

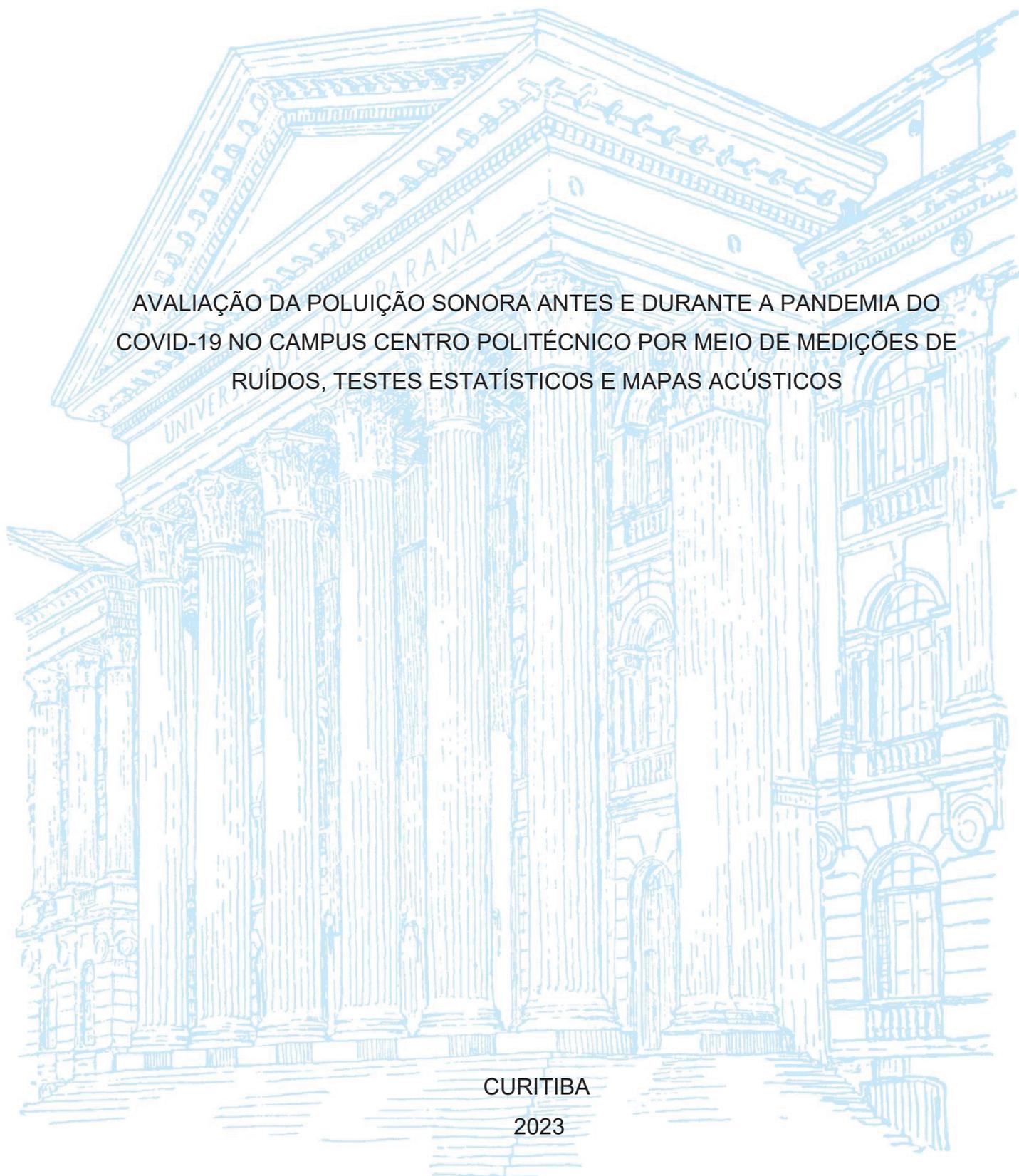
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO RICARDO BOEING DE SOUZA

AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA ANTES E DURANTE A PANDEMIA DO
COVID-19 NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO POR MEIO DE MEDIÇÕES DE
RUIDOS, TESTES ESTATÍSTICOS E MAPAS ACÚSTICOS

CURITIBA

2023



JOÃO RICARDO BOEING DE SOUZA

AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA ANTES E DURANTE A PANDEMIA DO
COVID-19 NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO POR MEIO DE MEDIÇÕES DE
RUÍDOS, TESTES ESTATÍSTICOS E MAPAS ACÚSTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

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

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Souza, João Ricardo Boeing de

Avaliação da poluição sonora antes e durante a pandemia do covid-19 no campus Centro Politécnico por meio de medições de ruídos, testes estatísticos e mapas acústicos. / João Ricardo Boeing de Souza. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

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

1. Poluição sonora. 2. Ruído urbano. 3. Tráfego - Ruído. I. Zannin, Paulo Henrique Trombetta. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
AMBIENTAL - 40001016075P3

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JOÃO RICARDO BOEING DE SOUZA** intitulada: **AValiação DA POLUIÇÃO SONORA DURANTE A PANDEMIA DO COVID-19 NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO POR MEIO DE MEDIÇÕES DE RUÍDOS E MAPAS ACÚSTICOS**, sob orientação do Prof. Dr. PAULO HENRIQUE TROMBETTA ZANNIN, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 24 de Fevereiro de 2023.

Assinatura Eletrônica

27/02/2023 14:13:59.0

PAULO HENRIQUE TROMBETTA ZANNIN

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

27/02/2023 11:52:15.0

ANA FLÁVIA LOCATELI GODOI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/02/2023 16:12:29.0

KARINA MARY DE PAIVA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

Centro Politecnico da UFPR - Curitiba - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3012 - E-mail: ppgea@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 259226

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 259226

AGRADECIMENTOS

De primórdio, agradeço imensamente a Deus pelos meus dias repletos de vida, luz, foco, sabedoria e determinação para alcançar meus objetivos. Por me permitir sentir, conhecer e reconhecer que sou capaz de realizar coisas muito além daquilo que eu imagino que eu possa fazer.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais Manoel Vilmar de Souza e Sandra Regina Boeing de Souza que nunca mediram esforços para a realização deste sonho, tanto para mim, como para eles é um motivo de orgulho estar encerrando este ciclo. Sempre me proporcionaram tranquilidade e conforto para vencer esta etapa. Ao meu irmão Luís Filipe Boeing de Souza que fez dos momentos difíceis, se tornarem mais tranquilos. Sem o apoio, força e amor deles essa realização não seria possível.

A minha namorada, e melhor amiga Gabriela Ramos, por estarmos juntos desde o início deste ciclo, no qual tomamos uma decisão de unir nossas vidas e realmente vivermos esta etapa juntos. Seu carinho, amor e até brigas me mantiveram firme até o fim e com certeza esta conquista é nossa.

Agradeço, a Universidade do Estado do Paraná, pela oportunidade de realizar o mestrado, à CAPES pelo apoio financeiro dessa pesquisa e pelo apoio aos estudantes deste país. Também ao PPGA e a todos os professores do programa, pela aprendizagem, ensinamentos e também ao Leonildo o qual foi muito importante em me auxiliar em todas as etapas desse ciclo.

Agradeço também, ao Thomas Vieira pela paciência, dedicação, ensinamentos e aprendizagem que me auxiliou na etapa final desse trabalho.

Aos meus colegas do mestrado que caminharam junto à mim nessa trajetória tão brilhante em especial ao Igor, Karoline e o Lucas vocês são pessoas grandiosas e agradeço pela amizade.

Ao meu orientador Paulo Zannin pela ajuda, pelos ensinamentos, paciência e contribuição, mesmo em um período de pandemia, se mostrou sempre presente durante esse ciclo, sou grato pela oportunidade, e por ter acreditado em meu potencial e repassar todo seu conhecimento, incentivo e dedicação a mim, fazendo parte do meu desenvolvimento profissional.

Aos membros da banca examinadora, professora Ana Flávia Locateli Godoi e a Karina Paiva que fizeram parte deste momento tão aguardado. Obrigado por aceitarem o convite para analisar este trabalho, e pela atenção e tempo dedicados.

Agradeço ainda a todos os demais envolvidos em meu caminhar durante esses anos. Sou muito grato por chegar até aqui, com incríveis lembranças e experiências que jamais serão esquecidas. O meu muito obrigado a todos!

“PESSOAS COMUNS ACREDITAM APENAS NO POSSÍVEL. PESSOAS EXTRAORDINÁRIAS VISUALIZAM NÃO O QUE É POSSÍVEL OU PROVÁVEL, MAS O QUE É IMPOSSÍVEL. E AO VISUALIZAR O IMPOSSÍVEL, ELAS COMEÇAM A VER AQUILO COMO POSSÍVEL”

CHERIE CARTER-SCOTT.

RESUMO

A poluição sonora é um impacto ambiental negativo constante em grandes capitais como Curitiba - PR, dessa forma a Lei Municipal N. 10.625 de 2002 estabelece limites máximos de níveis sonoros permitidos conforme o zoneamento urbano da Cidade. As atividades que são desenvolvidas em ambientes escolares e universitários exigem alto grau de concentração para se obter um desempenho satisfatório, pesquisas demonstram como a poluição sonora pode afetar o desempenho dos alunos e acadêmicos. O estudo tem como objetivo fazer a análise do impacto ambiental sonoro gerado pelo tráfego rodoviário de veículos por meio de medições *in-situ*, análises estatísticas e mapeamento sonoro, durante a pandemia do Covid-19 e comparar os resultados obtidos com o estudo de Vieira (2018) no qual foi medido sem a pandemia do Covid-19, no campus Centro Politécnico da UFPR. A metodologia deste estudo consiste nas seguintes etapas: Medições ao longo da área de estudo, tabulação e análise dos dados coletados, análise estatística, mapeamento acústico, proposição de medidas mitigatórias e comparar com os dados antes da pandemia. As medições ocorreram com o tempo de 15 minutos cada. Os resultados apresentaram que em 38 pontos medidos, 14 apresentaram acima de 60 dB(A), no qual é o limite determinado para uma Zona Especial Educacional – ZE-E. Em 27 dos 38 pontos medidos, o valor obtido foi superior à 55 dB(A), que é o limite máximo para uma Zona de Silêncio, segundo a Lei Municipal N. 10.625 de 2002, já em comparação com a NBR 10151 o cenário não é positivo, apresenta-se todos os pontos acima, devido ao fato que o limite é menor sendo de 50 dB (A). Dentre as medidas mitigatórias propostas a que apresentou um melhor resultado foi a de construção de barreiras acústicas em locais críticos, embora reduções no volume da frota de veículos também apontaram redução nos níveis de pressão sonora. Por fim, conclui-se que o ideal seria um conjunto de medidas mitigatórias e não apenas uma isolada.

