, (2014)

A empresa pública de economia mista conhecida por URBS atua como órgão executivo e fiscalizador do transporte público, sendo também responsável em implementar e conservar o mobiliário urbano de todas Estações–Tubo da cidade de Curitiba. A URBS pode alterar o projeto original das Estações–Tubo nas seguintes ocasiões: Aumento da demanda de passageiros por hora no local, adequação às áreas de terrenos e mudança de tecnologia dos ônibus e de linhas de transporte.

Hoje em Curitiba e na sua região metropolitana existem 357 Estações–Tubo que estão interligadas com a Rede Integrada de Transporte (RIT), e todas pertencem ao “Sistema Integrado do Transporte Público de Curitiba”, permitindo que os passageiros possam compartilhar várias linhas do transporte público com o pagamento de uma só passagem (URBS, 2014).

Uma Estação–Tubo geralmente recebe passageiros das 6:00h as 24:00h de segunda a segunda (JUNGLES et al., 2013). A população em geral acessa as Estações–Tubo através de uma escada e posteriormente uma catraca, a qual é controlada pelo profissional cobrador de passagem.

Os passageiros portadores de necessidades especiais utilizam o sistema de plataforma elevatória (FIGURA 7) comandada pelo cobrador e em seguida acessam a Estação–Tubo pela porta anexada a catraca.



FIGURA 7 – PLATAFORMA ELEVATÓRIA NA ENTRADA DA ESTAÇÃO–TUBO COQUEIROS
FONTE: O AUTOR (2014)

3.2.2 As linhas de transporte que utilizam Estações–Tubo em Curitiba

3.2.2.1 Linha Expressa

São linhas para transporte de massa de passageiros podendo os ônibus BRT desta linha transitar dos terminais de integração dos bairros para as Estações–Tubo da região central, podem também transitar entre as Estações–Tubo de bairros próximos e de bairros distantes. A distância média das Estações–Tubo na Linha Expressa é de 500 m e os ônibus BRT que a operam são os articulados e biarticulados de cor vermelha (FIGURA 8). As linhas expressas utilizam os corredores de transporte das canaletas exclusivas, faixas exclusivas e de vias exclusivas (URBS, 2014).



FIGURA 8 – ÔNIBUS BRT DA LINHA EXPRESSO DA CIDADE DE CURITIBA
 FONTE: URBS, (2014)

3.2.2.2 Linha Direta Expresso

A Linha Direta Expresso foi criada para desafogar o número de passageiros da Linha Expressa e diminuir o tempo de viagem devido ao intervalo entre as Estações–Tubo. O usuário pode transitar entre os terminais de integração e as Estações–Tubo central ou terminais de integração e Estações–Tubo de bairros periféricos ao centro. A Linha Direta Expresso utiliza os ônibus biarticulados BRT popularmente conhecido como “Ligeirão Azul” (FIGURA 9) e compartilha a mesma estrutura viária e corredor

de tráfego da linha expressa. O “Ligeirão Azul” opera com biocombustível a base de soja, que reduz 50% a emissão de poluentes, e dispõem de sensores que garantem a preferência ao cruzar em avenidas com semáforos (URBS, 2014).



FIGURA 9 – ÔNIBUS BRT DA LINHA DIRETA EXPRESSO DA CIDADE DE CURITIBA
FONTE: URBS, (2014)

3.2.2.3 Linha Direta Ligeirinho

Os ônibus da linha direta foram os primeiros que utilizaram as Estações–Tubo, eles são chamados de ligeirinhos devido a distância entre Estações–Tubo que é maior do que o abrigo de passageiros comum, reduzindo assim o tempo de viagem. O usuário através desta linha de transporte pode transitar entre os terminais de integração e as Estações–Tubo. O ônibus ligeirinho (FIGURA 10) é do tipo *padron* com embarque e desembarque em mesmo nível com a plataforma das Estações–Tubo. Esta linha de transporte percorre o corredor de transporte chamada de via compartilhada (URBS, 2014).



FIGURA 10 – ÔNIBUS BRT DA LINHA DIRETA DA CIDADE DE CURITIBA
 FONTE: URBS, (2014)

3.2.3 Os tipos de vias de transporte onde as Estações–Tubo são instaladas

3.2.3.1 Canaleta Exclusiva

Possui uma pista central utilizadas exclusivamente por ônibus BRT das linhas expressa e direta expresso. Para cada lado da pista central existem uma via de sentido único para veículos leves. A separação física da faixa central e a via é feita por calçadas e as Estações–Tubo são ali instaladas (URBS, 2014).

3.2.3.2 Faixa Exclusiva

São faixas onde somente ônibus de linha expressa, linha direta Ligeirinho e linha Direta Expresso ligeirão trafegam. Na margem direita ou esquerda da faixa exclusiva é possível o tráfego de veículos leves e pesados. Não há calçadas que separem estas vias. As Estações – Tubo estão instaladas nas calçadas de pedestre (URBS, 2014).

3.2.3.3 Via compartilhada

São vias em que os ônibus compartilham a mesma pista com veículos leves e pesados. O ônibus Linha Direta Ligeirinho é o único dos que acessam as Estações–Tubo e que utilizam estas vias compartilhada. Existe uma indicação amarela na pista em frente ao tubo que demonstra o uso exclusivo da Linha Direta Ligeirinho para realização de embarque e desembarque de passageiros. A Estação–Tubo pode ser instalada na calçada de pedestre e em calçada no meio da divisão de sentido de faixas (URBS, 2014).

3.2.3.4 Via exclusiva

São faixas utilizados exclusivamente por ônibus BRT de linhas expressa e direta expresso. Não possui via lenta para automóvel nas suas extremidades e as Estações–Tubo podem ser instaladas na calçada de pedestre (URBS, 2014).

3.3 LEGISLAÇÃO E NORMAS DE NÍVEL NACIONAL E ESTADUAL PARA AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL

Historicamente o avanço da ciência e tecnologia sempre promoveu o aumento do ruído, dando a falsa sensação que o ruído significa o preço do desenvolvimento. A relação Ruído e Meio Ambiente Urbano se tornou então uma questão importante na esfera do legislativo brasileiro. O meio ambiente é um bem protegido juridicamente a fim de resguardar a qualidade de vida com saúde, sendo possível a responsabilização em caso de danos.

No título III, capítulo II e artigo 23º da constituição federal de 1988, é especificada a competência da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios para fazer a gestão dos cuidados do meio ambiente. No inciso VI deste mesmo capítulo se especifica uma ação importante destas esferas governamentais,

que é: “*proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas*”. Desta maneira, autoriza a todas essas esferas governamentais a cuidar das interações humanas ao meio ambiente e autoriza a fiscalização.

Ainda no mesmo título III, capítulo II, artigo 24° e inciso VI descreve sobre: “*competete a união, aos estados e o distrito federal legislar concorrentemente sobre: ..., proteção do meio ambiente e controle da poluição*”.

Já no título VII, capítulo II, artigo 182° esclarece sobre a política de desenvolvimento urbano do poder público municipal e afirma que a função desta política é garantir o crescimento sustentável da cidade. Ainda no parágrafo 1° do artigo 182° especifica o plano diretor da política de sustentabilidade de cidades para mais de 20 mil habitantes.

3.3.1 Decreto – Lei Federal 3688/1941

Este decreto trata das “Leis das contravenções penais”. No capítulo IV, Artigo 42°, trata de: “Perturbar alguém, o trabalho ou sossego alheios”.

E nos incisos seguintes especifica as formas de perturbações, como a seguir:

- I. com gritaria ou algazarra
- II. exercendo profissão incomoda ou ruidosa, em desacordo com as prescrições legais;
- III. abusando de instrumentos sonoros e sinais acústicos;
- IV. provocando ou não procurando impedir barulho produzido por animal de quem tem guarda.

Pena – Prisão simples, de quinze dias a três meses, ou multa.

3.3.2 Lei Federal 6938/1981

Esta lei dispõe sobre a política nacional do meio ambiente e no capítulo intitulado “*DA POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE*” no artigo 2° se destacam os seguintes princípios aplicados a poluição sonora:

- I. ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- ...
- V. controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI. incentivo ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII. acompanhamento do estado ambiental;
- VIII. recuperação de áreas degradadas;
- IX. proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- X. educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio-ambiente.

No artigo 3º se destaca as seguintes definições em relação a poluição sonora:

- I. Meio Ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;
- II. Degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;
- III. Poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:
 - a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
 - b) criem condições adversas às atividades sociais econômicas;
 - c) afetem desfavoravelmente a biota;
 - d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
 - e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;
- IV. Poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

3.3.3 Resolução CONAMA n°. 001/1986

Esta resolução dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Destaca-se em relação a poluição sonora o seguinte no artigo 1º, *“Para efeito desta resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria e energia resultante de atividades humanas, que direta e indiretamente, afetam”*:

- I. a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- II. as atividades sócias e econômicas
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais.

3.3.4 Resolução CONAMA n°.001/1990

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é um órgão consultivo e deliberativo que compõe o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente). O CONAMA estabelece normas, critérios e padrões de condutas para a qualidade do meio ambiente. A resolução CONAMA n°. 001/1990 estabelece padrões de conduta referente ao ruído no meio ambiente, em que se resolve:

- I. A emissão de ruídos, em decorrência de qualquer atividades comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecido nesta resolução;

E o artigo 4º a define: *“A emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os produzidos no interior do ambiente de trabalho, obedecerão as normas expedidas, respectivamente, pelo conselho nacional de transito – CONTRAN,...”*.

A resolução CONAMA 001:1990, não especifica claramente sobre o ruído produzido pelo conjunto de vários veículos em uma via pública. Apesar de existir

limites máximos de ruído para cada automóvel, a falta de uma legislação federal específica para ruído de tráfego em vias públicas dificulta o monitoramento, a fiscalização e as propostas políticas para a resolução do problema do ruído de tráfego.

A responsabilidade de gestão do ruído é transferida para órgãos públicos no item V da resolução CONAMA 001:1990, onde cita: “*As entidades e órgãos públicos (federais, estaduais e municipais) competentes, no uso do respectivo poder da política, disporão de acordo com o estabelecido nesta resolução, sobre a emissão ou proibição da emissão de ruídos produzidos por qualquer meio ou de qualquer espécie, considerando sempre o local, horários e a natureza das atividades emissoras, com vistas a compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público*”.

3.3.5 Resolução CONAMA n°.008/1993

Esta resolução determina o nível máximo de ruído para cada categoria de veículo automotor na saída de fábricas instaladas no Brasil e de fábricas instaladas no exterior em que os veículos são importados para o Brasil. O QUADRO 7 abaixo, mostra resumidamente a faixa de nível de ruído máximo permitida para cada tipo veículo em movimento acelerado.

TIPO DE VEÍCULO	FAIXA DE NÍVEL MÁXIMO DE PRESSÃO SONORA [dB(A)]
A Veículos de passageiros até nove lugares e veículo de uso misto derivado de automóvel	77 a 78
Veículo de passageiros com mais de nove lugares, veículo de carga ou de tração, veículo de uso misto não derivado de automóvel	78 a 80
Veículo de passageiro ou até de uso misto com peso bruto total maior que 3.500 kg	80 a 83
Veículo de carga ou de tração com peso bruto total acima de 3.500 kg	83 a 84

QUADRO 7 – LIMITES MÁXIMO DE RUÍDOS EMITIDOS POR VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO
 FONTE: ADAPTADO DE CONAMA, (1993)

3.3.6 Lei Federal nº. 10257:2001, sobre diretrizes gerais da política urbana

Esta lei federal é muito importante quanto ao gerenciamento do ruído nas grandes cidades. No capítulo II, seção XII (Do estudo de impacto de vizinhança) e ainda no seu artigo 36, determina que *“Lei municipal definirá os empreendimentos e atividades privados ou públicos em área urbana que dependerão de elaboração de estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV) para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento a cargo do Poder Público Municipal.”* E no artigo 37º e parágrafo V, afirma que a EIV, de responsabilidade do poder público municipal contemplará fatores positivos e negativos que afetem a qualidade de vida da população residente ou próximas a área, quanto a geração de tráfego e demanda por transporte público.

3.3.7 Resolução 204:2006 do CONTRAN

Regula de acordo com a orientação da resolução CONAMA 008/1993, o ruído de equipamentos de som em veículos nas vias públicas e fora delas, em condições que não atrapalhem o sossego público.

3.3.8 NBR nº 10.151:2000 – Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas

Esta norma mostra as condições para a avaliação da conformidade do ruído em comunidades vizinhas, não importando a existência de reclamações. Especifica também um método de medição de ruído, em que é avaliada medições de nível de pressão sonora equivalente ou LAeq que é definido na equação (10). Se referenciando na IEC 60804, os resultados das medições devem ser expressos em decibel ponderados em “A”, como descrito na seção (2.2.2.1), sendo expressados os resultados em dB[A].

A NBR 10.151:2000 referencia também as normas:

- IEC – 60651:1979 – *Sound level meters*;

- IEC – 60804:1985 – *Integrated averaging sound level meters*;

A norma NBR 10.151:2000 também determina que o medidor de nível de pressão sonora deve atender as especificações da IEC 60651 quanto a classe de exatidão, podendo ser do tipo 0, tipo 1 ou tipo 2.

O levantamento de níveis de ruído deve ser organizado de maneira que o ponto onde será feita a medição seja no exterior do limite da propriedade que contém a fonte de ruído. A altura do ponto de medição deve ser de 1,2 m e deve-se garantir a distância de pelo menos 2 m do limite da propriedade que contém a fonte e de qualquer outra superfície refletora.

Se destacam também outros cuidados no momento da medição como:

- Todos os valores de nível de pressão sonora devem ser aproximados de valores inteiros mais próximos;
- Não devem ser efetuadas medições na existência da interferência audíveis de fenômenos da natureza;
- O tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão, podendo ser uma amostra ou uma sequência delas;
- Deve-se prevenir o efeito do vento sobre o microfone usando o protetor, conforme instrução do fabricante;
- O critério de avaliação do ruído se baseia na comparação do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e o nível de Critério de Avaliação (NCA), estabelecido conforme a TABELA 3;
- O período de medição chamado de diurno começa às 07:01 h:min e termina às 21: 59 h:min do mesmo dia, com exceção a períodos diurnos de domingos e feriados;
- Nas medições de ruído sem características impulsivas e tonais não é necessário fazer correções;
- Os medidores de nível de pressão sonoras deveram ser calibrados

TABELA 3 – NÍVEL DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO PARA AMBIENTES EXTERNOS

TIPOS DE ÁREAS	Leq DIURNO [dB(A)]	Leq NOTURNO [dB(A)]
Sítios e fazendas	40	35
Estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Mista, predominantemente residencial	55	50

Continuação

TIPOS DE ÁREAS	Conclusão	
	Leq DIURNO [dB(A)]	Leq NOTURNO [dB(A)]
Mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Mista, com vocação recreacional	65	55
Predominantemente industrial	70	60

FONTE: NBR10.151, (2000)

A norma ABNT NBR 10.151:2000 substitui a norma NBR 10.151:1987. Na versão de 1987 era mostrado uma tabela com a resposta estimada de reclamação ao ruído pela população (QUADRO 8), desenvolvida por Peterson; Gross, (1978).

VALOR SOBRE-EXCEDENTE DO NÍVEL-CRÍTICO dB(A)	RESPOSTA ESTIMADA DA COMUNIDADE AO RÚIDO	
	CATEGORIA	DESCRIÇÃO
0	Nenhuma	Não se observam queixas
5	Pouca	Queixas esporádicas
10	Média	Queixas generalizadas
15	Enérgicas	Ação comunitária
>15	Muito Enérgicas	Ação comunitária vigorosa

QUADRO 8 – DESCRIÇÃO DA RESPOSTA ESTIMADA DA POPULAÇÃO EM UMA COMUNIDADE EM FUNÇÃO DO VALOR SOBRE-EXCEDENTE DE RÚIDO

FONTE: ADAPTADO DE BRASIL (1987)

A norma NBR 10.151:2000 esclarece que as medições devem ser realizadas na divisa da propriedade pública ou privada detentora da fonte de emissão do ruído. Entretanto, as vias públicas urbanas, apesar de serem propriedades públicas e fontes lineares de ruído de tráfego rodoviário (Seção 2.1.4), são indiretamente responsáveis. Pois o fluxo de veículos que pode ser de propriedade pública ou privada é que verdadeiramente afeta o nível equivalente médio de pressão sonora (HANSEN, 1963).

3.4 LEGISLAÇÃO DE NÍVEL MUNICIPAL PARA AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA

3.4.1 Lei municipal 10.625/2002, da cidade de Curitiba

Esta lei trata do ruído urbano, proteção do bem estar e do sossego público. O artigo 1º destaca que é proibido perturbar o sossego e o bem estar público com sons, ruídos e vibrações que causem incômodo de qualquer natureza ou que ultrapassem os limites fixados nesta lei. No artigo 2º, destaca-se que o período de medição diurno inicia-se às 07h e 1min e conclui-se às 19h, vespertino das 19h e 1min às 22h e

noturno das 22h e 1 min às 07h. Confirma também que o ensaio de medição deve ser feitas de acordo com a norma da ABNT NBR 10.151:2000.

Os tipos de áreas da norma NBR 10.151:2000 (TABELA 3), são adaptadas as áreas de zoneamento e setores da cidade de Curitiba pela lei 10.625:2002. Desta maneira cria-se valores de referência permissíveis por área de zoneamento (TABELA 4).

TABELA 4 – NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÁXIMOS EM ÁREAS DE ZONEAMENTO E USO DO SOLO DA CIDADE DE CURITIBA

ZONAS DE USO	VALORES DE REFERÊNCIA		
	Leq DIURNO [dB(A)]	Leq VESPERTINO [dB(A)]	Leq 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, ZUC-II, ZT-MF, ZT – NC, ZE-E, ZE-M, ZOO, SE-CC, SE-OS, 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, SEHIS, SE-LE, SEVC-PASSÚNA, SEVS – PASSAÚNA, APA – SS, Vias prioritárias 1 e 2, Vias Setoriais, Vias coletoras 1, 2 e3	60	55	50
ZS-1, ZS-2, ZES, ZI, ZEI-I (CIC), APA- SUE	70	60	60

FONTE: ADAPTADO DA LEI MUNICIPAL N° 10.625 (2002)

3.4.2 Lei municipal 11266/2004, da cidade de Curitiba

Esta lei dispõe sobre a adequação do Plano Diretor de Curitiba ao Estatuto da Cidade – Lei Federal n° 10257/01. Esta lei municipal organiza o crescimento e funcionamento do município e deve segundo a lei federal n°. 10257/01 ser atualizada a cada 10 anos, a última atualização ocorreu em 2004. No capítulo I, trata-se especificamente da Estruturação Urbana, e no seu artigo 10° define o Macrozoneamento como: *“é o estabelecimento de áreas diferenciadas de adensamento, uso e ocupação do solo visando dar a cada região melhor utilização em função das diretrizes de crescimento, da mobilidade urbana, das características ambientais e locacionais, objetivando o desenvolvimento harmônico da comunidade e o bem estar social de seus habitantes”*. O artigo 17° do capítulo II, sobre a Mobilidade Urbana e Transporte, trata sobre a política municipal dos sistemas viários, de circulação e trânsito, e descreve o seguinte: *“planejar, executar e manter o sistema*

viário segundo critérios de segurança e conforto da população, respeitando o meio ambiente...”.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo demonstra como foram realizadas as etapas para estruturação da pesquisa e o método de amostragem do ruído de tráfego em locais próximos às Estações–Tubo para garantir condições de reprodutibilidade.

4.1 ESCOLHA DOS LOCAIS DE PONTOS DE MEDIÇÃO

Foram selecionados 54 (cinquenta e Quatro) Estações–Tubo, distribuídos em pontos intuitivamente importantes, pois eram regiões próximas a escolas e hospitais e presença intensa de pessoas. Este valor foi previsto também para que, de modo viável, as medições ocorressem em boas condições climáticas e em uma faixa de horário diurno (APÊNDICE III), em cerca de 30 dias compreendendo julho e agosto de 2014. Inicialmente, foram estimados 48 pontos, no entanto, foi estendido a 54 pontos devido a intensificação de medidas decorrente do domínio da técnica de análise.

Com o apoio do site www.google.com.br/maps, foi realizada uma busca pelas Estações–Tubo da cidade de Curitiba. No espaço de busca se digitou o texto: “*Curitiba*”, apresentando assim a localização da cidade. Em seguida no mesmo espaço de busca se digitou: “*Estação–Tubo*”, e o site apresentou a localização das 357 Estações–Tubo de Curitiba e região metropolitana. Posteriormente, os pontos foram associados às informações do mapa de zoneamento urbano da cidade de Curitiba (APÊNDICE I).

Como as Estações–Tubo estão instaladas em áreas de zoneamento e uso do solo e estão espalhadas por toda a cidade, foram escolhidos pontos de medição para representar diferentes condições das áreas de zoneamento e das vias de tráfego (BARRIGON MORILLAS ET AL., 2002) da seguinte maneira:

- Todas as áreas de zoneamento e de uso do solo nas quais houvesse uma Estação–Tubo, um ponto de medição foi selecionado;
- Nas áreas de zoneamento e uso do solo que tiveram mais que uma Estação–Tubo, 2 a 4 pontos de medição foram selecionados. Foram

priorizadas as Estações–Tubo instaladas em vias movimentadas e em locais mais próximos às escolas, universidades, hospitais, ginásios esportivos, parques públicos e comércios.

Combinando o resultado da busca de endereço das Estações–Tubo com o mapa de zoneamento e uso do solo, formou-se uma grade irregular (LESTER, MALCHAIRE E THIERY, 1992 ; BROWN; LAM, 1987) de 54 diferentes pontos de medições espalhados pela cidade de Curitiba.

No QUADRO 9 abaixo, estão relacionados os nomes das Estações–Tubo e seus correspondentes números de ponto de medição, áreas de zoneamentos e setores, vias de transporte e valor de referência a lei 10.625:2002.

NÚMERO DO PONTO DE MEDIÇÃO	NOME DA ESTAÇÃO-TUBO	ÁREA DE ZONEAMENTO E SETORES (Lei Municipal 9.800:2000)	VIAS DE TRANSPORTE	VALOR REFERÊNCIA DIURNO, LEI 10.625:2002 [dB(A)]
1	Presidente Taunay	Zona Residencial Mercês (ZR-M)	Canaleta Exclusiva	55
2	Praça das Nações	Zona Residencial 1 (ZR-1)	Via Compartilhada	55
3	Vila São Pedro	Zona Residencial 2 (ZR-2)	Via Compartilhada	55
4	Alto boqueirão	Zona Residencial 2 (ZR-2)	Via Compartilhada	55
5	Xaxim	Zona Residencial 2 (ZR-2)	Via Compartilhada	55
6	Presidente Kennedy	Zona Residencial 3 (ZR-3)	Via Compartilhada	55
7	Santa Quitéria	Zona Residencial 3 (ZR-3)	Via Compartilhada	55
8	Paioi	Zona Residencial 3 (ZR-3)	Via Exclusiva	55
9	Praça do Expedicionário	Zona Residencial 4 (ZR-4)	Via Compartilhada	65
10	Maria Clara	Zona Residencial 4 (ZR-4)	Canaleta Exclusiva	65
11	Jardim Botânico	Zona Residencial 4 (ZR-4)	Canaleta Exclusiva	65
12	Quartel	Zona Especial Militar (ZE-M)	Canaleta Exclusiva	60
13	Jardim das Américas	Zona Especial Educacional (ZE-E)	Via Compartilhada	60
14	Jardim Botânico - UFPR	Zona Especial Educacional (ZE-E)	Via Compartilhada	60
15	PUC	Zona Especial Educacional (ZE-E)	Via Compartilhada	60

Continuação

continuação

NÚMERO DO PONTO DE MEDIÇÃO	NOME DA ESTAÇÃO-TUBO	ÁREA DE ZONEAMENTO E SETORES (Lei Municipal 9.800:2000)	VIAS DE TRANSPORTE	VALOR REFERÊNCIA DIURNO, LEI 10.625:2002 [dB(A)]
16	Circulo Militar	Zona Central (ZC)	Via Compartilhada	65
17	Central	Zona Central (ZC)	Via Exclusiva	65
18	Praça Rui Barbosa Sentido Centenário)	Zona Central (ZC)	Canaleta Exclusiva	65
19	Praça Tiradentes (Sentido Colombo)	Setor Histórico (SH)	Via Exclusiva	65
20	Nestor de Castro (Sentido CIC)	Setor Histórico (SH)	Via Compartilhada	65
21	Nestor de Castro (Sentido Santa felicidade)	Setor Histórico (SH)	Via Compartilhada	65
22	Detran	Zona Especial Desportiva (ZE-D)	Via Compartilhada	65
23	Colégio Militar	Zona Especial Desportiva (ZE-D)	Via Compartilhada	65
24	Passeio Público	Setor Especial Centro Cívico (SE-CC)	Canaleta Exclusiva	60
25	Comendador Fontana	Setor Especial Centro Cívico (SE-CC)	Via Compartilhada	60
26	Centro Cívico – Palácio Iguaçú	Setor Especial Centro Cívico (SE-CC)	Via Compartilhada	60
27	Paulo Gorski	Setor Especial Nova Curitiba (SE-NC)	Canaleta Exclusiva	65
28	U.S. Campo Comprido	Setor Especial Nova Curitiba (SE-NC)	Canaleta Exclusiva	65
29	CIC Norte	Setor Especial Nova Curitiba (SE-NC)	Via Exclusiva	65
30	Hospital Trabalhador	Setor Especial (SE)	Canaleta Exclusiva	65

Continuação

continuação

NÚMERO DO PONTO DE MEDIÇÃO	NOME DA ESTAÇÃO-TUBO	ÁREA DE ZONEAMENTO E SETORES (Lei Municipal 9.800:2000)	VIAS DE TRANSPORTE	VALOR REFERÊNCIA DIURNO, LEI 10.625:2002 [dB(A)]
31	Hospital Cajuru	Setor Especial (SE)	Canaleta Exclusiva	65
32	Urbano Lopes	Setor Especial (SE)	Canaleta Exclusiva	65
33	UTFPR	Setor Especial (SE)	Canaleta Exclusiva	65
34	Marumbi	Setor Especial Wenceslau Brás (SE – WB)	Faixa Exclusiva	65
35	Dom Ático	Setor Especial Wenceslau Brás (SE – WB)	Faixa Exclusiva	65
36	Wenceslau Bras	Setor Especial Wenceslau Brás (SE – WB)	Faixa Exclusiva	65
37	Marechal Floriano	Setor Especial BR-116 (SE – BR116)	Canaleta Exclusiva	65
38	Fanny	Setor Especial BR-116 (SE – BR116)	Canaleta Exclusiva	65
39	Xaxim – Linha Verde	Setor Especial BR-116 (SE – BR116)	Canaleta Exclusiva	65
40	Conselheiro Dantas	Setor Especial da avenida Marechal Floriano (SE-MF)	Canaleta Exclusiva	65
41	Coronel Luiz José dos Santos	Setor Especial da avenida Marechal Floriano (SE-MF)	Canaleta Exclusiva	65
42	Agrárias	Setor Especial Institucional (SEI)	Via Compartilhada	65
43	Delegado Amazor Prestes	Setor Especial da avenida Afonso Camargo (SE – AC)	Canaleta Exclusiva	65
44	Germânia	Setor Especial da avenida Afonso Camargo (SE – AC)	Faixa Exclusiva	65
45	Professora Maria A Teixeira	Setor Especial da avenida Afonso Camargo (SE – AC)	Canaleta Exclusiva	65

Continuação

conclusão

NÚMERO DO PONTO DE MEDIÇÃO	NOME DA ESTAÇÃO-TUBO	ÁREA DE ZONEAMENTO E SETORES (Lei Municipal 9.800:2000)	VIAS DE TRANSPORTE	VALOR REFERÊNCIA DIURNO, LEI 10.625:2002 [dB(A)]
46	Catulo da Paixão Cearense	Setor Especial da rua Engenheiro Costa Barros (SE-CB)	Via Compartilhada	65
47	Cajuru	Setor Especial da rua Engenheiro Costa Barros (SE-CB)	Canaleta Exclusiva	65
48	A. Meirelles Sobrinho	Setor Especial da rua Engenheiro Costa Barros (SE-CB)	Canaleta Exclusiva	65
49	Érico Verissimo	Setor Especial Linhão do Emprego (SE-LE)	Faixa Exclusiva	65
50	Coqueiros	Setor Especial Linhão do Emprego (SE-LE)	Faixa Exclusiva	65
51	Quitandinha	Setor Especial Linhão do Emprego (SE-LE)	Faixa Exclusiva	65
52	Centro Comunitário	Setor Especial Habitação de Interesse Social (SEHIS)	Via Compartilhada	65
53	Bairro Novo	Setor Especial Habitação de Interesse Social (SEHIS)	Via Compartilhada	65
54	Osternack	Setor Especial Habitação de Interesse Social (SEHIS)	Via Compartilhada	65

QUADRO 9 - ORDEM CRESCENTE DE NÚMERO DE PONTOS, ASSOCIADOS AS ESTAÇÕES-TUBO, A ÁREAS DE ZONEAMENTO E USO DO SOLO E SEUS RESPECTIVOS LIMITES AO RUIDO DEFINIDO PELA LEI 10.625:2002, NO PERÍODO DIURNO

FONTE: O AUTOR (2014)

Abaixo segue a FIGURA 11, indicando a localização de cada ponto de medição no mapa de zoneamento e uso do solo da cidade de Curitiba.