Palavras-chave: Ruído ambiental 1. Ruído de tráfego 2. Poluição Sonora 3. Ruído antes e durante a pandemia do Covid-19.

ABSTRACT

Noise emission is a constant negative environmental impact in large capitals such as Curitiba - PR, thus Municipal Law No. 10,625 of 2002 establishes maximum limits of permitted sound levels according to the urban zoning of the City. The activities that are developed in school and university environments formed a high degree of concentration to obtain a didactic performance, research such as sound can affect the performance of students and academics. The study aims to analyze the environmental impact of noise generated by road vehicle traffic through in-situ monitoring, statistical analysis and sound mapping, during the Covid-19 pandemic and compare the results obtained with the study by Vieira (2018) in which it was measured without the Covid-19 pandemic, at the Centro Politécnico da UFPR campus. The methodology of this study consists of the following steps: Measurements throughout the study area, tabulation and analysis of collected data, statistical analysis, acoustic mapping, proposition of mitigation measures and comparison with data before the pandemic. The measurements took place with a time of 15 minutes each. The results showed that in 38 measured points, 14 presented above 60 dB(A), which is the determined limit for a Special Educational Zone – ZE-E. In 27 of the 38 points measured, the value obtained was greater than 55 dB(A), which is the maximum limit for a Silence Zone, according to Municipal Law No. 10,625 of 2002, whereas in comparison with NBR 10151 the scenario is positive, all the above points are presented, due to the fact that the limit is lower being 50 dB (A). Among the proposed mitigation measures, the one that presented the best result was the construction of acoustic barriers in critical locations, although reductions in the volume of the vehicle fleet also pointed to a reduction in sound pressure levels. Finally, it is concluded that the ideal would be a set of mitigation measures and not just basic education.

Keywords: Environmental noise 1. Traffic noise 2. Noise pollution 3. Noise before and during the COVID19 pandemic.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CAMINHOS DE PROPAGAÇÃO DO SOM.....	17
FIGURA 2 - CURVA DE PONDERAÇÃO.....	24
FIGURA 3 – COMPOSIÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL.....	35
FIGURA 4 – NÍVEIS SONOROS MEDIDOS NOS LOCAIS COM O LIMITE MÁXIMO DA NBR 10.151	42
FIGURA 5 - CENÁRIO ACÚSTICO EM ARACAJU/SE.....	43
FIGURA 6 - MAPA DE RUÍDO DE UM DOS LOCAIS DE ESTUDO EM CURITIBA/PR.	44
FIGURA 7 - MAPEAMENTO ACÚSTICO PARA O ANO DE 2012 E 2017.	45
FIGURA 8 - MAPA ACÚSTICO COM O NÍVEL DE RUÍDO AMBIENTE EM DIAS ÚTEIS.....	46
FIGURA 9 - MAPA SONORO HORIZONTAL NO BAIRRO CASTELO BRANCO.	47
FIGURA 10 - ÁREAS AVALIADAS PARA AVALIAR A POLUIÇÃO NOS CAMPIS POLITÉCNICO E BOTÂNICO DA UFPR.	48
FIGURA 11 - VISTA AÉREA DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO (UFPR) COM AS LINHAS DE MEDIÇÕES ACÚSTICAS.	49
FIGURA 12 - VISTA ÁREA DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO (UFPR) COM OS PONTOS DE MEDIÇÕES ACÚSTICAS E SEUS RESPECTIVOS MEDIDORES.	50
FIGURA 13 - MAPA ACÚSTICO DO CAMPUS ECOVILLE DA UTFPR.....	51
FIGURA 14 - MAPA SONORO DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO (UFPR).	52
FIGURA 15 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA ANTES E DURANTE A PANDEMIA..	54
FIGURA 16 - DADOS REFERENTES ÀS MEDIÇÕES, NO PERÍODO DE ABRIL A MAIO DE 2020, NA AV. FERNANDES LIMA E AV. ANTÔNIO GOMES DE BARROS.	55
FIGURA 17 - ETAPAS REALIZADAS NO ESTUDO.....	56
FIGURA 18 - CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.....	59
FIGURA 19 - PONTOS DE MEDIÇÃO NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR.....	61
FIGURA 20 - DISTÂNCIAS RECOMENDAS PARA MEDIÇÕES EM CAMPO.....	62
FIGURA 21 - DISTRIBUIÇÃO NORMAL.....	70
FIGURA 22 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÉDIO MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA.....	75
FIGURA 23 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÁXIMOS MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA.....	76
FIGURA 24 - - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÍNIMOS MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA.....	77
FIGURA 25 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA COM NBR 15101.	78
FIGURA 26 -COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA COM A ZONA DE SILENCIO.....	79
FIGURA 27 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA COM ZE-E.....	80
FIGURA 28 - DADOS COM VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIOS NO PERÍODO “DURANTE A PANDEMIA”.....	82

Figura 29 - DISPOSIÇÃO DOS PONTOS CALIBRADOS SOBRE A CURVA DE CALIBRAÇÃO	86
Figura 30 - LEGENDA DOS MAPAS ACÚSTICOS.....	86
Figura 31 - MAPA DE RUÍDO DA SITUAÇÃO ATUAL NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO COM BASE NOS DADOS DE MEDIÇÕES DURANTE HORÁRIO DE AULA NO PERÍODO DIURNO	87
Figura 32 - MAPA DE RUÍDO TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS POLITÉCNICO	88
Figura 33 - VISTA 3D DA ÁREA DE ESTUDO COM AS EDIFICAÇÕES, CONSTRUÇÕES E ÁREAS DE VEGETAÇÃO EM PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO	89
Figura 34 - MAPA DE RUÍDO PARA O CENÁRIO 1:VEÍCULOS PESADOS EM 10% APENAS.....	91
Figura 35 - MAPA DE RUÍDO DO CENTRO POLITÉCNICO. CENÁRIO 2, COM 75% DA FROTA GERAL DE VEÍCULOS	92
FIGURA 36- MUDANÇAS NAS DIREÇÕES DO SOM CAUSADA UMA BARREIRA ACÚSTICA.	93
Figura 37 - LOCALIZAÇÃO DAS BARREIRAS ACÚSTICAS EM BRANCO.....	94
Figura 38 - MAPA DE RUÍDO DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO COM BARREIRAS ACÚSTICAS.....	95
Figura 39 - COMPARAÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA (A DIREITA) E CENÁRIO COM BARREIRA ACÚSTICA (A ESQUERDA) PRÓXIMO AO SIMEPAR E LPH.....	95
Figura 40 - COMPARAÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA (A DIREITA) E CENÁRIO COM BARREIRA ACÚSTICA (A ESQUERDA) PRÓXIMO AO SEPT.	95
Figura 41 - MAPA DE RUÍDO DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO SEM AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO.....	97
Figura 42 - GRÁFICO COMPARATIVO DOS RESULTADOS DAS MEDIDAS MITIGADORAS.....	99

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - DEFINIÇÕES DE RUÍDO.	14
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE RUÍDOS.	15
QUADRO 3 - CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS.....	16
QUADRO 4 - RESOLUÇÕES DO CONAMA SOBRE RUÍDOS.	28
QUADRO 5 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÁXIMOS.....	29
QUADRO 6 - PARÂMETROS PARA MEDIÇÕES E MAPEAMENTO ACÚSTICO CONFORME A ISO 1996.....	32
QUADRO 7 - FONTES DE RUÍDOS URBANOS.....	35
QUADRO 8 - EFEITOS DO RUÍDO NA AUDIÇÃO.....	39
QUADRO 9 - FATORES E IMPACTOS DO RUÍDO.....	40
QUADRO 10 - MEDIDAS DE CONTROLE.....	40
QUADRO 11 - CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES PRESENTES NO CENTRO POLITÉCNICO.....	58
QUADRO 12 - MATERIAIS E SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA ESSE ESTUDO.	60
QUADRO 13 - FICHA DE CAMPO UTILIZADA DURANTE AS MEDIÇÕES.....	63
QUADRO 14 – CATEGORIA DE VEÍCULOS CONFIRME A NORMA RMV-SEM2.	68
QUADRO 15 – DEFINIÇÃO DE MÉDIA E DESVIO PADRÃO.....	69
QUADRO 16 - COMPARAÇÃO DOS DADOS DE CAMPO E A LEGISLAÇÃO.....	73
QUADRO 17 – DIFERENÇA ENTRE MEDIÇÕES DE CAMPO E NÍVEL SONORO SIMULADO.....	85
QUADRO 18 – DIFERENÇA ENTRE MEDIÇÕES DE CAMPO E NÍVEL SONORO SIMULADO.....	98

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VALORES EM MICRO PASCAL E SEUS VALORES EM DECIBEL.	20
TABELA 2 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA.	22
TABELA 3 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA.	27
TABELA 4 - LIMITES DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DOS TIPOS DE ÁREAS HABITADAS E DO PERÍODO.	27
TABELA 5 - AJUSTES DOS NÍVEIS BASEADOS NAS FONTES SONORAS E PERÍODO DO DIA.	31
TABELA 6 - DEMANDA DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO COM OS PERÍODOS DETERMINADOS NO ESTUDO.	53
TABELA 7 - EXEMPLO DE TABULAÇÃO DE DADOS COLETADOS EM CAMPO.	63
TABELA 8 - MÉDIA E DESVIOS PADRÕES DA PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE (LEQ) MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA, ANTES E DURANTE A PANDEMIA CORONA VÍRUS NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR.	83
TABELA 9 - INTERPRETAÇÃO DA CORRELAÇÃO DE PEARSON.	83
TABELA 10 - CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS VALORES DE PRESSÃO SONORA MÁXIMO, MÍNIMO E MÉDIA, DURANTE A PANDEMIA NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR.	84
TABELA 11 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS VALORES DE PRESSÃO SONORA MÁXIMO, MÍNIMO E MÉDIA, ANTES E DURANTE A PANDEMIA NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR.	84