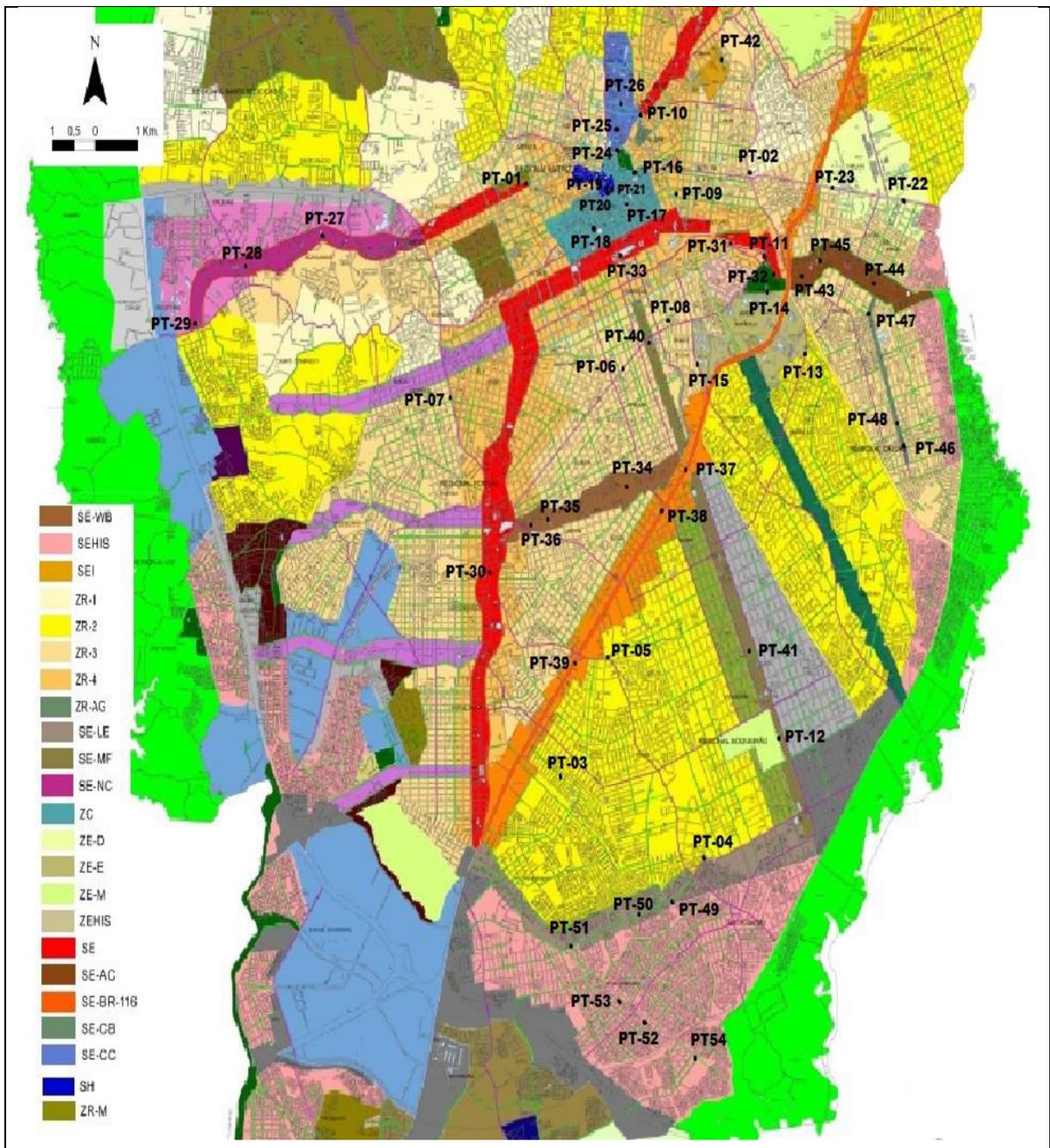


FIGURA 11 – DEMARCAÇÃO DA ÁREA DE MEDIÇÃO POR PONTOS PRETOS NO MAPA DE ZONEAMENTOS E SETORES DE CURITIBA
 FONTE: ADAPTADO DE CURITIBA (2014)

É possível localizar o endereço de qualquer Estação–Tubo, acessando o site www.google.com.br/maps, onde no espaço de busca se digita: “Estação–Tubo + (nome da Estação–Tubo)” e clica-se em pesquisar.

4.1.1 Equipamento acústico utilizado e procedimento de ensaio

Foi utilizado o equipamento BK 2238 (classe I) e seu acessório, o microfone BK4188, sendo estes fabricados pela companhia dinamarquesa *Brüel & Kjaer*.

Cada Estação–Tubo possui uma forma de instalação diferente devido ao espaço do terreno e via de transporte (QUADRO 9) e para satisfazer essas condições e as orientações da NBR 10.151:2000 (seção 3.3.8), foram definidas e praticadas estas formas de instalação e posicionamento do BK 2238, próximo à entrada de passageiros das Estação–Tubo, a saber:

- Instalação do equipamento BK 2238 em um tripé, numa altura de 1,2 m acima do solo;
- Distância do tripé à Estação–Tubo de no mínimo 2 m. A contar da superfície de vidro cilíndrica interna da Estação–Tubo, que estava mais próxima do profissional cobrador;
- A direção da distância do tripé à Estação–Tubo, estaria o mais paralelo possível à dimensão da largura cilíndrica da Estação–Tubo.

Na FIGURA 12 abaixo, é mostrado a forma de instalação para todos os locais de pontos de medição.

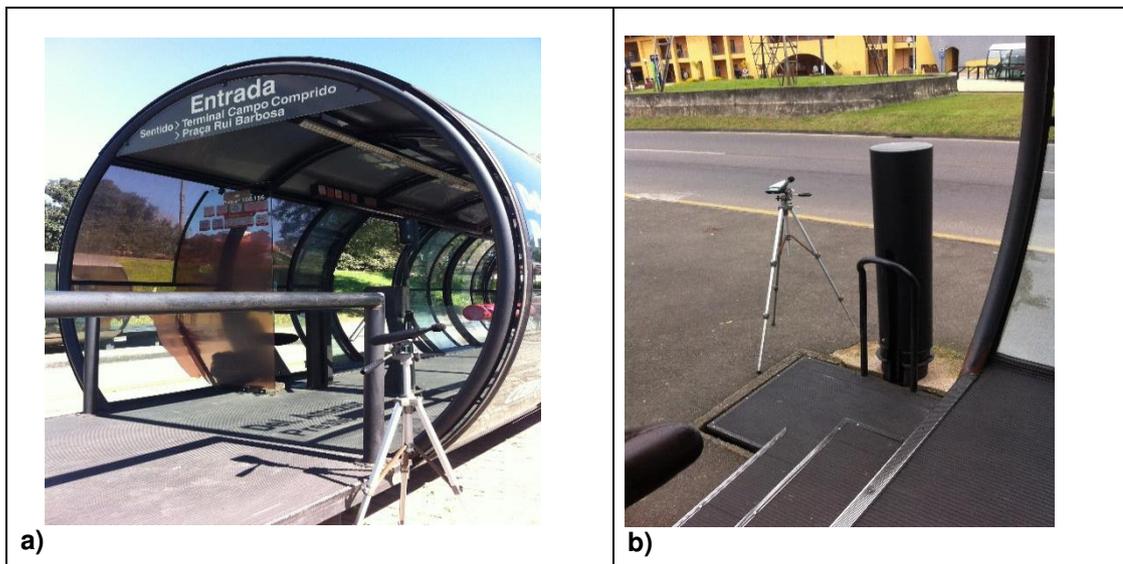


FIGURA 12 – FORMA DE INSTALAÇÃO PARA TODOS OS LOCAIS DE PONTOS DE MEDIÇÃO
 a) VISTA DA PARTE EXTERNA A ESTAÇÃO–TUBO, PRÓXIMO A VIA DE TRÁFEGO.
 b) VISTA DA PARTE INTERNA A ESTAÇÃO–TUBO, PRÓXIMO A SUPERFÍCIE DE VIDRO CILÍNDRICA DA ESTAÇÃO–TUBO .

FONTE: O AUTOR (2014)

A primeira imagem (a), mostra a vista exterior, que demonstra o equipamento de medição a pelo menos 2m do fundo da Estação–Tubo que contém a superfície de

vidro cilíndrica, próxima ao profissional cobrador. A segunda imagem (b) mostra a vista interna, demonstrando a altura em relação ao solo de 1,2m do equipamento de medição e a distância de pelo menos 2m, da superfície de vidro cilíndrica ao equipamento de medição. Em ambas imagens (a) e (b), a direção da instalação é mantida o mais paralelo possível a dimensão de largura da Estação–Tubo. As medições nesses locais foram realizadas no período diurno e em boas condições meteorológicas, que apontavam tempo seco e sem vento.

A faixa de operação do medidor sonoro BK2238 foi ajustada de 30 dB(A) a 130 dB para o registro dos níveis de pressão sonora. A taxa de amostragem foi configurada para o modo “fast” (varredura em 125 ms), em um total de intervalo do tempo de medição de 15 min, sendo este, considerado aceitável, quanto à tolerância de erro para comparações de limites permissíveis de ruído em medições de períodos diurno e noturno (MILANEZ, 2013; MATOS ET AL., 2011). Neste período de medição os valores registrados instantaneamente para nível equivalente de pressão sonora L_{eq} foram integrados conforme a equação (10) e corrigidos pelo filtro de ponderação “A” conforme a TABELA 1. No mesmo período os níveis mínimos de pressão sonora $L_{mín}$ e máximo de pressão sonora $L_{máx}$, são registrados como os menores e maiores valores de pressão acústica respectivamente, e também corrigidos pelo filtro de ponderação “A” conforme a TABELA 1.

A fim de garantir que nenhum resultado fosse extraviado, o registro padronizado das medições foi realizado por dois métodos, um de preenchimento manual através de formulário de medição (APÊNDICE II), e outro de registro de medição *data-logger* do equipamento.

A recuperação dos valores registrados do sistema *data-logger* foi realizada com o software Noise Explorer Type 7815 da *Brüel & Kjaer*, este procedimento e os ajustes de configurações do equipamento BK2238 foram realizados no laboratório LAAICA. Após a recuperação, os valores registrados e anotados foram conferidos manualmente afim de verificar a existência de algum tipo de erro ou ausência de uma medição por parte do sistema *data-logger* do equipamento, o que não foi encontrado. Após esta etapa, os valores de nível equivalente de pressão sonora encontrados foram aproximados ao valor unitário como orienta a norma NBR10.151:2000 e então foram comparados ao limite estipulado pela Lei 10.625:2002 da prefeitura municipal de Curitiba.

4.1.2 Métodos dos aspectos empíricos próximos das Estações–Tubo

Após a determinação dos pontos de medições, foi organizada uma avaliação pessoal empírica do pesquisador nos locais de medições, realizada na mesma data das medições objetivas, sendo observadas características auditivas do ambiente quanto ao ruído e comparadas a percepção visual das vias de tráfego e das Estações-Tubo. Essas condições foram registradas qualitativamente no formulário de medição (APÊNDICE II), no campo “Característica do local de medição”.

4.1.3 Métodos de avaliação do conforto acústico da comunidade próxima as Estações-Tubo

São poucos os países que possuam legislação ou normas aplicadas ao ruído de tráfego. Também não há uma norma brasileira para o ruído de tráfego em ambientes próximos a abrigos de passageiros, como Estações de ônibus BRT ou Estações–Tubo. Paz, (2004), ressalta que no Brasil existe uma deficiência de normas e legislações, atuantes no campo de ruído de tráfego rodoviário em vias urbanas e não urbanas, afirmando ainda, a inexistência de normas específicas para monitoramento e avaliação do mesmo.

Na seção 3.1, o ruído ambiental não é definido em termos de exposição para um indivíduo, mas pelos níveis de referência de ruído a uma área que contenha uma população. Desta maneira para analisar subjetivamente a inteligibilidade da fala use-se os resultados de nível equivalente LAeq deste trabalho e associa-se aos níveis críticos de inteligibilidade da fala no QUADRO 5.

Também para associar as condições subjetivas de aceitação de construção das Estações-Tubo próximo as vias de tráfego, utiliza-se os critérios do *Department of Housing in Urban Development-HUD*, considerando-se os níveis equivalentes LAeq registrados e comparando-os aos níveis críticos do QUADRO 6.

Este trabalho estima uma possível ação de reclamação por parte da população, segundo (PETERSON; GROSS, 1978). Utiliza-se os valores sobre-

excedentes dos resultados de nível equivalente de pressão sonora em LAeq e compara-os com a norma NBR10.151:1987 (QUADRO 8).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de ruído [dB(A)] coletados no período diurno (TABELA 5), geraram um banco de dados com o dia, horário, latitude e longitude dos 54 pontos de medição (APÊNDICE III), além de fotos dos locais de medições que se encontram nos APÊNDICES de V a XVIII.

TABELA 5 - VALORES REGISTRADOS DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DE LAmín. LAeq E LAMÁX

Número do Ponto de Medição	Nível Mínimo de Pressão Sonora [dB(A)]	Nível Equivalente de Pressão Sonora [dB(A)]	Nível Máximo de Pressão Sonora [dB(A)]
1	52,9	69,5	98,0
2	52,3	72,5	89,2
3	47,7	71,2	88,3
4	54,9	72,5	93,1
5	53,7	75,9	94,9
6	55,5	75,9	96,9
7	55,9	68,9	88,5
8	56,9	71,3	85,7
9	46,0	71,6	86,9
10	53,6	72,4	98,8
11	53,9	74,4	94,6
12	57,2	73,5	92,9
13	55,3	73,8	91,3
14	55,1	73,8	92,5
15	51,8	75,4	94,9
16	60,0	69,2	87,8
17	58,8	73,2	85,1
18	55,4	71,0	87,6
19	57,4	68,0	86,3
20	59,8	73,4	91,8
21	57,6	72,9	94,7
22	51,0	74,7	93,3
23	54,5	77,4	94,6
24	61,1	72,3	86,0
25	61,1	75,3	97,0
26	50,9	68,2	89,8
27	50,4	70,2	87,1
28	51,3	65,7	82,2
29	54,5	66,4	85,2
30	51,6	71,2	86,1
31	55,3	72,7	99,5
32	52,4	74,8	89,9
33	57,2	72,9	87,7
34	54,4	76,6	99,5
35	53,9	74,9	94,1
36	53,8	72,2	94,7
37	58,2	74,2	92,7
38	59,5	70,8	83,3
39	58,3	72,3	90,3

Continuação

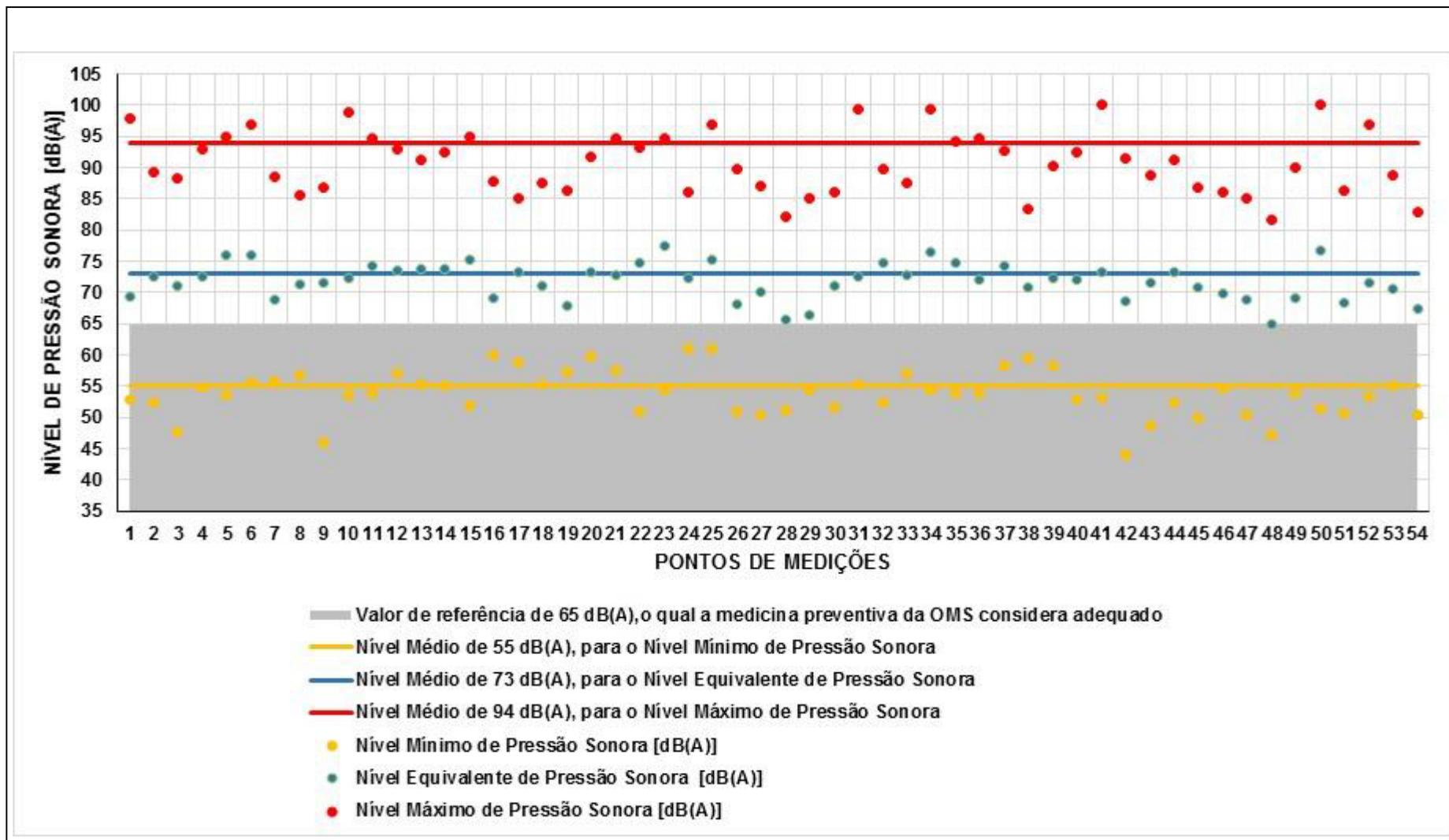
Conclusão

Número do Ponto de Medição	Nível Mínimo de Pressão Sonora [dB(A)]	Nível Equivalente de Pressão Sonora [dB(A)]	Nível Máximo de Pressão Sonora [dB(A)]
40	52,9	72,2	92,4
41	53,2	73,3	100,1
42	44,0	68,7	91,6
43	48,7	71,6	88,7
44	52,3	73,2	91,3
45	49,9	70,9	86,9
46	54,6	69,8	86,1
47	50,4	69,0	85,2
48	47,2	65,0	81,6
49	54,0	69,2	90,1
50	51,4	76,7	100,0
51	50,6	68,3	86,4
52	53,3	71,7	97,0
53	55,0	70,7	88,9
54	50,4	67,4	83,0

FONTE: O AUTOR (2014)

Através da EQUAÇÃO 6, calcula-se a média dos valores de nível equivalente, máximo e mínimo de pressão sonora (FIGURA 13).

FIGURA 13 – GRÁFICO DOS VALORES REGISTRADOS DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DE LAmín. LAeq E LAmáx E SEUS RESPECTIVOS VALORES MÉDIOS GLOBAIS



FONTE: O AUTOR (2015)

5.1 DISCUSSÃO DOS NÍVEIS MÍNIMOS DE PRESSÃO SONORA (L_{mín})

A média global para os níveis mínimos de pressão sonora L_{mín} foi de 55 dB(A). Cerca de 37% desses locais avaliados tiveram valores L_{mín} superiores a 55dB(A), o que segundo a Organização Mundial da Saúde (BRAUBACH, JACOBS E ORMANDY, 2011), em locais onde a comunidade está submetida a estes níveis de ruído existe a tendência de ocorrências de estresse (seção 3.1).

A lei 10.625:2002 define níveis de referência para a medição em nível equivalente de pressão sonora LA_{eq}, entretanto os menores valores de pressão acústica ou níveis mínimos, são em muitas áreas de zoneamento iguais ou superior a esses valores de referência. É o caso de áreas nas Estações–Tubo: Alto-Boqueirão, ponto 4 (ZR-2); Presidente Kennedy, ponto 6 (ZR-3); Santa Quitéria, ponto 7 (ZR-3); Paiol, ponto 8 (ZR-3); Passeio Público, ponto 24 (SE-CC) e Comendador Fontana, ponto 25 (SE-CC).

O ponto 24 (Estações–Tubo Passeio Público), na região central da cidade possui o segundo maior valor de nível mínimo de pressão sonora. Este local é considerado uma área verde. Os pesquisadores Zannin, Ferreira e Szeremetta (2006) concluíram que áreas verdes são muito poluídas acusticamente devido ao ruído de tráfego. Também Szeremeta, (2007), pesquisou o ruído neste tipo de área, especificamente no parque Passeio Público, observando-se que a maioria dos pontos avaliados, cerca de 65,45% dos resultados em nível equivalente de pressão sonora Leq, excederam a 55 dB(A). Ele concluiu também que o aumento da poluição acústica ocorre devido a soma dos níveis de pressão sonora oriundo da imissão das vias de tráfego circunvizinhas destas áreas.

Ainda analisando os valores de níveis mínimos L_{mín}, os locais distantes de até 2km do marco zero da cidade de Curitiba na Praça Tiradentes, possuem em média (TABELA 6) valores mais elevados do que os dos locais da periferia da cidade.

TABELA 6 – MÉDIA DOS NÍVEIS MÍNIMOS DE PRESSÃO SONORA EM ESTAÇÕES PRÓXIMAS A ÁREA CENTRAL E PERIFÉRICA DA CIDADE DE CURITIBA

Raio do ponto de medição ao marco zero da cidade de Curitiba (Km)	Média dos valores de Níveis Mínimos de Pressão Sonora [L_{mín}(A)]
< 2	59
> 2	54

FONTE: O AUTOR (2015)

Estes pontos de medições se encontram nos bairros Centro e Centro Cívico, onde é permitido pela lei 9.800:2000 a construção de diversos níveis para uma

edificação. Como estes arranha-céus funcionam como verdadeiras barreira acústicas para as vias de tráfego (MURGEL 2007), é provável que a reflexão do som nos edifícios, oriundo de vias de tráfego e outras fontes da área, possam amplificar o nível mínimo de pressão sonora da região central da cidade.

5.2 DISCUSSÃO DOS NÍVEIS MÁXIMOS DE PRESSÃO SONORA ($L_{máx}$)

A média global para os níveis máximos de pressão sonora $L_{máx}$ foi de 94 dB(A), sendo a faixa registrada de 82,2 a 100,1 dB(A). Esses são os maiores valores de pressão acústica registrados em cada ponto de medição. Os locais mais preocupantes foram as Estações–Tubo Coronel Luiz José dos Santos no ponto 41 e Coqueiros no ponto 50, que obtiveram valores aproximados de $L_{máx}$ de 100dB(A). Essa proporção de energia acústica recebida pelo ouvido externo pode provoca danos ao sistema biofísico da audição humana (FIGURA 3). Segundo a Organização Mundial da Saúde (BRAUBACH, JACOBS E ORMANDY, 2011), áreas em que comunidades convivam a níveis de ruídos a partir de 100dB(A) (seção 3.1) podem ter índices de indivíduos que entram no estágio inicial de perda da audição.

Os elevados valores de níveis máximo de pressão sonora registrados podem estar associados a falta de manutenção dos veículos, fazendo que o nível de ruído derive no tempo acima dos valores especificados de fábrica (QUADRO 7). Os pesquisadores Alves Filho, Lenzi e Zannin (2004), atribuem níveis de ruídos elevados dos veículos à má manutenção da frota, e a não-padronização da posição do sistema de escape, além de maus hábitos dos motorista como: o uso indevido de buzinas, freios e dirigibilidade em alta velocidade nas regiões urbanas.

5.3 DISCUSSÃO DOS NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA (L_{Aeq})

Cerca de 74% dos resultados de nível equivalente de pressão sonora dos locais avaliados deste trabalho em áreas de zoneamento que possuam Estações–Tubo, tiveram valores entre 70dB(A) a 76 dB(A). Isto é alarmante pois segundo a

Organização Mundial da Saúde (BRAUBACH, JACOBS E ORMANDY, 2011), a comunidade que convive em ambientes com níveis de ruído entre 70 a 80 dB(A), é propensa a registro de infartos, derrame cerebral e doenças patológicas em sua população (seção 3.1).

O ruído de tráfego é o principal responsável pela média global de nível equivalente de 73dB(A). Este valor está bem acima do limite de 65 dB(A) estipulado pela OMS considerado impactante na vida das pessoas.

Os pesquisadores Calixto, Diniz e Zannin, (2003), investigaram a poluição sonora em áreas de zonas residenciais (ZR) e zonas comerciais (ZS) da cidade de Curitiba e identificaram o valor médio global de 74 dB(A) para o nível equivalente de pressão sonora. Eles concluíram que o principal emissor de ruído são as vias urbanas e que Curitiba é poluída acusticamente pelo ruído de tráfego.

5.3.1 Análise dos resultados de nível equivalente de pressão sonora LAeq comparados aos valores de referência a lei municipal 10.625:2002

A avaliação que define se o ambiente é poluído acusticamente ou não, ocorre pelo cálculo do valor sobre-excedente aos níveis de referência da lei 10.625;2002 da cidade de Curitiba. A não conformidade será do ponto de medição que tiver um valor sobre-excedente de ruído, maior que zero (APÊNDICE IV). Portanto, poluído acusticamente (FIGURA 14).

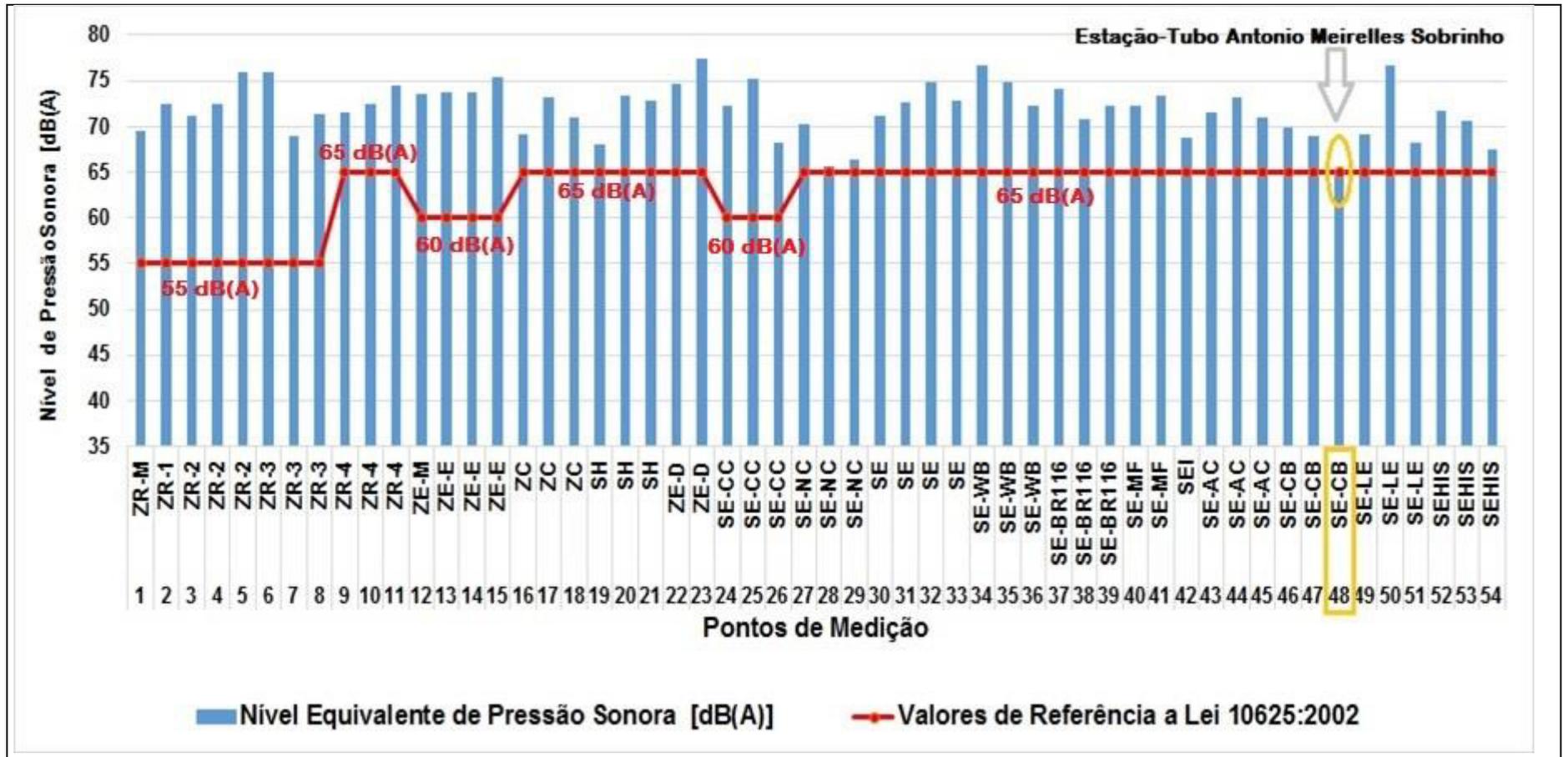


FIGURA 14 – GRÁFICO DOS NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA (Leq) REGISTRADOS DE TODOS OS PONTOS DE MEDIÇÃO EM FUNÇÃO ÁREAS DE ZONEAMENTO E USO DO SOLO
 FONTE: O AUTOR (2015)

O círculo amarelo na FIGURA 14, indica o ponto de medição 48 (SE-CB), próximo à Estação–Tubo Antônio Meireles Sobrinho, este foi o único local em que o valor de nível equivalente de pressão sonora foi igual ao da referência a Lei municipal 10.625:2002. O valor apresentado foi de 65dB(A), sendo portando um ambiente não poluído acusticamente, porém cerca de 98% dos locais avaliados estão poluídos acusticamente, pois tiveram valores de nível equivalente de pressão sonora superiores a 65 dB(A).

Essa condição de muitos pontos de medições com níveis de ruído equivalente elevado não é um privilégio da cidade de Curitiba. Foi demonstrado na cidade de Cáceres na Espanha que mesmo em uma cidade de pequeno tamanho e do tipo não-industrial, o ruído do tráfego é muito poluente. As vias arteriais na zona central e na periferia da cidade apresentaram 90% dos locais de medições com valores de nível equivalente superiores a 65 dB (A), e sempre superior ao valor de 55 dB (A) durante o horário de diurno (BARRIGON MORILLAS ET AL., 2002).

Alguns outros trabalhos no Brasil corroboram com este trabalho identificando os elevados níveis de ruído em vias de tráfego. Foi constatando ainda que os níveis de ruído estavam acima dos níveis de referência legais para áreas de zoneamento e uso do solo.

Na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, as medições sonoras nas regiões próximas ao bairro Centro (comercial) e bairro Jardim dos Estados (mista – comercial e residencial), revelaram que todos os pontos de medição possuíam níveis sonoros acima dos permitidos pela Lei Complementar 08 (1996) do município de Campo Grande. A região do bairro Carandá (residencial) possuía cerca de 60% do total de pontos com níveis acima da referida lei (SOUZA FILHO, 2012).

Na cidade de Curitiba, numa avaliação de 350 pontos em áreas próximas a zonas residenciais, Zannin (2002) mostrou que cerca de 80,6% do total de locais medidos tiveram níveis sonoros equivalentes superiores a 65 dB (A). Ainda na cidade de Curitiba os pesquisadores Zannin, P. H. T. et al., (2002), avaliaram 1000 locais em um estudo sobre o ruído em zonas urbanas na própria cidade. Eles concluíram que 93,3% desses locais tiveram níveis equivalente de ruído acima de 65 dB (A), o limiar para a medicina preventiva da OMS. E que 40,3% dos locais medidos durante o dia, tiveram valores de níveis sonoros equivalentes superiores a 75 dB (A).

O autor Fiedler, (2013), em sua pesquisa sobre a poluição sonora ambiental em áreas de setores estruturais da Cidade de Curitiba observou que cerca de 49%

dos pontos avaliados estavam acima de 70 dB(A), sendo observados valores sobre-excedentes à lei municipal 10.625:2002 da cidade de Curitiba.

5.4 AVALIAÇÃO EMPÍRICA DO PESQUISADOR NOS LOCAIS AVALIADOS

Nos locais avaliados, a grande maioria das Estações–Tubo possuem entrada e saída em locais distintos. Entretanto nas Estações–Tubo da Linha Expressa Direta Linha Verde, a entrada e saída de todos os passageiros incluindo os portadores de necessidades especiais é feita no mesmo local, através de uma rampa de acesso.