LISTA DE SIGLAS

x	constante que depende do gás [1,4 para ar]
R	Constante universal dos gases [8,31 J / K mol]
T	Temperatura absoluta do gás [K]
M	Peso molar do gás [kg / mol]
t	Tempo de medição [s]
c	Velocidade do som [m / s]
f	Frequência [Hz]
T	Período [s]
W	Potência sonora [W]
W ₀	Valor de referência da potência sonora [W]
W ₁	Valor de potência sonora a ser compara [W]
<i>I_{n(i)}</i>	Intensidade sonora normal [W / m ²]
<i>S_i</i>	Elemento de área [m ²]
I	Intensidade sonora [W / m ²]
L	Nível sonoro [B]
NPS	Nível de Pressão Sonora em Bel[B] ^S Área [m ²]
Leq	Nível equivalente de pressão sonora [dB]
LAeq	Nível equivalente de pressão sonora ponderada em A[dB(A)]
p ₁	Valor da pressão sonora a ser comparada
[Pa]p ₀	valor de referência da pressão sonora
P	Pressão sonora [Pa]
p_{ef}^2	Pressão sonora efetiva [Pa]
<i>p(t)</i>	Pressão sonora instantânea [Pa]
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
CONAMA	Conselho Nacional De Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial de Saúde
TTS	Temporary Threshold Shift
PAIR	Perda Auditiva Permanente induzida pelo Ruído

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.3	OBJETIVO GERAL	13
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	CONCEITOS DE ACÚSTICA	14
2.1.1	Caracterização de Som e Ruído	14
2.1.2	Emissão e Imissão Sonora	16
2.1.3	Fontes Sonoras	16
2.1.4	Fenômenos de propagação das ondas sonoras	16
2.1.5	Frequência	18
2.1.6	Pressão Sonora	18
2.1.7	Intensidade e Potência Sonora	19
2.2	MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA	20
2.2.1	Decibel	20
2.2.2	Nível de Pressão Sonora	21
2.2.3	Nível Sonoro Equivalente (LAeq)	23
2.2.4	Curva de Ponderação	23
2.3	MAPEAMENTO ACÚSTICO	24
2.4	LEGISLAÇÕES E NORMAS	26
2.4.1	Legislação Federal	26
2.4.2	Legislação Estadual e Municipal	29
2.5	ISO - Organização Internacional de Normalização	30
2.5.1	ISO 1996-1	30
2.5.2	ISO 1996-2	31
2.6	COVID-19	32
3	REVISÃO DA LITERATURA	34
3.1	POLUIÇÃO SONORA	34
3.1.1	Ruído de Tráfego	36
3.1.2	Efeitos Da Poluição Sonora	38
3.1.3	Avaliação e Controle Do Ruído Ambiental	40
3.1.4	Mapeamento Acústico	43
3.1.5	Ruído ambiental em universidades	48
3.1.6	Estudos em tempo de Pandemia de Covid-19	53

4	MATERIAIS E MÉTODOS	56
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO	57
4.1.1	Universidade Federal Do Paraná.....	57
4.1.2	Campus Centro Politécnico	58
4.2	DEFINIÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	60
4.3	EQUIPAMENTOS E <i>SOFTWARES</i>	60
4.4	COLETA DE DADOS.....	61
4.5	MEDIÇÃO EXTERNA NO CAMPUS POLITÉCNICO E CONTAGEM DE VEICULOS.....	62
4.6	MAPEAMENTO ACÚSTICO.....	64
4.7	MODELAGEM.....	65
4.8	CALIBRAÇÃO DOS MODELOS	65
4.9	CÁLCULO DO MAPEAMENTO (ISO 9613-1/2 <i>Road</i>)	66
4.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	69
4.10.1	Verificação de normalidade dos dados	69
4.10.2	Relação dos níveis sonoros antes e durante a pandemia.	71
4.10.3	Correlação entre os níveis sonoros e o número de veículos	71
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1	MEDIÇÕES SONORAS	73
5.1.1	Comparação dos Dados Medidos Antes e Durante a Pandemia	75
5.1.2	Comparação dos Dados Antes e Durante a Pandemia com as Legislações Vigentes.....	78
5.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA COM OS DADOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA.....	81
5.3	MAPEAMENTO ACUSTICO.....	85
5.3.1	Medidas Mitigatórias	89
5.3.2	Alteração na frota de veículos	90
5.3.3	Barreiras Acústicas	93
5.3.4	Remoção Total da vegetação.....	96
6	CONCLUSÃO	100
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, ocorreu uma grande tendência de mudança da população rural para as áreas urbanas e conseqüentemente se obteve uma crescente concentração de habitantes nas cidades (GOZALO et al., 2018). O ruído é um dos problemas resultantes do funcionamento das grandes cidades, causando efeitos negativos para a saúde humana como: dificuldade em repousar, perda de privacidade, trauma auditivo, alterações nos batimentos cardíacos e até prejuízo econômico (MARCELO, 2006). No contexto urbano, esses problemas relacionados aos ruídos crescem com o desenvolvimento das cidades, com aumento da densidade da malha urbana e o volume de tráfego de veículos (NIEMEYER, 2006).

A ausência de preocupação com a acústica das cidades, sem a devida atenção para a orientação e controle de fontes de ruído, geraram espaços urbanos cada vez mais ruidosos (OLIVEIRA et al. 2019).

A exposição ao ruído é um dos maiores problemas enfrentados pela população mundial, sendo considerada uma questão de saúde pública, podendo comprometer a qualidade de vida, e produzir efeitos adversos nos seres humanos e animais, tanto em nível auditivo, quanto extra auditivo, a depender das características do ruído, do tipo de exposição e da susceptibilidade do indivíduo exposto. (WHO, 2018). Em síntese, o som faz parte do dia a dia das cidades, no entanto quando é indesejado é caracterizado como ruído (KATALIN, 2018).

Pessoas, em especial aquelas que residem em zonas urbanas, são expostas aos ruídos e em grande parte não reconhecem o perigo e as conseqüências para sua audição (WAWA E MULAKU, 2015). Segundo a Organização Mundial da Saúde, o ruído ocupa o segundo lugar entre os fatores de risco ambiental para a saúde pública, atrás apenas da poluição do ar por partículas ultrafinas (PM_{2,5}) (OMS, 2011).

Os efeitos gerados pelo ruído ambiental à saúde podem ser auditivos e não auditivos. O primeiro pode-se relacionar com a perda auditiva induzida pelo ruído, ou seja, causada por uma exposição única a um som de impulso intenso ou a longo prazo a altos níveis de pressão sonora, como por exemplo os de ambiente industrial (BASNER et al. 2014). Já os não auditivos são relacionados

aos distúrbios do sono, doenças cardiovasculares, raiva, decepção e depressão (MUNZEL et al., 2014; GERAVANDI et al., 2015; MUNZEL et al., 2018; RAJA et.al., 2019).

De acordo com as avaliações recentes publicadas pela agencia europeia do meio ambiente, o tráfego rodoviário é o principal componente da poluição sonora (EEA, 2020). Na cidade de Curitiba - PR, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) entre os anos de 2011 e 2020 a população cresceu 10,43%, passando de 1.764.541 de habitantes para 1.948.626. Por sua vez, o número de veículos cadastrados no município aumentou 18,78%, passando de 1.232.991 para 1.464.535, ou seja, quatro carros para cada cinco habitantes, conforme dados do Departamento de Trânsito do Paraná (Detran-PR), o que demonstra uma situação preocupante (DENTRAN, 2020).

Diante dessa problemática, algumas atividades necessitam de certo conforto acústico, e as salas de aulas são grandes exemplos deste. Desta forma, há uma grande necessidade de uma boa qualidade acústica para as salas de aulas, esse tema abrange diversas áreas, entre eles engenheiros, arquitetos, fonoaudiólogos e pedagogos, por envolver uma gama alta de aspectos nos projetos de edificação (LORO, 2003).

Com isso, mostra-se a necessidade de buscar desenvolver métodos, dispositivos, com o objetivo de amenizar o ruído ambiental. Portanto, precisa-se de um conjunto de medidas para o monitoramento desta problemática, tanto em caráter técnico, público e administrativo.

Durante a pandemia do Covid-19 e com algumas medidas de quarentena e isolamento social, estudo descrevem que há uma certa redução no ruído ambiental (ASENSIO et al., 2020; ZAMBRANO-MONSERRATE et al.,2020). Desta forma, a comunidade da área de acústica está mobilizada em aproveitar uma rara oportunidade para realizar as medições com o objetivo de entender as mudanças dos ruídos ambientais devido as medidas restritivas da mobilidade urbana, ou seja, existe uma certa relevância de fazer a comparação das medições antes da pandemia do Covid-19 e durante a pandemia (ZAMBRANO-MONSERRATE et al., 2020).

Visto o cenário em que a pesquisa se desenvolve, em meio a uma das maiores pandemias da história humana, é de extrema importância realizar-se um

levantamento no campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, que está localizado em uma área com extremo fluxo de tráfego de veículos, e constante reforma e/ou construção. Esta pesquisa apresenta a seguinte questão de pesquisa: *Qual o comportamento acústico gerado durante a Pandemia do Covid-19 no Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná?*

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante do contexto, Lubman e Sutherland (2001) apontam que a aprendizagem necessita de comunicação entre professor e aluno e até mesmo entre os estudantes. Porém, para se haver uma eficácia se faz necessário ter boas condições acústicas dentro da sala de aula. A boa acústica na sala de aula, facilita e é mais sustentada e menos estressante. Quando se há excesso de ruído isso se torna uma barreira para a aprendizagem.

Com isso, o contexto dos ambientes educacionais, os níveis elevados de ruído afetam o comportamento e a compreensão dos alunos e tornam o ensino exaustivo. Existem vários estudos sobre a influência do ruído ambiental no desempenho de aprendizagem e trabalho. Os estudos indicam que a exposição ao ruído ambiental pode acarretar na diminuição do desempenho cognitivo, no que tange às dificuldades de comunicação, atenção prejudicada, aumento da excitação, irritação e consequências de distúrbios do sono e no desempenho escolar (ZANNIN E ZWIRTES 2009; GOSWAMI 2011; ZANNIN et al. 2013b; SU; KANG; JIN, 2013; SOARES et. al, 2014; TZIVIAN, 2017; SCHITTIN, 2019).

A cidade de Curitiba - PR é uma das poucas cidades no qual apresenta-se uma legislação específica para ruídos urbanos. O Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná tem grande contribuição para a comunidade em geral diante de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão. A área é cercada por vias com intenso tráfego de veículos - a via expressa BR 277 que liga a cidade de Curitiba - PR à área costeira do estado do Paraná e a Linha Verde, anteriormente denominada rodovia BR 116, que liga o país de norte a sul.