Em algumas ocasiões dependendo da demanda do transporte, o número de passageiros extrapola a capacidades máxima nos horários de pico. As crianças, mulheres grávidas, deficientes e idosos sofrem muito (GAZETA DO POVO, 2015), tendo que aguardar no lado de fora da Estação–Tubo (FIGURA 15).

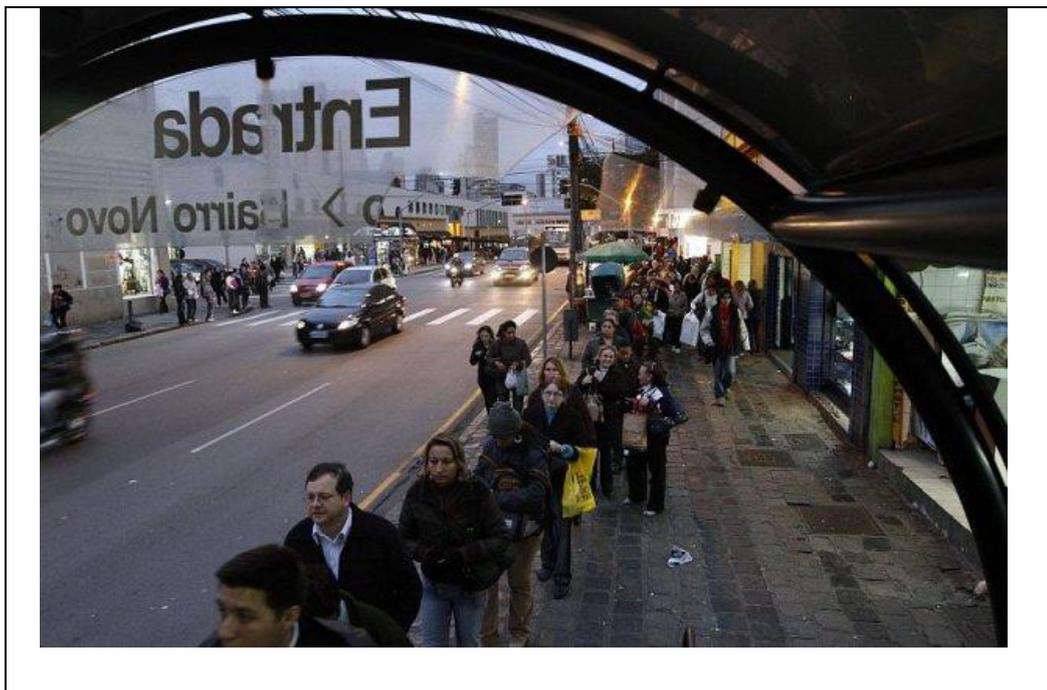


FIGURA 15 – CONCENTRAÇÃO DE PESSOAS FORA DA ESTAÇÃO–TUBO, QUANDO A DEMANDA POR TRANSPORTE É ALTA
 FONTE: GAZETA DO POVO, (2015)

Nota-se que a entrada desta Estação–Tubo está muito próximo da via de tráfego e muitas Estações possuem essa mesma característica. O ruído emitido por veículos leves e pesados, e de ônibus que se encontram estacionados para embarque e desembarque de passageiros nas Estações–Tubo, são fatores que podem incomodar a população, tanto as frequentadoras deste tipo de sistema de transporte,

quanto as que transitam próximas as Estações mas tem outro destino. O Ruído de Impacto Mecânico também é preocupante, ocorre quando os ônibus estacionados nas Estações–Tubo, descem a rampa de embarque e desembarque. Essa colide com a rampa fixa da Estação – Tubo.

Existem, porém, Estações–Tubo que possuem entrada para passageiros bem distante da via de tráfego, como mostra o local do ponto de medição 26, Estações–Tubo Centro-Cívico (FIGURA 16). Neste local as calçadas são bem planejadas para receber a população, mantendo uma distância maior em relação as vias de tráfego.



FIGURA 16 – ESPAÇO AMPLO PARA A POPULAÇÃO PRÓXIMA AO PONTO DE MEDIÇÃO 26, NO SETOR ESPECIAL CENTRO CÍVICO

FONTE: O AUTOR (2014)

Essa percepção empírica pode ser explicada pela diferença de níveis equivalente de pressão sonora L_{Aeq} , em um valor aproximado de 3 dB(A). É o caso de algumas Estações avaliadas em mesma via de tráfego (TABELA 7).

TABELA 7 – DIFERENÇA DE NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA $L_{eq}(A)$, EM PONTOS DE MEDIÇÕES NUMA MESMA VIA DE TRÁFEGO

Pontos de Medições	Nome da via de Tráfego comum às Estações	Diferença de Nível Equivalente de Pressão Sonora [$L_{eq}(A)$]
23 e 22	Avenida Victor Ferreira do Amaral	2,7
37 e 39	Linha Verde	3,4
53 e 54	Rua Tijucas do Sul	3,3

FONTE: O AUTOR (2015)

É permitido dizer que nos locais com valores menos elevados de L_{Aeq} , como as Estações–Tubo Detran (ponto 22), Fanny (ponto 39) e Osternack (ponto 54),

possuem aproximadamente metade da pressão sonora dos ambientes vizinhos (Seção 2.1.3.1) que estão localizados em mesmas vias. Esta diferença entre as Estações de mesmas vias pode estar relacionada ao espaço que separa as vias de tráfego às Estações–Tubo. O ruído para as fontes lineares como as vias de tráfego, é atenuado em 3 dB para cada vez que é duplicada a distância da via ao ouvinte (Seção 2.1.4).

Outra observação nos locais avaliados é que as vias chamadas de exclusiva e canaleta exclusiva quando comparadas com as vias compartilhada e faixa exclusiva, possuem maiores distâncias entre os ônibus BRT a outros veículos que transitam nas vias públicas, dando uma maior sensação de segurança quando ao acesso à Estação–Tubo.

Esse fator também é demonstrado pela média calculada dos níveis equivalente de pressão sonora LAeq da TABELA 8, em função das vias de tráfego.

TABELA 8 – MÉDIA DOS NÍVEIS EQUIVALENTES DE PRESSÃO SONORA NAS VIAS DE TRANSPORTE

Tipo de via de Transporte	Média dos valores de Níveis Equivalente de Pressão Sonora [Leq(A)]
Canaletas	72
Vias Exclusivas	71
Faixas Exclusivas	74
Vias Compartilhadas	73

FONTE: O AUTOR (2015)

As vias exclusivas possuem menor nível de ruído do que os outros tipos de vias de transporte. Nelas, apenas os ônibus BRT podem transitar, descaracterizando a forma de fonte linear da via. Desta maneira, predomina a característica de fonte pontual (BROWN; LAM, 1987).

Na cidade de Porto Alegre capital do Rio Grande do Sul, através de medições de pressão sonora, mostrou-se que existia uma relação direta do ruído de tráfego com o número de veículos presentes no momento das medições. Os locais de medição onde foram registrados os menores níveis de pressão sonora foram os locais onde os pontos de medições estavam mais afastados das vias de distribuição de tráfego veicular (MAIA, 2003).

5.5 ESTIMATIVA DE INCÔMODO DA POPULAÇÃO AO RUÍDO NOS LOCAIS AVALIADOS

Os resultados deste trabalho são avaliados pelos critérios de níveis de ruído (QUADRO 6) do *U.S. Department of Housing in Urban Development-HUD*, conforme a FIGURA 17 abaixo:

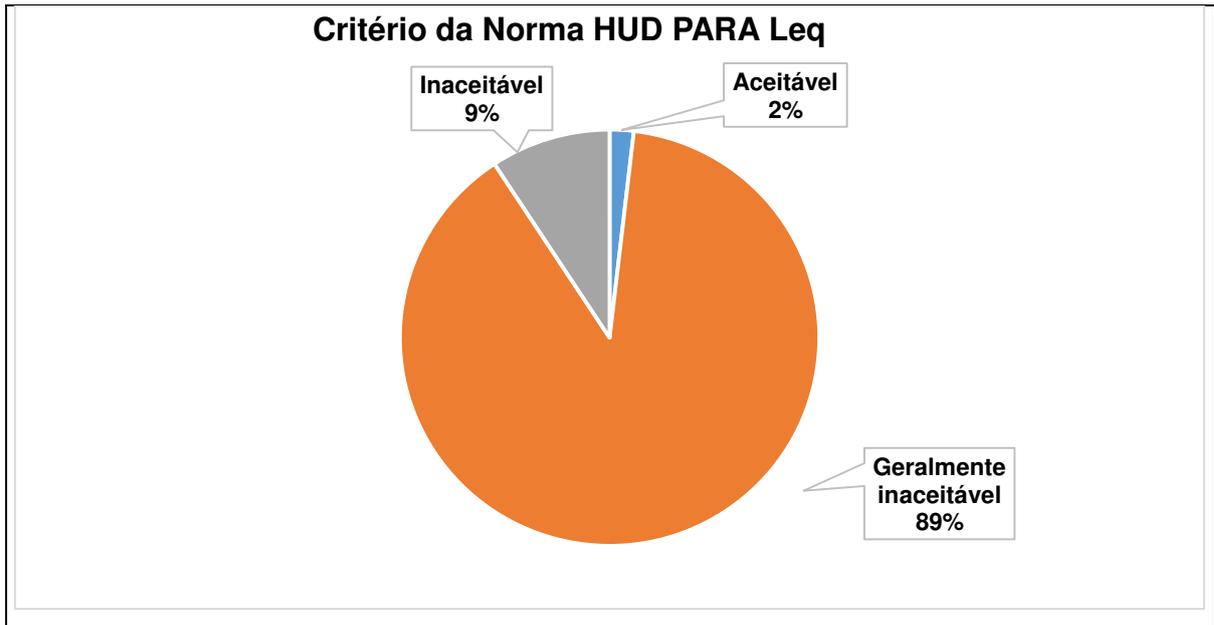


FIGURA 17 – GRÁFICO DOS CRITÉRIOS DA NORMA HUD PARA OS LOCAIS DOS PONTOS DE MEDIÇÕES AVALIADOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Em relação às condições para a habitação humana, estima-se que 2% dos locais avaliados neste trabalho são aceitáveis, 9% como inaceitáveis e 89% como geralmente inaceitáveis.

Em Curitiba o pesquisador Arndt, (2009), avaliou o nível equivalente (Leq), em cerca de 266 pontos em áreas localizadas nas áreas de zoneamento: ZR1–Zona Residencial 1, ZR2–Zona Residencial 2, ZR3–Zona Residencial 3, ZR4–Zona Residencial 4, ZS1–Zona de Serviço 1, ZT-BR-116–Zona de Transição BR-116 e ZT-NC–Zona de Transição Nova Curitiba. Ele concluiu que 6% dos locais avaliados estavam em condições aceitáveis, e que 27% dos locais foram classificados como geralmente inaceitáveis e que 67% foram classificados como inaceitáveis.

Também na cidade de Curitiba, a pesquisadora Paz, (2004), realizou a pesquisa sobre as condições acústicas da via de tráfego Linha Verde (SE-BR116) e em relação a norma da *U.S. Department of Housing in Urban Development-HUD* considerou-se que nas margens da via em estudo é considerada para todos os

períodos como inaceitável, sendo considerada poluída acusticamente e perigosa a saúde da população.

É possível ainda estimar a inteligibilidade da fala (MURGEL, 2007), para interlocutores que estejam a 1 metro entre si, próximo aos locais de medições deste trabalho (FIGURA 18).

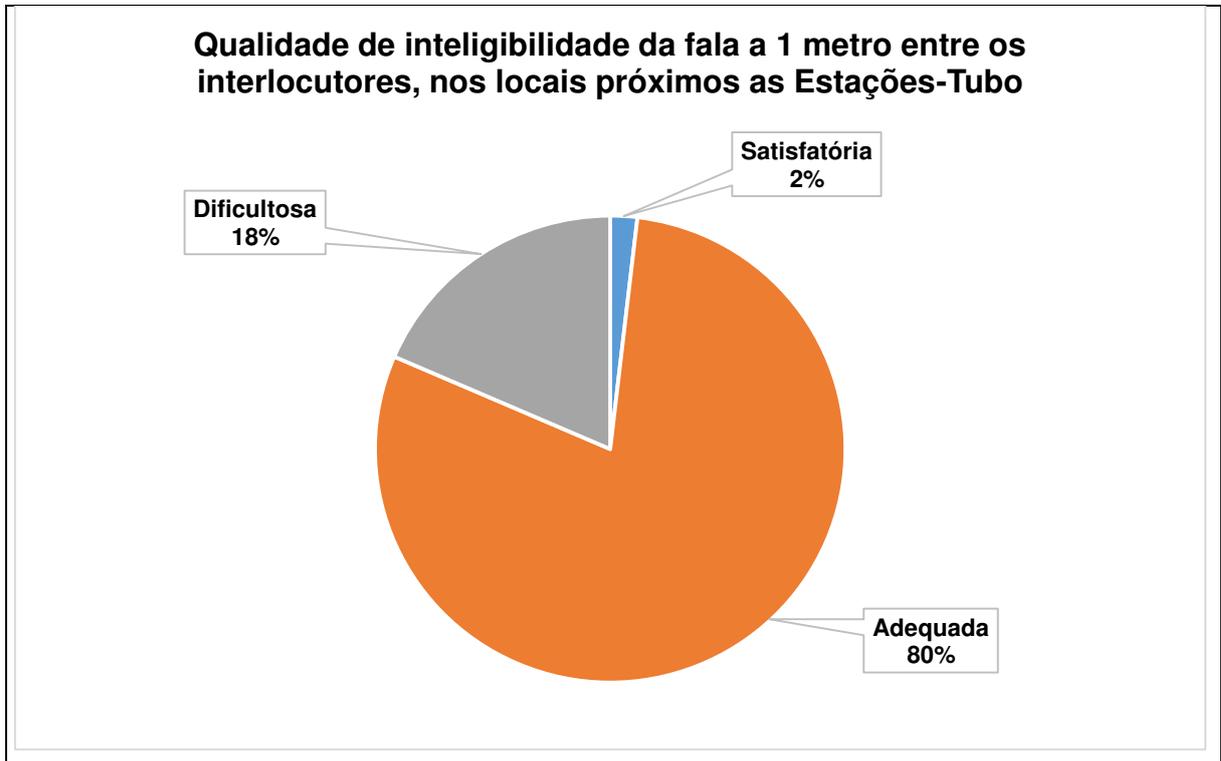


FIGURA 18 – GRÁFICO DA QUALIDADE DE INTELIGIBILIDADE DA FALA A 1 METRO ENTRE OS INTERLOCUTORES NOS LOCAIS DOS PONTOS DE MEDIÇÕES AVALIADOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Estima-se que 80% dos locais, há uma inteligibilidade adequada para uma conversa. Apenas 2% dos locais são satisfatórios e também 18% dos locais possuem um nível de ruído que torna o diálogo difícil.

Os critérios de avaliação do *Department of Housing in Urban Development- HUD*, juntamente com a estimativa da qualidade da inteligibilidade da fala, demonstra o quanto os ambientes avaliados externamente às Estações-Tubo são impactados pelo ruído de tráfego rodoviário e que esses locais não estão preparados para atender a população caso haja a necessidade da permanência nos mesmos.

Não há por parte da secretaria de meio ambiente da cidade de Curitiba um índice de reclamações quanto ao ruído de tráfego de vias públicas por parte dos cidadãos, demonstrando que a população em geral não está percebendo a intensidade do ruído próximo as Estações-Tubo.