Posto isso, Vieira (2018) elaborou uma avaliação do ruído ambiental no campus (Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná).

Em 2019, surgiu a pandemia do Covid-19 a qual gerou medidas restritivas de quarentena e isolamento social. Na literatura encontra-se uma gama de estudos de poluição sonora em ambientes educacionais, e até mesmo no campus em análise. Porém, este estudo diferencia dos demais, com a contribuição de avaliar e analisar o impacto do Coronavírus nas condições acústicas deste ambiente.

Contudo será feita uma avaliação da poluição sonora no campus Politécnico da UFPR, localizado em Curitiba no estado do Paraná por meio de medições, análise estatística, mapas acústicos e posteriormente realizar uma comparação com os dados de níveis sonoros medidos antes da pandemia do Covid-19.

1.2 OBJETIVOS

1.3 OBJETIVO GERAL

A pesquisa tem como objetivo geral realizar uma avaliação da poluição sonora no campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná durante a Pandemia do Covid-19 por meio de medições, análise estatística e mapas acústicos.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar os níveis de pressão sonora medidos no campus Politécnico;
- b) Comparar os níveis de pressão sonora medidos em campo com o limite recomendado pela norma NBR 10.151/20 e a Lei Municipal de Curitiba nº 10.625 de 2002;
- c) Comparar e analisar por meio de testes estatísticos os níveis de ruído medidos antes e durante a pandemia da Covid-19;
- d) Gerar mapas acústicos com o intuito de visualizar o ambiente acústico da área de estudo.
- e) Avaliar Possíveis medidas de controle do ruído no ambiente estudado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os aspectos fundamentais de acústica e o aprofundamento dos conceitos relacionados ao tema proposto.

2.1 CONCEITOS DE ACÚSTICA

2.1.1 Caracterização de Som e Ruído

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 12179/92, som é definido como toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas (por exemplo, elástico, viscoso), capaz de produzir no homem uma sensação auditiva.

O som também pode ser caracterizado como o resultado de um impulso vibracional causado por flutuações de pressão diante de um meio elástico como o ar, a água, o concreto ou qualquer outro meio sólido, líquido ou gasoso. Esse meio sofre repetidas compressões e expansões moleculares, que se propagam em forma de ondas, a partir da fonte sonora (KINSLER et all 1982).

Diante disso, correlaciona-se com a definição de som, o ruído é estabelecido como um som indesejável, já caracterizando como um problema acima da tendência do que é desejável (OMS, 1999). No quadro 01, são expostas as diversas definições de ruídos encontrados na bibliografia.

QUADRO 1 - DEFINIÇÕES DE RUÍDO.

Ano	Autor	Definição
1984	Azevedo	Conjunto de sons harmonicamente indesejáveis, discordantes e confusos.
1994	Nepomuceno	Sinal acústico aperiódico, ou seja, surge por meio da superposição dos movimentos de vibrações, que são compostos por frequências, e que não apresentam nenhuma relação entre si.
1995	Astete, Giampaoli e Zidam	Fenômeno físico que, no caso da Acústica, indica uma mistura de sons cujas frequências não seguem nenhuma lei precisa.
2002	Ponzetto	O ruído é todo tipo de som interno ou externo a um ambiente que não seja agradável, ou seja, desejável para as pessoas que a ele ficam expostos.
2006	Brevigliero	Fenômeno vibratório com características indefinidas de variações de pressão em função de uma dada frequência.

2018	Bistafa	O ruído ou poluição sonora qualquer som indesejável que atinja níveis não aceitáveis e possa afetar, de forma negativa, a saúde e o bem-estar de um indivíduo ou de uma população.
------	---------	--

De acordo com Russo (1999) classifica-se ruído conforme o seu nível de intensidade, conforme apresenta-se no quadro 2:

QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE RUÍDOS.

Classificação	Definição
Ruído contínuo estacionário	Apresenta variações de níveis desprezíveis durante o período de observação.
Ruído contínuo não estacionário	O nível varia significativamente durante o período de observação.
Ruído contínuo flutuante	O nível varia continuamente de um valor apreciável durante o período de observação.
Ruído intermitente	O nível cai ao valor de fundo (ruído de fundo) várias vezes durante o período de observação.
Ruído de impacto ou impulsivo	Apresenta-se em picos de energia acústica de duração inferior a um segundo em intervalos superiores a um segundo.

Fonte: Russo (1999).

De acordo com Bistafa (2006) destaca-se que apesar da conotação negativa, os sons que são qualificados como ruídos podem transmitir informações úteis, como no caso de alarmes e sirenes de ambulâncias ou na compreensão do funcionamento de alguns equipamentos.

Em síntese, som e ruído apresenta-se conceitos diferentes, dependendo das circunstâncias que ocorre como comportamento, irritabilidade, relevância ao receptor ou características fundamentais do ruído, como intensidade e frequência, dentre outros. Porém, no contexto deste estudo, apesar de ser uma sensação subjetiva, existem parâmetros técnicos que diferenciam o ruído e que devem ser considerados na caracterização deste fenômeno.

2.1.2 Emissão e Imissão Sonora

De acordo com BIES e HANSEN (2002) a emissão é a pressão sonora que efetivamente é emitida pela fonte geradora. Já a imissão sonora é a pressão que efetivamente é recebida pelo sistema auditivo do receptor ou pelo ponto de recepção, sendo então uma variação entre o nível de pressão sonora emitido por uma fonte subtraído pelas perdas na transmissão entre a fonte e o receptor.

2.1.3 Fontes Sonoras

A fonte sonora é todo equipamento ou um transdutor que seja capaz de transformar algum tipo de energia em energia sonora a qual pode ser classificada em: pontual, em linha e em área. Essa categorização é em função da forma como ocorre a irradiação do som, a depender da distância do receptor (GOELZER et al., 2001; BIES; HANSEN, 2003).

Hassal e Zaveri (1979) fizeram a seguinte classificação de fonte sonora, conforme apresenta-se no quadro 3.

QUADRO 3 - CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS.

Fonte	Definição
Pontuais	Quando apresenta-se dimensões muito inferiores em relação à distância até o receptor;
Em linha	Quando é considerada composta por um grande número de fontes pontuais dispostas sequencialmente, formando uma irradiação contínua;
Área	Quando uma fonte ou um conjunto de fontes apresentam-se dispostas em uma área de perímetro fechado, e suas dimensões são consideráveis ou perceptíveis em relação à distância até o receptor.

Fonte; Adaptado de Hassal e Zaveri (1979).

2.1.4 Fenômenos de propagação das ondas sonoras

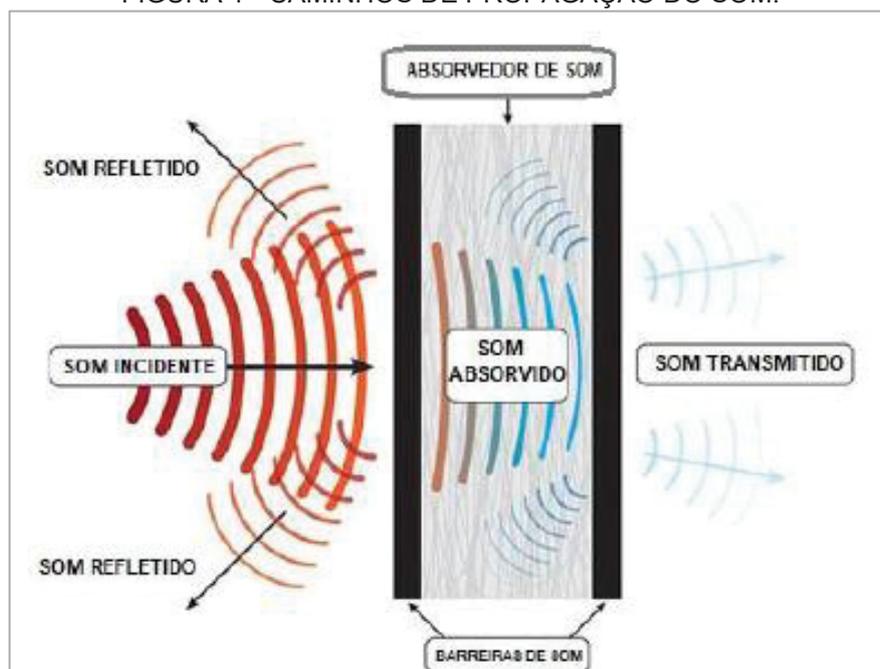
Os fenômenos de propagação de ondas sonoras são caracterizados quando uma onda sonora incidente em uma superfície que separa dois meios distintos, considerados ilimitados, retorna a energia ou parte da energia incidente ao meio de origem e ocorre o fenômeno da reflexão. Ao acontecer esse processo, a onda retorna ao ambiente com um ângulo igual ao de incidência sobre a superfície (VALLE, 2009; BIES; HANSEN; HOWARD, 2018).

O fenômeno da difração ocorre devido à variação da pressão atmosférica ocorrida no momento da compressão e rarefação da onda sonora. Essa que ocorre quando o comprimento da onda em relação aos corpos do meio de propagação é relativamente pequeno, o que permite que as ondas sonoras sejam capazes de contornar ou transpor certos obstáculos, mudando sua direção e reduzindo sua intensidade. Quando as ondas são espalhadas para todas as direções pela superfície atingida de forma aleatória, verifica-se o fenômeno da difusão sonora (KINSLER et al., 1982; CARVALHO; 2010).

Portanto, caso a onda sonora incidente atravessa a superfície que separa dois meios, tem-se o fenômeno denominado de transmissão. A absorção acontece quando parte da onda sonora incidente é atenuada ou distorcida pela superfície ou pelo meio. Além disso, a absorção sonora é definida pela transformação de energia acústica em térmica (KINSLER et al., 1982; BIES; HANSEN; HOWARD, 2018)

Quando uma onda sonora se encontra com uma superfície revestida com um material poroso, dissipa-se por reflexões múltiplas e atrito viscoso, transformando-se em calor (KINSLER et al., 1982; BIES; HANSEN; HOWARD, 2018). Observa-se na Figura 1 alguns desses fenômenos de propagação das ondas sonoras.

FIGURA 1 - CAMINHOS DE PROPAGAÇÃO DO SOM.



Fonte: Adaptado de Duracote (2019).