Uma pesquisa realizada por Yorg e Zannin, (2003) mostrou que as pessoas na sua vida cotidiana estavam acostumados com o ruído ou poderiam se acostumar a qualquer outra fonte de ruído em uma cidade urbana. Eles concluíram que as pessoas não percebem o ruído de uma maneira consciente ou de uma forma que os incomode. Entretanto, os autores enfatizaram que o efeito dos elevados níveis de ruído é danoso à saúde da população.

Alguns fatores podem aumentar a percepção de que o nível do ruído de tráfego próximo as Estações–Tubo é de pouca magnitude, como:

- O pouco período em que a população permanece no lado de fora das Estações;
- O mascaramento do som ruidoso (SZEREMETA, 2007), através de hábitos como a utilização do fone de ouvido e o de fechar as janelas de residências ou escritórios.

Abaixo na FIGURA 19, segue a avaliação da resposta estimada da população ao ruído próximo as Estações–Tubo, baseado nos valores sobre-excedentes de ruído (APÊNDICE IV) aos níveis de referência da lei 10.625:2002 da cidade de Curitiba.

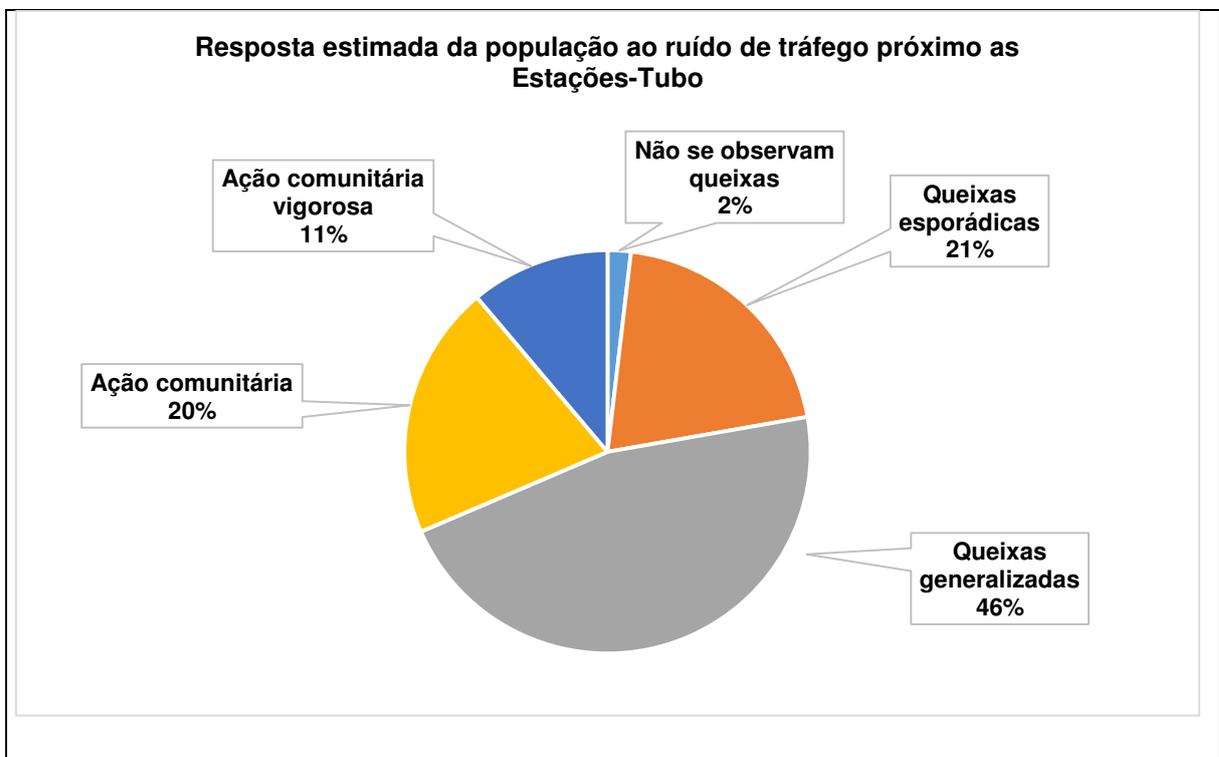


FIGURA 19 – ESTIMATIVA DA REAÇÃO POPULAR AO RUÍDO AMBIENTAL PRÓXIMOS AOS LOCAIS DE MEDIÇÕES
 FONTE: O AUTOR (2015)

Estima-se que cerca de 46% dos locais avaliados poderiam ter queixas generalizadas, 21% queixas esporádicas, 20% uma ação comunitária, 11% uma ação comunitária vigorosa e 2% não se observariam queixas.

O ruído de tráfego identificado neste trabalho próximos as Estações–Tubo, denota um problema científico, mas a gestão das fontes do ruído das vias de tráfego, passa a ser um grande problema político (ZANNIN, P. H. T. ET AL., 2002). Toda prevenção ou controle do ruído exige vontade política e várias tomadas de decisões dos gestores. Além disso são necessários recursos humanos e financeiros na medida certa (CONCHA-BARRIENTOS ET AL., 2012).

A redução dos níveis de ruído deve ser uma preocupação política de gestão do tráfego urbano (PASSCHIER-VERMEER; PASSCHIER, 2000), portanto a prefeitura de Curitiba através de sua Secretaria de Meio Ambiente deve atentar a demanda de reclamações no caso do ruído de tráfego em vias públicas, a fim de garantir o direito da população de estar isolada de níveis acima do permitido em lei.

A seguir algumas recomendações de ações políticas que promovam a educação ambiental, a conscientização pública e a preservação do meio ambiente:

- Campanhas educacionais nas escolas para crianças sobre o que é o ruído e seus danos à saúde;
- Investimento financeiro para o conforto dos usuários e agilidade do sistema de ônibus BRT, para que as pessoas optem em deixar o carro em casa e use o sistema (FIGURA 6);
- Programa de incentivo financeiro a produtos inovadores que atenuem o ruído e principalmente de veículos automotores que emitam menos ruído;
- Fiscalização das leis atuais, para que proprietários de veículos, os tenham em boa manutenção e com níveis de ruído aceitáveis;
- Com a proximidade da população em vias urbanas próximas as Estações BRT, faz-se necessário a criação de Lei ou normatização em nível federal que unifique os níveis de referência de ruído em vias urbanas utilizadas pelo sistema BRT em áreas de zoneamento e uso do solo das cidades;
- Monitoramento e avaliação dos níveis de ruído por parte da secretaria de meio ambiente de Curitiba (STANSFELD, 2003);

- Identificação pública das principais áreas poluídas acusticamente, afim de que a população evite áreas ruidosas (ZANNIN, P. H. T. ET AL., 2002);
- A fim de se obter um melhor prognóstico futuro do ruído na cidade de Curitiba, a secretaria de meio ambiente deve realizar um mapeamento acústico, simulando as alterações das áreas de zoneamento antes de se realizar as mesmas (ZANNIN; SANT'ANA, 2011);
- Cobrar o mapeamento acústico no estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV) e exigir avaliação ambiental de todas as propostas de projetos de transportes que possam aumentar os níveis de ruído.

5.6 REDUÇÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO A NÍVEIS RECOMENDADOS

Para a implantação de um novo eixo de transporte BRT, ou a redução dos atuais níveis de ruído dos locais próximos as Estações–Tubo, algumas medidas podem ser aplicadas como soluções a curto prazo para redução do ruído a níveis aceitáveis:

- Tecnologia de pavimentos menos ruidosos como betume com borracha, que pode reduzir o nível do ruído em aproximadamente 6 a 8 dB(A)(MILANEZ, 2013);
- Nas regiões poluídas acusticamente o plano diretor da cidade de Curitiba pode estabelecer um limite de velocidade de 30 km/h. O controle de velocidade para as vias de 30 km/h, reduzem os níveis máximos de pressão sonora em 7 dB e níveis equivalentes de pressão sonora em 5dB (MATOS ET AL., 2011; ANSAY, 2013);
- Aumento da distância padrão das Estações–Tubo para as vias periféricas (seção 5.4);
- A limitação de acesso de automóveis às vias a fim de reduzir o tráfego pela metade, o que poderá diminuir o nível do ruído em 3dB (Seção 2.1.3.1) e/ou a utilização de vias de único sentido, que geralmente são cerca de 5 dB(A) mais silenciosas que as vias de sentido duplo (BARRIGON MORILLAS ET AL., 2002);

- As vias que contém acesso de carros contribuem com produção do excesso de ruído (CALIXTO, DINIS E ZANNIN, 2003). Assim, esse efeito poderia ser minimizado se a via pudesse ser isenta de fluxo de veículos, como no caso das vias exclusivas (seção 5.4);
- Aquisição pelo poder público de veículos de transporte coletivo que apresentem baixos Níveis de Pressão Sonora (ZANNIN ET AL., 2003) e (PAZ, 2004), e um plano de controle de qualidade desses veículos afim de se manter a mesma qualidade posterior a aquisição;
- Para diminuir a transmissão do ruído para a população próxima as Estações, utiliza-se materiais atenuantes de ruído como por exemplo barreiras acústicas. Pode-se usar materiais como: vegetação, madeira, materiais transparentes, materiais metálicos e outros (AGUILERA, 2007).

6 CONCLUSÃO

Próximas às Estações–Tubo existem vias de tráfego que são percorridas por ônibus BRT e automóveis. As pessoas na comunidade que são afetadas pelo ruído são as que adentram a Estação–Tubo com destino ao sistema da Rede Integrada de Transporte ou aquelas que não conseguem acessar a Estação devido a superlotação, ou ainda as que transitam próximas a elas, já que próximos as mesmas existem escolas, universidades, residências, hospitais, comércios e parques.

A organização mundial da saúde-OMS classifica os efeitos fisiológicos quanto a níveis de referência de ruído para a comunidade. Neste trabalho cerca de 74% dos ambientes avaliados apresentaram valores de nível equivalente de pressão sonora L_{eq} entre 70 a 80 dB(A), o que segundo a OMS é provável a ocorrências de infartos derrame cerebral e outras doenças patológicas para os indivíduos desta população . Também 37% dos locais avaliados registraram níveis mínimos de pressão sonora $L_{mín}$ superiores a 55dB(A), sendo que estes ambientes, estimulam a ocorrência de estresse. E ainda dois pontos registraram valores de níveis máximos de pressão sonora $L_{máx}$ igual ou acima de 100dB(A), o que é classificado pela OMS como o início de estágio para a perda da audição.

Os ambientes avaliados revelaram divergências entre o valor determinado para o ruído de nível equivalente L_{Aeq} incidente nas Estações–Tubo e os níveis de referência permitidos pela legislação municipal da cidade de Curitiba Lei 10.625:2002. O ruído de tráfego é o principal responsável pela média global registrada de 73dB(A) para nível equivalente de pressão sonora. O ponto de medição 48, próximo à Estação–Tubo Antônio Meireles Sobrinho, foi o único ponto considerado não poluído acusticamente por registrar exatamente o mesmo valor limite de 65dB(A) do Setor Especial Rua Engenheiro Costa Barros. Cerca de 98% dos locais avaliados estão poluídos acusticamente, pois tiveram valores de nível equivalente de pressão sonora superiores a 65 dB(A).

Foi identificado que Estações–Tubo com maiores distâncias às vias de tráfego, obtiveram valores menores de nível equivalente de pressão sonora L_{Aeq} quando comparadas a outras Estações em uma mesma via, mas com distâncias menores até a pista de rolamento. Também, algumas vias onde estão instaladas as Estação–Tubo, chamadas de exclusivas, registraram em média o menor nível de ruído

LAeq comparado a outros tipos de vias de tráfego. As vias exclusivas não permitem a passagem de automóveis, permitindo apenas o deslocamento dos ônibus BRT, já as canaletas exclusivas, faixa exclusiva e via compartilhada permitem a circulação de veículos próximos as Estações.

Em relação as condições para a habitação humana próximos a vias de tráfego rodoviário do *Department of Housing in Urban Development*-HUD, estimasse que 2% dos locais avaliados são aceitáveis, 9% como inaceitáveis e 89% como geralmente inaceitáveis. Estimasse ainda que 80% dos locais, há uma inteligibilidade da fala adequada para uma conversa. Apenas 2% dos locais são satisfatórios, e 18% dos locais possuem um nível de ruído que torna o diálogo difícil.

O modelo de controle de ruído das cidades, construído por leis federais, resoluções, leis municipais e normas, não contemplam a estrutura viária para ônibus BRT criado no Brasil. O que dificulta o monitoramento e a fiscalização, especialmente em um meio ambiente urbano constituído por áreas de zoneamento e uso do solo. Entende-se que este problema é de gestão da administração pública, que deve se esforçar para controlar este problema ambiental, pois afeta a população que usa as Estações de ônibus BRT.

7 IMPACTO DO TRABALHO, ESTUDOS GERADOS

O objetivo deste trabalho foi atingido, porém a continuidade deste estudo em uma análise subjetiva o complementa, ao ponto de entender os efeitos e a percepção da população ao ruído próximo a entrada das Estações–Tubo. Identifica também as somas de todos os fatores de riscos ambientais de quem mora próximo ou transita próximo a essas Estações.

É também de extrema importância os estudos objetivos de ruído, dentro e fora das Estações–Tubo, através de análise de frequência e de níveis estatísticos de ruído, a fim de identificar em cada local, bandas de frequência e níveis de ruído com maior tempo de propagação ou de maior impacto sobre a população e funcionários.

Um resumo deste trabalho foi enviado ao espaço aberto para contribuições do novo plano diretor da cidade de Curitiba, pelo site (<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/faca-sua-contribuicao-plano-diretor/1757>). Foi sugerido as melhorias citadas, e como resposta a comissão de recebimento das contribuições afirmou:

“Agradecemos sua contribuição. Sua sugestão está em análise pelo grupo técnico da revisão do Plano Diretor, e será apreciada por ocasião da revisão dos planos setoriais em 2015 e 2016. Será também enviado à coordenação de mobiliário urbano do IPPUC, que está elaborando os projetos para as novas estações que substituirão progressivamente as Estações–Tubo, para adoção de medidas que possam diminuir o nível de ruído nestes equipamentos urbanos” (CURITIBA, 2014).

Pode-se acessar estas informações no site citado acima, digitando o código (441). Grandes investimentos na ordem de 32 bilhões de Reais estão programados para o sistema de transporte público BRT (BRT BRASIL, 2013), nos próximos anos. A área de mobilidade urbana torna-se muito importante e abre-se um leque de oportunidades para pesquisadores, engenheiros e empreendedores.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, P. L. G. **Potencial de uso da tecnologia de barreiras acústicas para redução da poluição sonora**: Estudo de caso no Lactec. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Tecnológico), Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento, Curitiba, 2007.

ALVES FILHO, J. M.; LENZI, A.; ZANNIN, P. H. T. Effects of traffic composition on road noise: a case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **Elsevier** v. 9, n. 1, p. 75–80, 2004.

ANSAY, S. S. **Estudo da Poluição Sonora através do mapa de ruído na implantação do novo campus universitário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ARNDT, L. T. **Sistema de informações geográficas para mapeamento do ruído urbano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

AZEVEDO, A. P. **Efeito de produtos químicos e ruído na gênese de perda auditiva ocupacional**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

BABISCH, W.; ISING, H.; ELWOOD, P. C.; SHARP, D. S.; BAINTON, D. Traffic Noise and Cardiovascular Risk: The Caerphilly and Speedwell Studies, Second Phase. Risk Estimation, Prevalence, and Incidence of Ischemic Heart Disease. **Archives of Environmental Health: An International Journal**, v. 48, n. 6, p. 406–413, 1993. HELDREF PUBLICATIONS.