2.1.5 Frequência

A propriedade frequência é amplamente usada para caracterizar o som. Essa que é definida conforme o número de repetições de um evento por unidade de tempo. A frequência sonora é o número de ocorrência de uma onda sonora, a partir de uma vibração, em um segundo. A unidade mais utilizada para frequência sonora é o Hertz (Hz) (SCHITTINI,2020).

Conforme Bies, Hassen e Howard, (2018) o ser humano tem a capacidade de ouvir sons que estejam situados na faixa de frequência 20 Hz e 20 kHz, denominada de “faixa de áudio”. Os sons com frequência abaixo de 20 Hz são considerados infrassons ao passo que os com frequência acima de 20 kHz são chamados ultrassons.

As frequências audíveis são divididas em três regiões, entre 20 e 200 Hz é possível escutar sons graves ou de baixa frequência, entre 200 e 2.000 Hz é possível ouvir sons médios, e entre 2.000 e 20.000 Hz encontram-se os sons agudos ou de alta frequência.

2.1.6 Pressão Sonora

A definição de pressão sonora, é quando o som, ao se deslocar em um meio qualquer, movimentam as partículas de modo a gerar um comportamento ondulatório. Esse deslocamento se apresenta de duas formas, a aproximação (aumento da pressão) e distanciamento (diminuição da pressão) simultaneamente em diferentes pontos (FALCÃO, 2009).

Conforme Falcão (2009), há diversas siglas para representar o nível de pressão sonora, SPL, dB SPL, dB (a). Porém, a unidade usual para a pressão sonora é o Pascal [Pa] ou Newton por metro quadrado [N / m²] (GERGES, 2000).

Para poder obter um valor representativo, de pressão sonora é utilizado um valor de referência de aproximadamente $2 \cdot 10^{-5}$ Pa ou 20 µPa (vinte micro Pascal), onde o ouvido humano apresenta sensação auditiva, ou seja, o limiar de audibilidade (KINSLER et. al., 1982; BESS & HUMES, 1998; ZANNIN, 2004).

De acordo com (BIES & HANSEN, 2003; BERANEK & VÉR, 1992) é utilizado a equação (1) para poder definir um valor de pressão sonora.

$$p_{ef}^2 = \frac{1}{t} \int_0^t p_{(T)}^2 dt \quad (1)$$

Onde,

p_{ef}^2 = pressão sonora efetiva [Pa]

t = tempo de medição [s]

$P(T)$ = pressão sonora instantânea [Pa]

2.1.7 Intensidade e Potência Sonora

A quantidade média de energia, em uma unidade de tempo, que atravessa uma área unitária perpendicular à direção de propagação da onda explica o conceito de intensidade sonora. Uma vez que energia na unidade de tempo é potência, grandeza expressa em watts (W), a unidade de intensidade sonora é o watt por metro quadrado (W/m²) (HANSEN, 2005).

A intensidade sonora pode ainda ser expressa em função da potência sonora, para uma fonte omnidirecional, como apresentado na equação 2.

$$I = \frac{W}{S} \quad (2)$$

Onde,

I = Intensidade sonora [W / m²]

W = Potência sonora [W]

S = Área [m²]

A potência sonora é definida como a quantidade de energia irradiada em uma unidade de tempo por uma fonte sonora, expressa em Watts [W]. O valor da potência sonora não depende de fatores externos à fonte de interesse. Tecnicamente pode-se resolver a potência sonora por meio da integração da intensidade sonora, sobre uma superfície de medição, a qual envolve completamente a fonte sonora conforme a equação 3:

$$W = \sum_{i=1}^n I n(i) \cdot Si \quad (3)$$

Onde,

W = potência sonora [W]

$I_{n(i)}$ = intensidade sonora normal [W / m²]

S_i = elemento de área [m²]

2.2 MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA.

2.2.1 Decibel

Em 1920, a perda de potência era medida por “milha de cabo padrão”, já em 1923 era medida por Unidade de Transmissão ou TU. Com isso em 1923 e 1924 em homenagem ao fundador do laboratório Alexander Graham Bell foi desenvolvida a unidade Bel, criada para quantificar a redução no nível acústico sobre um cabo telefônico padrão com 1 milha de comprimento, conforme equação 4.

$$Bel = \log \frac{p}{P_0} \quad (4)$$

Onde,

P = Potência do sistema;

P₀ = Uma potência arbitraria de referência.

Portanto, Bel é uma unidade que depende da escolha de P₀ ou seja, depende de uma variável. Em 1929 engenheiros do mesmo laboratório criaram o “decibel” (dB), como um submúltiplo do Bel, como por exemplo 1 B equivaleria a 10dB, ou seja, P = 1,25 x P₀ (BISTAFA, 2006). Conforme a Tabela 1 é apresena-se alguns valores de Pressão sonora em µPa, e seu referente valor em dB.

TABELA 1 - VALORES EM MICRO PASCAL E SEUS VALORES EM DECIBEL.

Pressão Sonora (uPA)	Nível de Pressão Sonora (dB, Referência de 20 uPA)
20	0
65	10
200	20
640	30
200	40
6400	50
20000	60
60400	70

2000000	80
600400	90
20000000	100
6400000	110
20000000	120

Fonte: adaptado de Harris (1998).

2.2.2 Nível de Pressão Sonora

O nível de pressão sonora é o parâmetro que define a intensidade do som, ou seja, é a relação entre as vibrações do corpo fonte que resultam em uma variação de pressão e o que é captado, ou a pressão recebida, pelo ouvido humano ou animal. Pela sua simplicidade esse é o parâmetro escolhido pela acústica para fazer avaliações de ruído (FANTINI, 2017; SALIBA, 2004).

A equação 5 apresenta a expressão matemática geral que define o nível de uma potência qualquer, em Bel.

$$N = \log \frac{W_1}{W_0} \quad (5)$$

Onde,

N = Nível de potência (B),

W₁ = Valor da potência a ser comparada,

W₀ = Valor de referência da potência.

Conforme a literatura, pode-se determinar que a potência sonora é proporcional ao quadrado da pressão sonora, com isso se utiliza a escala bel para determinar os níveis de pressão sonora, conforme a equação 6.

$$NPS = \log \frac{p_1^2}{p_0^2} \quad \text{ou} \quad NPS = 2 \log \frac{p_1}{p_0} \quad (6)$$

Onde,

NPS = Nível de pressão sonora em Bel (B),

p₁ = valor da pressão sonora a ser comparada,

p₀ = valor de referência da pressão sonora.

Para níveis de pressões sonoras, também é definido o uso de um submúltiplo do Bel, o decibel [dB], devido a faixa dos valores de pressões sonoras estudadas em acústica, conforme equação 7.

$$NPS = 10 \log \frac{p_1^2}{p_0^2} \quad \text{ou} \quad NPS = 20 \log \frac{p_1}{p_0} \quad (7)$$

Onde,

NPS = NPS referente ao nível de referência em decibel [dB],

p₁ = pressão sonora medida [N/m²],

p₀ = pressão sonora de referência igual a 2.10⁻⁵ N/m².

Sancho (1982) e Marco (1982) classificam-se os níveis de pressão sonora em faixas de dB, com os tipos de ambiente e a sensação, conforme apresentado na tabela 2.

TABELA 2 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA.

Nível de Pressão Sonora dB	Ambiente típico	Sensação subjetiva
130	Limiar da dor	Insuportável
120	Decolagem de avião militar (a 30m)	
110	Prensas automáticas (posição do operário)	
100	Motocicleta (a 7,5m)	Muito Ruidoso
90	Caminhão Pesado (a 6m)	
80	Rua com muito Tráfego	
70	Aparelho de rádio com volume elevado	
60	Restaurante	Pouco Ruidoso
50	Conversa normal (a 1m)	
40	Área residencial durante a noite	
30	Ambiente calmo, dormitório	Silencioso
20	Nível de fundo de estúdios de TV	
10		
0	Início da audição humana	

Fonte: Adaptado de Sancho (1982) e Marco (1982).

2.2.3 Nível Sonoro Equivalente (LAeq)

Schultz (1972), afirma que o nível sonoro equivalente é determinado como um nível constante médio que equivale, na questão de energia acústica, aos níveis variáveis do ruído durante o período de medição, conforme apresentando na equação 8.

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \left(\frac{1}{t} \right) \left[\int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \right\} \text{ [dB]} \quad (8)$$

Onde,

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

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

$p(t)$ = pressão sonora instantânea

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

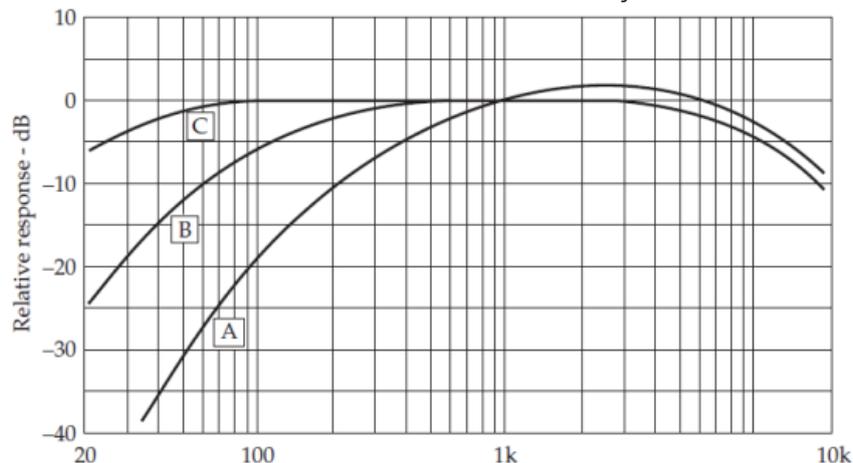
2.2.4 Curva de Ponderação

Segundo Valle (2020) a medição de níveis de pressão sonora avalia os níveis sonoros nas regiões sob influência de indústrias, rodovias, ferrovias, obras civis, aeroportos, visando o conforto acústico da comunidade local.

Desta forma, por meio dos medidores e para que tenham níveis sonoros semelhantes a percepção do ouvido humano, foram desenvolvidas curvas de compensação, designadas pelas letras A, B, C, D. (GERGES, 2000; BISTAFA, 2006; BIES; HANSEN; HOWARD, 2018).

Portanto, a Figura 2 a seguir demonstra as respostas de frequência conforme as redes de ponderações A,B,C e a D que foi padronizada para aeroportos. A curva A é próxima dos baixos níveis de pressão sonora, já as curvas B e C respectivamente médios e altos. (KINSLER et al., 1982, GERGES, 2000; MATEUS, 2008, EVEREST; POHLMANN, 2009).

FIGURA 2 - CURVA DE PONDERAÇÃO.



Fonte: Everest; Pohlmann (2009).

2.3 MAPEAMENTO ACÚSTICO

Mapeamento acústico ou mapa de ruído tem como finalidade apresentar criações de representações visuais do ruído em uma determinada área geográfica, este mapa exibe os níveis de ruídos de forma análoga às curvas topográficas de mapas geográficos (GUEDES e BERTOLI, 2014).

Para sua produção, utiliza-se *softwares* sofisticados. No qual calculam, para uma grande amostra de pontos, níveis de emissão sonora, parâmetros do tráfego e das características físicas (topográficas) do local definido para estudo. Assim, gera-se os mapas com uma determinada escala de cores relacionada com os níveis sonoros. Com este recurso, é possível identificar os níveis de ruídos em qualquer ponto de uma área delimitada, com leitura direta no mapa de ruído (FIEDLER, 2013).

Esse tipo de representação juntamente com os responsáveis pela gestão ambiental, é um grande facilitador para tomadas de decisões no planejamento territorial de um município (SANTOS E VALADO, 2004).

Em concordância com os autores citados anteriormente, esses mapas possibilitam as seguintes ações:

- Quantificar e avaliar a exposição da população ao ruído em uma dada região;

- Formar banco de dados para o planejamento urbano, apontando principais atividades ruidosas, e oferecendo subsídios para um zoneamento acústico municipal;
- Identificar zonas de conflito entre níveis de ruído medidos ou simulados com níveis estabelecidos por normas (internacionais e/ou nacionais) e legislações municipais;
- Fornecer informações para planos de controle da poluição sonora;
- Predizer cenários futuros, avaliando-se o impacto sonoro de infraestruturas e medidas mitigadoras do ruído.

Fiedler (2013) demonstra-se análises para construir uma base de dados que serão de grande valia para:

- Elaboração de políticas públicas;
- Elaboração do Zoneamento Urbano;
- Planejamento de Uso do Solo;
- Discussão de legislação pertinente ao controle de emissões (fontes sonoras) e imissões sonoras (níveis sonoros recebidos pela população)

A temática dos mapas acústicos, vem sendo abordados com relevância e notoriedade com o desenvolvimento contínuo de trabalhos acadêmicos, correlacionando com o aumento da poluição sonora nas médias e grandes cidades brasileiras (CALIXTO, 2002; MAIA, 2003; NAGEM, 2004; GUEDES, 2005; NARDI, 2008; MARDONES, 2009; SOUZA, 2010; ZANNIN; SANT'ANA, 2011; SOUZA FILHO, 2012; FIEDLER, 2013).

Neste sentido, pode-se destacar a importância de um estudo de ruído urbano claro, quando é feito de maneira que integre todos os aspectos, fatores, emissão dos ruídos, receptores e etc. O cruzamento de dados emitidos pelas fontes com a geração de níveis efetivamente recebidos por pessoas expostas ao ruído em estudo é fundamento para quem pretende avaliar o impacto ambiental causado pela poluição sonora (MURPHY & KING 2010; TSAI et.al., 2009; PINTO & MARDONES 2008; FIEDLER et.al., 2012; ZANNIN & SANT'ANA, 2011; PAZ 2004; KO et.al., 2011; ZEYNEP & NEŞE, 2012).

2.4 LEGISLAÇÕES E NORMAS

2.4.1 Legislação Federal

O Ponto de partida para começar existir a política ambiental foi em 1981 com a lei 6.938 em que estabeleceu o Sistema Nacional do Meio ambiente cujo o órgão colegiado estabelecido foi o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O objetivo desta criação aliada as problemáticas que já era enfrentada na época, foi de estabelecer objetivos, princípios, instrumentos, diretrizes, atribuições e instituições da política ambiental brasileira e, dentre eles, surgiram as avaliações de impacto ambiental e o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras (SOUSA, 2009). Apresenta-se no artigo 2°.

“A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana” (BRASIL, 1981).

Após isso, em 1988, no artigo 225 caracterizou o meio ambiente como direito de todos e como bem de uso comum, estabelecendo responsabilidades e não só focando ao poder público, mas como forma coletiva demonstrado a seguir.

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Descrito alguns pontos importantes do início da política ambiental, o assunto ruídos surgiu em 1990, também pelo CONAMA na resolução 01/90 onde dispôs sobre critérios e emissões de ruídos decorrentes de atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas (BRASIL, 1990).

A norma ABNT NBR 10.151/2020 determina os limites conforme o tipo de área avaliada, procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo entre outros fatores.

A importância dessa norma é clara e objetiva, pois conforme a exposição em um determinado nível de decibéis, pode ser extremamente danoso para segurança e saúde, conforme exposto na Tabela 3 e Tabela 4.

TABELA 3 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA.

Níveis de pressão sonora	Procedimento
< 80 dB	não há nenhum risco para o ouvido, independente do tempo de exposição.
80 ~ 90 dB	é o que apresenta-se como zona nociva, onde uma exposição de longa duração pode trazer riscos para a pessoa.
90 ~ 115 dB	you já está em uma situação de risco, sendo que quanto mais forte o som for, menor será o tempo de exposição necessário para lhe causar lesões.
> 115 dB	provoca lesões irreversíveis imediatamente.

TABELA 4 - LIMITES DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DOS TIPOS DE ÁREAS HABITADAS E DO PERÍODO.

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

Fonte: ABNT 10151/20.

No Quadro 4, demonstra-se algumas Resoluções relacionada ao ruído de acordo com o CONAMA.

QUADRO 4 - RESOLUÇÕES DO CONAMA SOBRE RUÍDOS.

RESOLUÇÃO	RESPONSABILIDADE
CONAMA Nº 002/1990	Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – SILÊNCIO.
CONAMA Nº 001/1993	Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores nacionais e importados.
CONAMA Nº 002/1993	Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados.
CONAMA Nº 006/1993	Estabelece prazo para os fabricantes e empresas de importação de veículos automotores disporem de procedimentos e infraestrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral, das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, dos sistemas de alimentação de combustível, de ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e, sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído.
CONAMA Nº 017/1995	Dispõe sobre os limites máximos de ruído para veículos de passageiros ou modificados.
CONAMA Nº 230/1997	Dispõe sobre a proibição do uso de equipamentos que possam reduzir, nos veículos automotores, a eficácia do controle de emissão de ruídos e de poluentes atmosféricos.
CONAMA Nº 268/2000	Estabelece método alternativo para monitoramento de ruído de motociclo.
CONAMA Nº 272/2000	Dispõe sobre os limites máximos de ruído para os veículos nacionais e importados em aceleração.
CONAMA Nº 418/2009	Dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso-I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso.
CONAMA Nº 433/2011	Dispõe sobre a inclusão no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE e estabelece limites máximos de emissão de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas.

A lei Nº 9503 regida pelo código de trânsito brasileiro de 23 de setembro de 1997. Resumidamente no Capítulo IX dos veículos, Art. 98 descreve que veículos e motores novos ou usados são obrigados a atenderem as exigências de emissão de poluentes e ruído previsto pelos órgãos ambientais competentes e pelo CONTRAN.

Segundo o art. 229, as penalidades dessa lei são medias, sendo multa e apreensão do veículo.

2.4.2 Legislação Estadual e Municipal

Quanto a respeito das legislações estaduais, a lei estadual 17372/12 é referente a proibição do tráfego de veículos com emissão de ruído maior do que 80 decibéis.

Já na cidade de Curitiba - PR, a lei 10625/02 dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público, revoga as seguintes leis, 8583, de 02 de janeiro de 1995, 8726, de 19 de outubro de 1995, 8986, de 13 de dezembro de 1996 e 9142, de 18 de setembro de 1997.

A lei 10625/02 tem como objetivo determinar os períodos diurno, das 7h01 às 19h, vespertino, das 19h01 às 22h e noturno, das 22h01 às 7h, estabelece os níveis limites para emissão de ruídos de acordo com as regiões determinadas pelo zoneamento municipal e ainda determina as sanções impostas caso estes não sejam cumpridos.

Demonstra-se no Quadro 5 os níveis de pressão sonora máximos conforme o zoneamento na cidade de Curitiba - PR.

QUADRO 5 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÁXIMOS.

Zonas de Uso	Diurno	Vespertino	Noturno
ZR-1, ZR-2, ZR-B, ZR-AV, ZR-M, APA-SARU, APA-SMRU	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
ZR-OC, ZR-SF, ZR-U, ZUC-IT, ZT-MF, ZT-NC, ZE-E, ZE-M, ZOO, SE-CC, SE-PS, SE-OI, APA-ST	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
ZR-4, ZC, ZT-BR-116, ZUM, ZE-D, SE, SH, SE-BR-116, SE-MF, SE-CF, SE-WB, SE-AC, SE-CB, CONEC, SE-PE, SC-SF, SC-UM, SE-NC, SEI, SEMIS, SE-LE, SEVC-PASSAÚNA, SEVS-PASSAÚNA, APA-SS vias prioritárias 1 e 2, vias setoriais, vias coletoras 1,2 e 3	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
ZS-1, ZS-2, ZES, ZI, ZEI-I (CIC), APA-SUE	70 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)
Os casos não contemplados nesta tabela, serão objeto de análise específica por parte da Secretaria Municipal do Meio Ambiente			

Onde: APA-SARU - Setor de Alta Restrição de Uso; APA-SMRU - Setor de Média Restrição de Uso; APA-ST - Setor de Transição; APA-SUE - Setor de Uso Esportivo; APA-SS - Setor de Serviço; CONEC - Setor Especial Conector – Conectora 1,2,3,4, SC-SF - Setor Especial

Comercial Santa Felicidade; SC-UM - Setor Especial Comercial Umbará; SE - Setor Especial Estrutural; SE-AC - Setor Especial da Av. Affonso Camargo; SE-BR-116 - Setor Especial da BR-116; SE-CB - Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros; SE-CC - Setor Especial Centro Cívico; SE-CF - Setor Especial da Av. Comendador Franco; SEHIS - Setor Especial Habitação de Interesse Social; SEI - Setor Especial Institucional; SE-LE - Setor Especial Linhão do Emprego; SE-MF - Setor Especial da Av. Mal. Floriano Peixoto; SE-NC - Setor Especial Nova Curitiba; SE-OI - Setor Especial de Ocupação Integrada; SE-PE - Setor Especial Preferencial de Pedestres; SE-PS - Setor Especial do Pólo de Software; SEVC-PASSAÚNA - Setor Especial de Vias Coletoras; SEVS-PASSAÚNA - Setor Especial de Vias Setoriais; SE-WB - Setor Especial da Av. Pres. Wenceslau Braz; SH - Setor Histórico; ZC - Zona Central; ZOO - Zona de Ocupação Orientada; ZE-D - Zona Especial Desportiva; ZE-E - Zona Especial Educacional; ZEI-I (CIC) - Zona Especial de Indústria; ZE-M - Zona Especial Militar; ZES - Zona Especial de Serviços; ZI - Zona Industrial; ZR-1 - Zona Residencial 1; ZR-2 - Zona Residencial 2; ZR-3 - Zona Residencial 3; ZR-4 - Zona Residencial 4; ZR-AV - Zona Residencial Alto da Glória.