BARRIGON MORILLAS, J. M.; GOMEZ ESCOBAR, V.; MENDEZ SIERRA, J. A.; VILCHEZ GOMEZ, R.; TRUJILLO CARMONA, J. An environmental noise study in the city of Caceres, Spain. **Applied Acoustics**, v. 63, n. 10, p. 1061–1070, 2002.

BELOJEVIC, G.; JAKOVLJEVIC, B. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. **Archives of Environment International**, v. 23, n. 2, p. 221–226, 1997.

BELOJEVIC, G.; KIM, R.; KEPHALOPOULOS, S. Assessment of needs for capacity-building for health risk assessment of environmental noise: case studies. **European Commission Joint Research Centre**, p. 1–50, 2012.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. New WHO guidelines for community noise. **Noise & Vibration Worldwide**, v. 31, n. 4, p. 24–29, 2000.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 1st ed. 2006.

BLUHM, G.; NORDLING, E.; BERGLIND, N. Road traffic noise and annoyance--an increasing environmental health problem. **Noise & health**, v. 6, n. 24, p. 43–9, 2000.

BRASIL, ABNT - NBR 10151. .Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. , 1987.

BRASIL, ABNT- NBR 10151. .Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. , 2000.

BRAUBACH, M.; JACOBS, D. E.; ORMANDY, D. **Environmental burden of disease associated with inadequate housing. Summary report.** 2011.

BROWN, A. L.; LAM, K. C. Urban noise surveys. **Applied Acoustics**, v. 20, n. 1, p. 23–39, 1987.

BRT BRASIL, A evolução dos ônibus BRT. Disponível em: <<http://brtbrasil.org.br>>. Acesso em: 27/5/2014.

BUNN, F. ZANNIN, PHT.. Urban planning - **Simulation of noise control Engineering Jornal**, v.63, p. 1-10, 2015.

CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; ZANNIN, P. H. T. The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting. **Eusevier** , v. 20, n. 1, p. 23–29, 2003.

CONAMA, Resolução nº 8, de agosto de 1993. Brasília - DF, 1993.

CONCHA-BARRIENTOS, M.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; STEENLAND, K. Occupational noise. **Journal of occupational and environmental medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine**, v. 54, n. 1, p. 106–8, 2012.

DOBIE, R. A. Prevention of noise-induced hearing loss. **Archives of otolaryngology-head & neck surgery**, v. 121, n. 4, p. 385–91, 1995.

FERNANDES, J. Acústica e ruídos. **Bauru: Unesp**, p. 1–51, 2002. Bauru.

FERNANDO, L.; ROCHA, C. Gestão pública do mobiliário urbano. ,2005.

FIEDLER, P. E. K. **Poluição Sonora nos eixos estruturais de transporte da cidade de Curitiba-PR**, Dissertação (Mestrado em Engenharia em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FIEDLER, P.E.K.; ZANNIN, P.H.T.. **Noise mapping as a tool for urban planning. Jornal of Scientific & Industrial Research (1963)**, v.74, p. 114-116, 2015.

Gazeta do Povo, Estações-Tubo lotadas de passageiros. Disponível em: <www.gazetadopovo.com.br>. Acesso em: 16/01/2015.

GERGES, S. N. Y. **Ruído Fundamentos e Controle.** 1st ed. Florianópolis, 1992.

GERGES, S. N. Y.; SEHRNDT, G. A.; PARTHEY, W. **Noise sources**, 1992.

GRIFFITHS, I. D.; LANGDON, F. J. Subjective response to road traffic noise. **Journal of Sound and Vibration**, 1968.

HANSEN, C. H. Fundamentals of acoustics. **Proceedings of the IEEE**, v. 51, n. 4, p. 647–647, 1963.

HELLMUTH, T.; CLASSEN, T.; KIM, R.; KEPHALOPOULOS, S. Methodological guidance for estimating the burden of disease from environmental noise. **European Commission Joint Research Centre**, 2012.

HUD/USA. Proceedings U.S.A.. Department of Housing in Urban Development, **Noise Abatement and Control. Noise Guidebook for specific guidance**. p.1–2, 2011.

JOHNSON, D. L.; PAPADOPOULOS, P.; TAKALA, N. W. AND D. J. **Exposure Criteria, occupational exposure levels**. 1999.

JUNGLES, A.; FRUTUOSO, A.; NEOTTI, G.; FERNANDES, L. Estudo ergonômico aplicado a um posto de trabalho : cobradores de ônibus de estações-tubo de Curitiba. **Projética**, p. 239–248, 2013.

KINSLER, L. E.; FREY, A. R.; COPPENS, A. B.; SANDERS, J. V. **Fundamentals of Acoustics**. 3rd ed. Monterey, 1982.

KORFALI, S. I.; MASSOUD, M. Assessment of community noise problem in Greater Beirut Area, Lebanon. **Environmental monitoring and assessment**, v. 84, n. 3, p. 203–18, 2003.

LEI Nº 10.625. **Legislação Municipal da Prefeitura Municipal de Curitiba**. Camara Municipal de Curitiba, Curitiba, p.1–11, 2002.

LEI Nº 9800, **Legislação Municipal da Prefeitura Municipal de Curitiba**. Camara Municipal de Curitiba, Curitiba, 2000.

LESTER, H.; MALCHAIRE, J.; THIERY, H. S. A.. **Strategies for noise surveys**. 1992.

MACHADO, A. **Análise experimental do ruído no habitáculo de ônibus urbano na cidade de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MAIA, M. A. L. **Contribuição ao mapeamento do ruído urbano na cidade de Porto Alegre - RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MATOS, J.; FRADIQUE, J.; TAVARES, L.; GUEDES, M.; LEITE, M. J. **Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996**. In: **A. P. do Ambiente (Ed.); Guia prático para medições de ruído ambiente**. Lisboa, 2011.

MILANEZ, M. L. **Análise do impacto ambiental sonoro com a implantação do trecho norte da linha verde em Curitiba**, Dissertação (Mestrado em Engenharia em Engenharia Ambiental), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, Norma Regulamentadora NR-15. Disponível em: <www.mte.gov.br>. Acesso em: 18/01/2015.

MIRANDA, C.; SILVA, C. M. A. E; OKIMOTO, M. L. L. R. Notas acerca da acessibilidade ao sistema de transporte público de Curitiba. O caso da plataforma elevatória da Estação-Tubo. **Ação Ergonômica, Revista Brasileira de Ergonomia**, v. 7, p. 34–55, 2011.

MORSE, P. M. **Vibration and Sound**. 2nd ed. NEW YORK, 1948.

MOURA, R. O Turismo no Projeto de Internacionalização da Imagem de Curitiba. **Turismo-Visão e Ação**, v. 9, p. 341–357, 2007.

MÜLLER, J. **Elementos Semióticos no Planejamento Urbano : O Caso de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MURGEL, E. **Fundamentos de Acústica Ambiental**. São Paulo, 2007.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Setor de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PASSCHIER-VERMEER, W.; PASSCHIER, W. F. Noise exposure and public health. **Environmental health perspectives**, v. 108 Suppl , n. 6, p. 123–31, 2000.

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

PAZ, E. C. DA; ZANNIN, P. H. T. Avaliação da poluição sonora no campus III - Campus Centro Politécnico e Campus Jardim Botânico - da Universidade Federal do Paraná - Curitiba-PR. Evaluation of noise pollution on Campus III- Polytechnic Center Campus and Botanic Garden Campus - UFPR (Periódico QUALIS 'A2' Geografia, 'B1' Interdisciplinar, 'B2' Ciências Ambientais). **Revista RAEGA**, v. 26, p. 5–34, 2012.

PETERSON, A. P. G.; GROSS, E. E. **Handbook of noise measurements**. 8° ed. Massachusetts, 1978.

PREFEITURA DE CURITIBA. A história da cidade de Curitiba. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br>>. Acesso em: 16/6/2014.

PRESTES, O.; DUARTE, F. Curitiba sobre trilhos: A história não contada do BRT. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, , n. 1943, p. 65–83, 2009.

Quadro geral de unidades de medida : resolução CONMETRO nº 12/88. 4º ed. Rio de Janeiro: Senai, 2007.

SKINNER, C. J.; GRIMWOOD, C. J. The UK noise climate 1990–2001: population exposure and attitudes to environmental noise. **Applied Acoustics**, v. 66, n. 2, p. 231–243, 2005.

SOARES, P.; RIBEIRO, R.; SANTOS, G.A.; CONSTANTINI, A.; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. Análise espectral do ruído no entorno do campus centro politécnico da universidade federal do paraná - Spectral analysis of noise around the polytechnic center campus of the federal university of paraná - UFPR (Periódico QUALIS 'A2' Geografia, 'B1' Interdisciplinar, 'B2' Ciências Ambientais). **Revista RAEGA**, UFPR, V.32, p. 73–94, 2014.

SOBOTOV, L.; JURKOVICOV, J.; VOLEKOV, J.; AGHOV, L. Community noise annoyance risk in two surveys. **International journal of occupational medicine and environmental health**, v. 14, n. 2, p. 197–200, 2001.

SOUZA FILHO, J. J. DE. **Avalia o do ruído urbano na cidade de Campo Grande/MS.** Disserta o (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Setor de Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Campo Grande, 2012.

STANSFELD, S. A. Noise pollution: non-auditory effects on health. **British Medical Bulletin**, v. 68, n. 1, p. 243–257, 2003.

SURIANO, M. T.; VIVIANI, E. Classes de quadras urbanas determinadas pelos níveis de ruídos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, p. 63–77, 2013.

SZEREMETA, B. **Avalia o e percep o da paisagem sonora de parques públicos de Curitiba - PR.** Disserta o (Mestrado em Engenharia Mecânica), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

TIPLER, P. A. **Physics for Scientists and Engineers.** New York, 1991.

URBS. A história do transporte público de Curitiba. Disponível em: <<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br>>. Acesso em: 23/5/2014.

WALLACE, J.; HOBBS, P. **Atmospheric Science.** Washington. 2011.

YORG, C. M.; ZANNIN, P. H. T. Noise evaluation in the Itaipu Binacional Hydroelectric Power, Between Brazil and Paraguay. In: **27º International Congress on Occupational Health, 2003.** Iguassu Falls. vol. 1.

ZANNIN, P. H. T.. A. Urban Noise Pollution in Residential Areas of the City of Curitiba, Brazil. In: **World Health Organization-Technical meeting on exposure-response relationships of noise on health, 2002.**

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A.. A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: The importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 23, n. 2, p. 245–255, 2003.

ZANNIN, P.H.T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; AUGUSTO, J. A.. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba , PR. Annoyance caused by urban noise to the citizens of Curitiba , Brazil. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 4, p. 521–524, 2002.

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

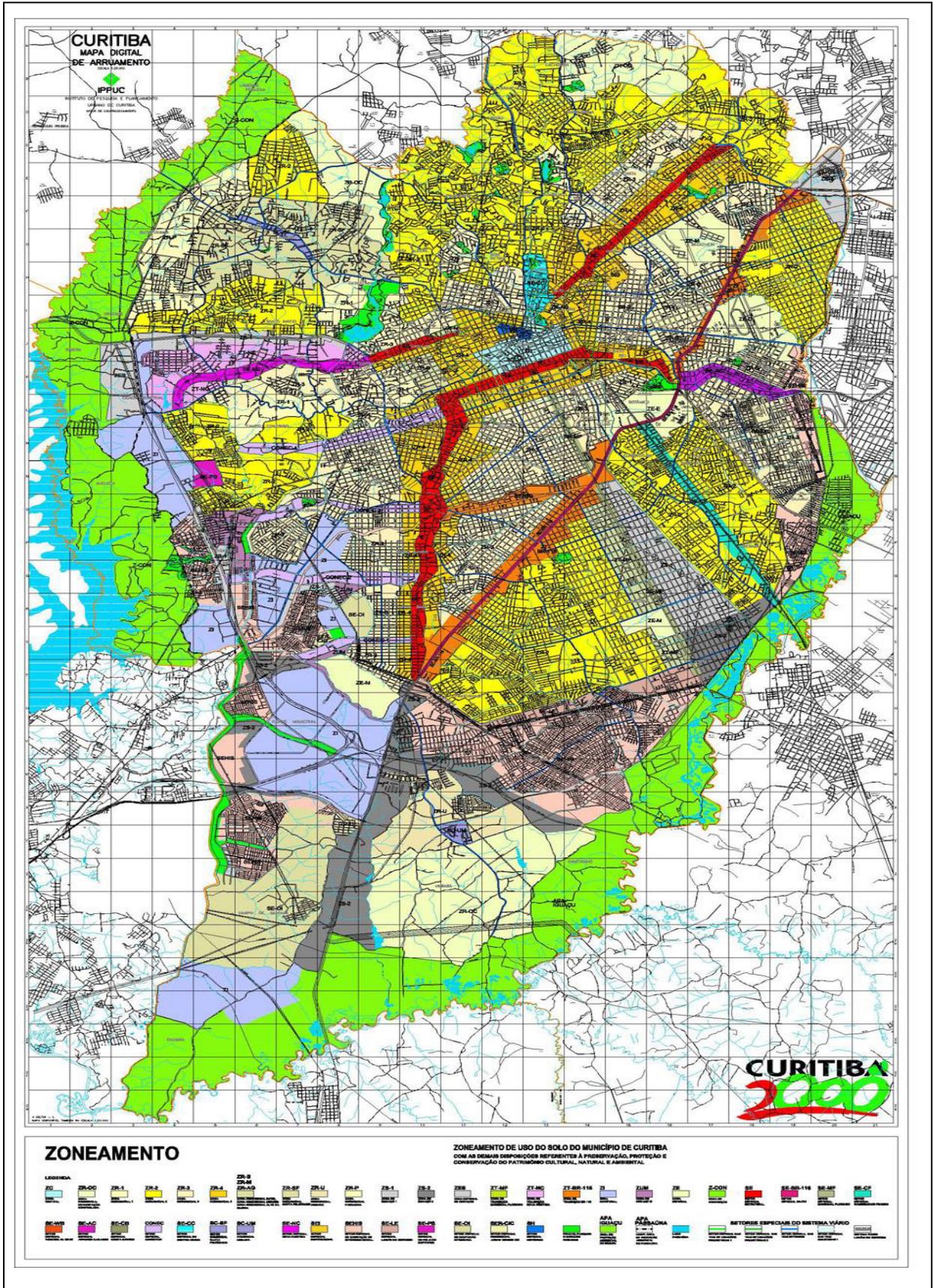
ZANNIN, PHT.; FERREIRA, A.M.C.; SZEREMETA, B. Evaluation of the noise pollution in urban parks of Curitiba. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 118, p. 423-433, 2006.