Fonte: Lei 10625 (2002).

2.5 ISO - Organização Internacional de Normalização

A ISO 1996, tem como título *Descrições, Medições e Avaliação do Ruído Ambiental (Acoustics – Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise)*. Essa é dividida em 2 partes, sendo (ISO 1996-1) que se refere aos conceitos básicos referente a descrição do ruído, procedimentos fundamentais de avaliação e caracteriza os tipos de ruído ambiental e seus respectivos métodos de avaliação para cada categoria (*Basis Quantities and Assessment Procedure*) e a segunda (ISO 1996-2) é sobre Aquisição de dados que descrevem o ruído ambiental (*Basis Quantities and Assessment Procedure*).

2.5.1 ISO 1996-1

Schittini (2020) aponta que a fonte de ruído se difere por suas características e o seu grau de incomodo varia entre diferentes fontes sonoras mesmo que possuem o mesmo nível de ruído, essa norma descreve os ajustes entre os níveis emitidos por cada tipo de fonte e referente as características dos sons.

No entanto não prescreve só os ajustes, fornece também os valores de acordo com o período (dias úteis, finais de semana, noturno). Em síntese, a tabela 5 demonstra-se os níveis de ajustes conforme seu tipo e especificação.

TABELA 5 - AJUSTES DOS NÍVEIS BASEADOS NAS FONTES SONORAS E PERÍODO DO DIA.

Tipo	Especificação	Nível de Ajuste
Fonte Sonora	Tráfego Rodoviário	0
	Aeronáutico	3 a 6
	Ferrovário	-3 a -6
	Industrial	0
Característica da Fonte	Impulsivo Regular	5
	Fortemente Impulsivo	12
	Sons Tonais	3 a 6
Período do Tempo	Tarde	5
	Noite	10
	Finais de Semana – Diurno (7:00 às 22:00h)	5

Fonte: ISO 1996-1 (2003).

2.5.2 ISO 1996-2

Diante do exposto, essa parte é referente a aquisição de dados e a partir desses dados, os órgãos podem utilizar essa ferramenta para selecionar o apropriado uso do solo de acordo com os níveis de ruído presentes em uma determinada área ou planejar esses locais conforme os níveis de ruídos já existentes (SCHITTINI, 2020). A norma apresenta os seguintes aspectos a serem considerados na aquisição de dados.

- Descrição geográfica da área a ser considerada;
- Caracterização das fontes principais existentes na área;
- Descrição da situação do receptor, como localização, ocupação, uso e caracterização do entorno imediato;
- Condições meteorológicas;
- Nível Corrigido (*Rating Level*).

Com isso, resume-se no quadro 6 quais parâmetros são considerados nas medições e para a geração dos mapas acústicos.

QUADRO 6 - PARÂMETROS PARA MEDIÇÕES E MAPEAMENTO ACÚSTICO CONFORME A ISO 1996.

Técnica	Parâmetros
Medição	Instrumentos; Posição do Microfone; Tempo de Medição; Fonte e Receptor.
Mapa Acústico	Edificações; Instalações de Tráfego; Áreas industriais/Agrícolas; Vegetação; Curvas de Nível.

2.6 COVID-19

As doenças causadas por vírus vêm há muito tempo causando grandes preocupações em todo o mundo, provocando mortes em pessoas de variadas faixas etárias. Os vírus são partículas acelulares constituídos de um fragmento de DNA ou RNA envolto de uma capsula proteica, o capsídeo é um parasita intracelular obrigatório que costuma infectar células humanas ou animais para se reproduzir e continuar sua propagação (NOGUEIRA E SILVA, 2020).

Este tem alto potencial de variabilidade genética, surgindo assim novas variedades de vírus muito rapidamente. Ao longo da história epidemiológica das doenças virais, pode-se destacar os grandes agravos à saúde da população provocados pela Varíola, Febre Amarela, Sarampo, Dengue, Zika e a Chikungunya. (BARIFOUSE, 2020).

Nos últimos anos, houve uma grande atenção ao vírus Sars-cov-2 que originou a doença do Covid-19, considerada uma pandemia com início no ano de 2020, provocando mortes e vários prejuízos sociais e econômicos em todo o mundo. O Sars-cov-2 é um novo vírus que causa graves problemas respiratórios, que podem levar a síndrome respiratória aguda grave e ocasionar a morte, mais incidente em pessoas idosas, porém há vários casos registrados de mortes entre adultos e jovens. Em síntese, o ano de 2020 ficará registrado na história, devido ao alto grau de comprometimento das diferentes economias devido às restrições de circulação e de convívio entre as pessoas.

Este vírus foi identificado pela primeira vez na cidade de Wuhan, China, em que pode contaminar animais e seres humanos. (NOGUEIRA E SILVA, 2020).

Desde então, a covid-19, doença respiratória causada pelo vírus SARS-CoV-2, se fez presente em dezenas de países e contaminou mais de 655 milhões de pessoas, com o maior número de casos nos Estados Unidos. O país norte-americano registrou ainda 16% das vítimas fatais da doença, que causou a morte de 6,67 milhões de pessoas em escala global.

Com isso, o primeiro caso de covid-19 foi identificado no Brasil em fevereiro de 2020, segundo o Ministério da Saúde, no Brasil até fevereiro de 2023, mais de 36 milhões de pessoas foram contaminadas pelo vírus, ocasionando mais de 698 mil mortes.

Diante dessa problemática a vacinação é a principal forma de se prevenir contra a doença e de impedir o maior avanço do vírus, que provocou profundas transformações socioeconômicas em todo o mundo, notadamente nos territórios mais pobres.

Essa problemática suscitou impactos em diversas esferas da sociedade, para além dos aspectos sanitários, repercutindo na vida cotidiana, na economia e na política (GUITARRARA, 2023).

Os primeiros efeitos produzidos foram aqueles de ordem comportamental, tendo em vista as medidas protocolares da OMS para a redução da circulação do vírus, como o lockdown e o distanciamento social, incorporando novos hábitos no cotidiano, a ampliação do on-line no trabalho, nos estudos, nas relações e também no consumo, e determinando o uso de equipamentos de segurança, como as máscaras, que auxiliaram não somente na prevenção da covid-19 como de outras doenças respiratórias (GUITARRARA, 2023).

Por fim, Guitarrara (2023) também cita que houve, em contrapartida, o fechamento de muitos estabelecimentos comerciais e de negócios, sobretudo nos ramos do turismo e do entretenimento, em função da menor circulação de pessoas e da baixa procura por esses serviços como resultado das medidas citadas anteriormente. O impacto na economia pode ser visto ainda no aumento das demissões, principalmente no setor terciário, e no crescimento baixo ou negativo do PIB de muitos países, alguns dos quais se encontram atualmente em recuperação

3 REVISÃO DA LITERATURA

Esse capítulo tem como objetivo apresentar a contribuição da comunidade científica nos temas envolvidos neste estudo. São citados trabalhos que explanam o ruído ambiental a partir de diferentes abordagens.

A problemática do ruído de tráfego é levantada por diversos autores e representada nesta seção como por exemplo os fatores que envolvem os efeitos da poluição sonora, aspectos sobre medição e mapeamento de ruído e estudos durante a Pandemia do Covid-19.

3.1 POLUIÇÃO SONORA

No estresse em que vivem os cidadãos, o silêncio é compreendido como um direito. Portanto, de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, a poluição sonora é quando a emissão sonora extrapola os padrões ambientais estabelecidos, prejudicando a saúde, a segurança e o bem estar da população (BRESSANI et al. 2008, P.133).

De acordo com a organização Mundial da Saúde, das Nações Unidas, (WHO, 2011) a poluição sonora é, juntamente com a poluição do ar e da água, um dos principais problemas ambientais enfrentados pela população do planeta, principalmente nos grandes centros urbanos, onde o problema cresce cada vez mais (ZANNIN et al, 2003; Paz, 2004; PAZ et al, 2005; LACERDA, 2005; RIBAS, 2007).

Dessa forma, a poluição sonora é basicamente aquela provocada pelo alto nível de ruídos em um determinado local (DORNLES, 2012). O ruído é um dos principais fatores de degradação da qualidade do ambiente urbano e em vários países é reconhecido como um problema de saúde pública (COELHO, 1996).

De acordo com Zannin (2013) a poluição sonora é causada principalmente pelo ruído produzido pelos sistemas de transporte, instalações industriais e comerciais, obras de construção civil, instalações de entretenimento e sistemas de propaganda e podem ser subdivididas em três grupos conforme o quadro 7:

QUADRO 7 - FONTES DE RUÍDOS URBANOS.

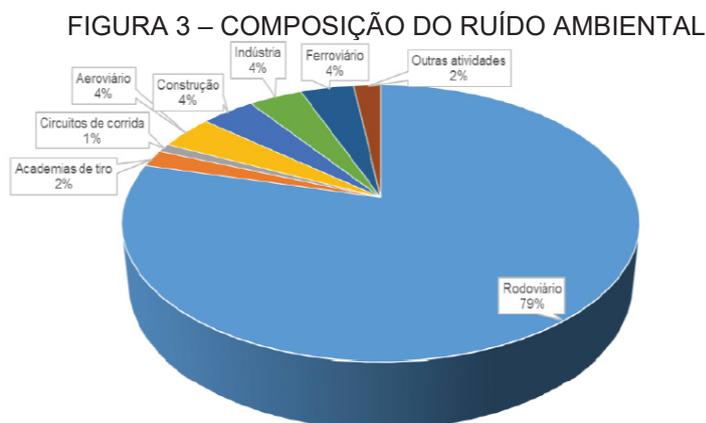
Fontes	Conceito
Estacionarias	São instalações, máquinas ou canteiros de obras que possuem uma localização ou posição física determinada.
Móveis	São fontes geradoras de ruído que se movem no espaço, geralmente serve para designar os diversos modais do sistema de transporte de carga e passageiros
Coletivas	É quando o somatório do ruído gerado em uma área ou espaço físico é causado por diversos elementos geradores de ruído, fixos ou Móveis.