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**, v. 72, n. 8, p. 479–486, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE I -	MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS DE ZONEAMENTO E SETORES DA CIDADE DE CURITIBA	93
APÊNDICE II -	FORMULÁRIO DE MEDIÇÃO DO PROJETO DE DISSERTAÇÃO “AVALIAÇÃO DE POLUIÇÃO SONORA DE TRÁFEGO NAS PROXIMIDADES DE ESTAÇÕES-TUBO EM DIFERENTES ÁREAS DE ZONEAMENTO DA CIDADE DE CURITIBA”	94
APÊNDICE III -	PERÍODO DE MEDIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÕES	95
APÊNDICE IV -	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE A LEI 10.625:2002, EM AMBIENTES PRÓXIMOS ÀS ESTAÇÕES-TUBO DOS PONTOS DE MEDIÇÕES	96
APÊNDICE V -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) PRESIDENTE TAUNAY (PONTO 1), B) PRAÇA DAS NAÇÕES (PONTO 2), C)VILA SÃO PEDRO (PONTO 3) E D) ALTO BOQUEIRÃO (PONTO 4)	97
APÊNDICE VI -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) XAXIM (PONTO 5), B) PRESIDENTE KENNEDY (PONTO 6), C) SANTA QUITÉRIA (PONTO 7) E D) PAIOL (PONTO 8)	98
APÊNDICE VII -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) PRAÇA DO EXPEDICIONÁRIO(PONTO 9), B) MARIA CLARA PERPÉTUO SOCORRO (PONTO 10), C) JARDIM BOTÂNICO (PONTO 11) E D) QUARTEL (PONTO 12)	99
APÊNDICE VIII -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) JARDIM DAS AMERICAS (PONTO 13), B) JARDIM BOTÂNICO UFPR (PONTO 14), C) PUC (PONTO 15) E D) CÍRCULO MILITAR (PONTO 16)	100
APÊNDICE IX -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) CENTRAL (PONTO 17), B) PRAÇA RUI BARBOSA – CENTENÁRIO (PONTO 18), C) TIRADENTES – COLOMBO (PONTO 19) E D) NESTOR DE CASTRO – CIC (PONTO 20)	101
APÊNDICE X -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) NESTOR DE CASTRO - SANTA FELICIDADE (PONTO 21), B) DETRAN (PONTO 22), C) COLÉGIO MILITAR (PONTO 23) E D) PASSEIO PÚBLICO (PONTO 24)	102

APÊNDICE XI -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) COMENDADOR FONTANA (PONTO 25), B) CENTRO CÍVICO (PONTO 26), C) PAULO GORSKI (PONTO 27) E D) US CAMPO COMPRIDO (PONTO 28)	103
APÊNDICE XII -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) CIC NORTE (PONTO 29), B) HOSPITAL DO TRABALHADOR (PONTO 30), C) HOSPITAL CAJURU (PONTO 31), E D) URBANO LOPES (PONTO 32)	104
APÊNDICE XIII -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) UTFPR (PONTO 33), B) MARUMBY (PONTO 34), C) DON ÁTICO (PONTO 35) E D) WENCESLAU BRAS (PONTO 36)	105
APÊNDICE XIV -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) MARECHAL FLORIANO (PONTO 37), B) FANNY (PONTO 38), C) XAXIM (PONTO 39) E D) CONSELHEIRO DANTAS (PONTO 40)	106
APÊNDICE XV -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) CORONEL LUIZ DOS SANTOS (PONTO 41), B) AGRARIAS (PONTO 42), C) DELEGADO AMAZOR PRESTES (PONTO 43) E D) GERMÂNIA (PONTO 44)	107
APÊNDICE XVI -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) PROFESSORA MARIA A. TEIXEIRA (PONTO 45), B) CATULO DA PAIXÃO CEARENSE (PONTO 46), C) CAJURU (PONTO 47) E D) A. MEIRELES SOBRINHO (PONTO 48)	108
APÊNDICE XVII -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) ÉRICO VERÍSSIMO (PONTO 49), B) COQUEIROS (PONTO 50), C) QUITANDINHA (PONTO 51) E D) CENTRO MÉDICO COMUNITÁRIO BAIRRO NOVO (PONTO 52)	109
APÊNDICE XVIII -	FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) BAIRRO NOVO (PONTO 53) E B) OSTERNACK (PONTO 54)	110



APÊNDICE I – MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS DE ZONEAMENTO E SETORES DA CIDADE DE CURITIBA
FONTE: CURITIBA, (2014)

APÊNDICE II - FORMULÁRIO DE MEDIÇÃO DO PROJETO DE DISSERTAÇÃO “AVALIAÇÃO DE POLUIÇÃO SONORA DE TRÁFEGO NAS PROXIMIDADES DE ESTAÇÕES–TUBO EM DIFERENTES ÁREAS DE ZONEAMENTO DA CIDADE DE CURITIBA”.

I CARACTERÍSTICA DA ESTAÇÃO–TUBO:

- 1. Identificação da Estação–Tubo:.....
- 2. Linha de Transporte da Estação–Tubo:
 - () Linha Expressa
 - () Linha direta Expresso
 - () Linha direta Ligeirinho
- 3. Tipo de corredor de transporte da Estação–Tubo:
 - () Canaleta Exclusiva
 - () Faixa Exclusiva
 - () Via compartilhada
 - () Via exclusiva
- 4. Tipo veículo de transporte que utiliza a Estação–Tubo:
 - () Ônibus Padron
 - () Ônibus Articulado
 - () Ônibus Biarticulado

I. CARACTERÍSTICA DO LOCAL DE MEDIÇÃO

.....
.....
.....

II. VALORES REGISTRADOS APÓS O PERÍODO DE 15 MIN.

N..... Data e horário.
LAmín:..... LAeq:..... LAmáx:.....

.....
GEANESSON ALBERTO DE OLIVEIRA SANTOS

APÊNDICE III – PERÍODO DE MEDIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÕES

Número do Ponto de Medição	Dia da medição	Início da Medição em horas (h):(min)	Posição da medição em coordenadas geográficas
1	05/08/2014	08:17	25°25'43.0"S 49°17'16.6"W
2	02/08/2014	11:07	25°25'32.2"S 49°14'32.7"W
3	30/07/2014	15:45	25°30'44.7"S 49°16'48.5"W
4	30/07/2014	13:56	25°31'28.3"S 49°14'51.3"W
5	30/07/2014	15:14	25°29'46.7"S 49°16'13.4"W
6	31/07/2014	13:01	25°27'19.4"S 49°16'03.4"W
7	04/08/2014	11:58	25°27'31.8"S 49°18'08.9"W
8	31/07/2014	14:15	25°26'52.5"S 49°15'29.1"W
9	02/08/2014	13:54	25°25'44.7"S 49°15'30.5"W
10	02/08/2014	13:20	25°25'09.2"S 49°15'52.5"W
11	25/07/2014	11:08	25°26'16.3"S 49°14'19.8"W
12	31/07/2014	09:39	25°30'24.9"S 49°14'04.9"W
13	25/07/2014	09:18	25°27'07.5"S 49°13'47.7"W
14	25/07/2014	10:10	25°26'38.0"S 49°14'23.9"W
15	31/07/2014	14:41	25°27'08.9"S 49°15'10.3"W
16	01/08/2014	11:03	25°25'37.3"S 49°15'53.2"W
17	01/08/2014	10:34	25°26'09.2"S 49°16'29.8"W
18	01/08/2014	15:10	25°26'08.1"S 49°16'29.7"W
19	01/08/2014	14:35	25°25'45.6"S 49°16'19.0"W
20	01/08/2014	14:15	25°25'42.4"S 49°16'22.2"W
21	01/08/2014	13:59	25°25'41.7"S 49°16'19.7"W
22	02/08/2014	10:35	25°25'48.8"S 49°12'40.5"W
23	02/08/2014	09:43	25°25'43.3"S 49°13'30.6"W
24	01/08/2014	13:25	25°25'24.9"S 49°16'06.0"W
25	01/08/2014	12:02	25°25'10.2"S 49°16'08.9"W
26	01/08/2014	11:35	25°24'54.7"S 49°16'04.8"W
27	04/08/2014	11:27	25°26'14.2"S 49°19'27.6"W
28	04/08/2014	11:01	25°26'26.4"S 49°20'32.9"W
29	04/08/2014	10:35	25°26'57.5"S 49°21'14.1"W
30	04/08/2014	12:32	25°29'03.1"S 49°17'37.1"W
31	25/07/2014	11:33	25°26'12.4"S 49°14'37.2"W
32	05/08/2014	13:02	25°26'25.7"S 49°14'12.2"W
33	01/08/2014	09:59	25°26'19.2"S 49°16'05.3"W
34	04/08/2014	13:53	25°28'19.9"S 49°15'52.0"W
35	04/08/2014	13:27	25°28'34.6"S 49°16'48.4"W
36	04/08/2014	13:02	25°28'37.6"S 49°17'06.2"W
37	31/07/2014	11:12	25°28'07.6"S 49°15'14.4"W
38	31/07/2014	11:43	25°28'28.6"S 49°15'31.0"W
39	02/08/2014	14:43	25°29'47.4"S 49°16'34.1"W
40	31/07/2014	13:29	25°27'06.6"S 49°15'41.6"W
41	31/07/2014	10:21	25°29'41.8"S 49°14'26.2"W
42	02/08/2014	11:37	25°24'37.0"S 49°14'53.9"W
43	05/08/2014	12:38	25°26'29.3"S 49°13'50.6"W
44	07/08/2014	08:50	25°26'30.4"S 49°13'03.6"W
45	05/08/2014	11:56	25°26'18.9"S 49°13'35.1"W
46	05/08/2014	11:21	25°27'52.9"S 49°12'35.5"W
47	05/08/2014	10:58	25°27'36.4"S 49°12'42.5"W
48	05/08/2014	09:55	25°26'48.4"S 49°13'00.8"W
49	30/07/2014	12:25	25°31'51.0"S 49°15'20.5"W
50	30/07/2014	12:02	25°31'56.5"S 49°15'42.6"W
51	30/07/2014	11:32	25°32'07.7"S 49°16'28.1"W
52	30/07/2014	10:18	25°32'50.4"S 49°15'36.7"W
53	30/07/2014	10:41	25°32'39.6"S 49°15'56.8"W
54	30/07/2014	09:37	25°33'10.4"S 49°15'03.4"W

FONTE: O AUTOR (2014)

APÊNDICE IV – RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE A LEI 10.625:2002, EM AMBIENTES PRÓXIMOS ÀS ESTAÇÕES–TUBO DOS PONTOS DE MEDIÇÕES

Número do Ponto de Medição	Resultado Arredondado de Leq [dB(A)]	Valor de referência Período Diurno Leq [dB(A)]	Valor Sobre-Excedente de ruídoLAeq [dB(A)]
1	70	55	15
2	72	55	17
3	71	55	16
4	72	55	17
5	76	55	21
6	76	55	21
7	69	55	14
8	71	55	16
9	72	65	7
10	72	65	7
11	74	65	9
12	74	60	14
13	74	60	14
14	74	60	14
15	75	60	15
16	69	65	4
17	73	65	8
18	71	65	6
19	68	65	3
20	73	65	8
21	73	65	8
22	75	65	10
23	77	65	12
24	72	60	12
25	75	60	15
26	68	60	8
27	70	65	5
28	66	65	1
29	66	65	1
30	71	65	6
31	73	65	8
32	75	65	10
33	73	65	8
34	77	65	12
35	75	65	10
36	72	65	7
37	74	65	9
38	71	65	6
39	72	65	7
40	72	65	7
41	73	65	8
42	69	65	4
43	72	65	7
44	73	65	8
45	71	65	6
46	70	65	5
47	69	65	4
48	65	65	0
49	69	65	4
50	77	65	12
51	68	65	3
52	72	65	7
53	71	65	6
54	67	65	2

FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE V – FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) PRESIDENTE TAUNAY (PONTO 1), B) PRAÇA DAS NAÇÕES (PONTO 2), C) VILA SÃO PEDRO (PONTO 3) E D) ALTO BOQUEIRÃO (PONTO 4)

FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE VI - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) XAXIM (PONTO 5), B) PRESIDENTE KENNEDY (PONTO 6),
C) SANTA QUITÉRIA (PONTO 7) E D) PAIOL (PONTO 8)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE VII - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) PRAÇA DO EXPEDICIONÁRIO(PONTO 9),
 B) MARIA CLARA PERPÉTUO SÓCORRO (PONTO 10), C) JARDIM BOTÂNICO (PONTO 11) E D) QUARTEL (PONTO 12)
 FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE VIII - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) JARDIM DAS AMERICAS (PONTO 13),
B) JARDIM BOTÂNICO - UFPR (PONTO 14), C) PUC (PONTO 15) E D) CÍRCULO MILITAR (PONTO 16)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE IX - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) CENTRAL (PONTO 17), B) PRAÇA RUI BARBOSA – CENTENÁRIO (PONTO 18), C) TIRADENTES – COLOMBO (PONTO 19) E D) NESTOR DE CASTRO – CIC (PONTO 20)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE X - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) NESTOR DE CASTRO - SANTA FELICIDADE (PONTO 21),
B) DETRAN (PONTO 22), C) COLÉGIO MILITAR (PONTO 23) E D) PASSEIO PÚBLICO (PONTO 24)
FONTE: O AUTOR (2014)



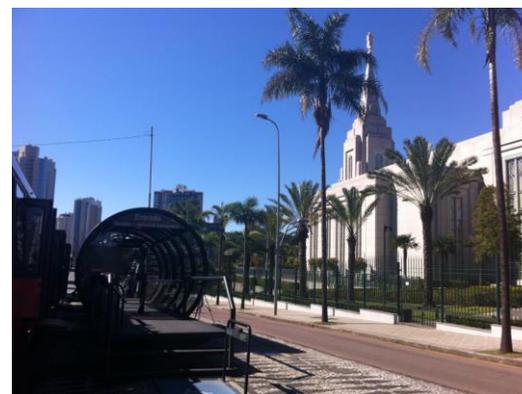
A)



B)



C)



D)

APÊNDICE XI - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) COMENDADOR FONTANA (PONTO 25),
B) CENTRO CÍVICO (PONTO 26), C) PAULO GORSKI (PONTO 27) E D) US CAMPO COMPRIDO (PONTO 28)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE XII - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) CIC NORTE (PONTO 29), B) HOSPITAL DO TRABALHADOR (PONTO 30), C) HOSPITAL CAJURU (PONTO 31), E D) URBANO LOPES (PONTO 32)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)

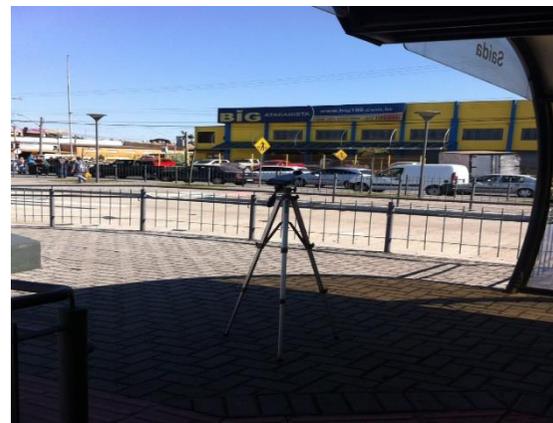


D)

APÊNDICE XIII - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) UTFPR (PONTO 33), B) MARUMBY (PONTO 34),
C) DON ÁTICO (PONTO 35) E D) WENCESLAU BRAS (PONTO 36)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE XIV - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) MARECHAL FLORIANO (PONTO 37), B) FANNY (PONTO 38),
C) XAXIM (PONTO 39) E D) CONSELHEIRO DANTAS (PONTO 40)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE XV - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) CORONEL LUIZ DOS SANTOS (PONTO 41),
B) AGRARIAS (PONTO 42), C) DELEGADO AMAZOR PRESTES (PONTO 43) E D) GERMÂNIA (PONTO 44)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE XVI - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) PROFESSORA MARIA A. TEIXEIRA (PONTO 45),
B) CATULO DA PAIXÃO CEARENSE (PONTO 46), C) CAJURU (PONTO 47) E D) A. MEIRELES SOBRINHO (PONTO 48)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)



C)



D)

APÊNDICE XVII - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO: A) ÉRICO VERÍSSIMO (PONTO 49), B) COQUEIROS (PONTO 50), C) QUITANDINHA (PONTO 51) E D) CENTRO MÉDICO COMUNITÁRIO BAIRRO NOVO (PONTO 52)
FONTE: O AUTOR (2014)



A)



B)

APÊNDICE XVIII - FOTOS DOS LOCAIS DE MEDIÇÕES NAS ESTAÇÕES-TUBO:
A) BAIRRO NOVO (PONTO 53) E B) OSTERNACK (PONTO 54)
FONTE: O AUTOR (2014)