Fonte: Adaptado de Zannin (2013).

Neste sentido, existe uma combinação de fontes sonoras presente nos grandes centros urbanos, alarmes, sirenes, sinos, obras de modo geral, ruídos de tráfego, indústrias, de certa maneira contribui negativamente para o aumento dos níveis sonoros, tornando o ambiente desagradável.

Esses impactos sonoros prejudicam a realização de diversas tarefas, pode-se citar como exemplo, estudar, trabalhar e descansar (GUEDES et. al., 2011; SZEREMETA, 2007; MILANEZ, 2013).

Uma pesquisa realizada na Suécia e na Noruega apresentou que o ruído rodoviário representa 79% do ruído total gerado nesses locais. Ainda, ao considerar-se outros modais de trânsito, nomeadamente aeroviário e ferroviário, o valor aumenta para 87%, conforme observa-se na figura 3 (AMUNDSEN; KLAEBOE, 2005).



Fonte: Adaptado de Amundsen e Klæboe (2005).

Países emergentes como Brasil, Índia e China apresentam-se cada vez mais sérios problemas sociais e ambientais de poluição sonora (ZANNIN et al., 2002, CHAKRABARTY et al., 1997; LAM et al. 2009; WHO 2018).

A preocupação com o ruído ambiental no Brasil ainda não recebe atenção suficiente, no entanto, alguns pesquisadores mostraram esse problema em Curitiba -PR e em outras grandes cidades, como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Aracaju e Campo Grande (ZANNIN et al., 2002; BERTOLI; PAIVA, 2000; ARRUDA; COELHO; SLAMA, 2000; BARROS, 2000; PINTO; MARDONES, 2009; SATTLER, 1999; GUEDES; BERTOLI; ZANNIN, 2011; FILHO et al., 2015; FIEDLER; ZANNIN, 2015a; BUNN; ZANNIN, 2016).

3.1.1 Ruído de Tráfego

Em conformidade com Bistafa (2006), uma das principais fontes de poluição ambiental é o ruído de tráfego, entre eles o rodoviário. A problemática do ruído se correlaciona de forma direta com o desenvolvimento da sociedade, essa que gera um aumento do grau de urbanização, industrialização e conseqüentemente da extensão das linhas de transporte.

Fiedler e Zannin (2015a) e Bunn e Zannin (2016) afirmam que o ruído de tráfego é causado pelo deslocamento de automóveis, caminhões e motocicletas por rodovias, avenidas, ruas e representa cerca de 2/3 de todo ruído urbano gerado. Assim, as margens de grandes rodovias e eixos de transporte bem como os grandes centros urbanos com elevada densidade de malha rodoviária são as regiões mais afetadas pelo ruído.

Em um estudo feito em Curitiba - PR, elaborou-se uma avaliação do ruído de tráfego no entorno da sede da Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que teve como objetivo analisar os níveis de pressão sonora produzido pelo tráfego rodoviário sobre a sede, a fim de avaliar a conformidade destes com os limites estabelecidos por leis e normas. O estudo apresentou que o campus está sob constante influência do ruído gerado pelo tráfego de veículos, o qual encontra-se, na maioria das situações verificadas, acima dos limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde, pela Lei Municipal 10625/02 da cidade de Curitiba - PR, pela Norma Brasileira 10151/00 (PEREIRA, 2019).

No Distrito Federal analisou o nível de poluição sonora do tráfego rodoviário, o objetivo do estudo foi avaliar o impacto causado pelo ruído rodoviário na região administrativa de Taguatinga e Vicente Pires situados no Distrito Federal. O estudo concluiu que há poluição sonora nos locais e que o governo e população local necessitam fazer ações de forma conjunta para solucionar o atual problema. Um dos grandes problemas encontrados é a infraestrutura precária, comércio crescente e construção civil em alta em conjunto com o alto tráfego de veículos leves, médios e pesados onde acarreta em ruídos excessivos (NERES, 2019).

De modo geral, conclui-se que o excesso de ruído urbano está associado à explosão demográfica das cidades, juntamente com a falta de uma política urbana e de aplicação de normas que controlem os níveis de emissão de ruído de tráfego (SANCHO; SENCHERMES, 1983). Sendo assim, surge como uma ferramenta de planejamento urbano o mapeamento desse ruído onde apresenta uma informação visual do comportamento acústico de uma área geográfica, em um determinado momento (PINTO; MORENO, 2008).

3.1.2 Efeitos Da Poluição Sonora

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o limite tolerável ao ouvido humano é de 65 decibéis. Acima desse limite, ocorre estresse e o aumento do risco de doenças. Já os ruídos acima de 85 dB podem comprometer o sistema auditivo, dependendo do tempo de exposição ao som.

Algumas revisões da literatura descreveram os efeitos auditivos e não auditivos da exposição ao ruído do tráfego sobre a saúde dos residentes, incluindo perda auditiva induzida por ruído, incômodo, distúrbios do sono, cognição prejudicada em ambientes escolares, hipertensão, doença coronariana, acidente vascular cerebral, insuficiência cardíaca, fibrilação atrial e diabetes (BASNER et al., 2014; MUNZEL et al., 2014; MUNZEL et al., 2018, SCHITTINI 2020).

Os autores Berglund e Lindvall (1995) detalham os efeitos da poluição sonora à saúde:

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

Estevam (2013) avaliou a poluição sonora e seus efeitos na saúde humana na região metropolitana de Campinas por meio de um questionário, esse conclui-se que o ruído é um conceito subjetivo, uma vez que está baseado numa percepção pessoal de incômodo, apesar da legislação definir limites para diversas atividades humanas.

Com os dados gerados da entrevista foi relatado que o que gera mais reclamações por parte da população, é o barulho do tráfego, sendo os veículos automotores responsáveis por 80% das perturbações sonoras urbanas. Com relação aos cuidados com a saúde auditiva, conclui-se que a população pesquisada não estava devidamente atenta à importância que o sistema auditivo requer: a maior parte declarou ter se consultado com um médico otorrinolaringologista e ter se submetido a um exame de audiometria há mais de 2 anos. O índice de pesquisados que declarou nunca ter se consultado com um otorrino ou se submetido a uma audiometria beira os 20%.

Zannin e Bunn (2014) avaliaram o ruído causado pelo tráfego ferroviário em Curitiba – PR, por meio de medições dos níveis de ruído gerados pelos trens, mapas de ruído e entrevistas com moradores. Pela realização das entrevistas foi relatado que sentiram irritabilidade, dores de cabeça, falta de concentração e insônia. Quando questionados se o ruído de vizinhança os incomodava, 84% responderam que sim e 98% dos respondentes acreditam que o ruído ambiental é prejudicial à sua saúde.

Amorim (2014) elaborou um estudo sobre o ruído urbano e efeitos não auditivos na saúde da população em forma de uma revisão de literatura, esse que apresentou que nossos estudos estão inferiores aos estudos internacionais, sendo necessário investimentos na qualidade das pesquisas brasileiras.

Diante disso, de acordo com Fernandes (2002), os efeitos do ruído sobre a audição são divididos de acordo com o quadro 8.

QUADRO 8 - EFEITOS DO RUÍDO NA AUDIÇÃO.

Efeito	Causa
Temporary threshold shift (TTS)	Efeito de curto prazo que impacta na mudança de sensibilidade da audição, dependendo da suscetibilidade individual, tempo e intensidade do ruído.
Perda Auditiva Permanente induzida pelo Ruído (PAIR)	Acúmulo de exposição ao ruído, causa zumbido, cefaleia, fadiga e tontura.
Trauma Acústico	Exposição a ruídos elevados e causa perda auditiva súbita.

Fonte: Fernandes (2002).

Por fim, conforme Hoban & Tsunokawa (1997), apresenta-se no Quadro 9 os fatores e seus correspondentes impactos.

QUADRO 9 - FATORES E IMPACTOS DO RUÍDO.

Fator	Impacto
Veículos	Cada tipo emite um tipo de ruído diferente, como por exemplo, caminhões de transporte produzem maior barulho do que carros de menor porte, pode-se correlacionar com o seu maior contato com a estrada.
Pavimentos	Pavimento rodoviário se classifica por dois tipos básicos, rígidos e flexíveis. Existe uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.
Geometria da via	Influencia no ambiente externo do ruído total, como por exemplo, fachadas de edificações, largura e inclinação das ruas e avenidas, etc.). Os veículos tendem a produzir mais barulho enquanto estão subindo e descendo encostas íngremes, o que significa que as vias que incorporam essas funções tendem a ser mais ruidosas nesses pontos.
Fatores Ambientais	Umidade do ar, altas temperaturas, vento, vibrações, campos eletromagnéticos, poeiras, vapores etc. Outro fator importante é a topografia, por exemplo ruídos em vales montanhoso, cânions são mais notáveis do que em planícies, pois esses ruídos são refletidos nas paredes do vale. Já as colinas, morros tem uma ação de barreira natural ao ruído quando ocorre entre a estrada e os receptores.
Relações de Espaço	Entre os fatores citados neste tópico, o que desempenha uma função mais determinante é o de relação espacial da via para os receptores. Ou seja, quanto mais próximo o caminho para os receptores, maior é o impacto do ruído. Outro ponto é a densidade da população em determinadas áreas, caso seja maior o número de pessoas ou receptores, maior será o impacto.
Fluxo de Tráfego	Tipo do veículo e nível de manutenção, quantidade de veículos que passam em um determinado intervalo de tempo, consciência desse fluxo de veículos, velocidade do tráfego.

Fonte: Hoban & Tsunokawa (1997).

3.1.3 Avaliação e Controle Do Ruído Ambiental

Após descrever as fontes dos ruídos e seus impactos, um importante tópico a ser descrito é de como se aplica o controle efetivo do ruído ambiental.

De acordo com Calixto e Anjelo, (2013) existe 3 medidas de controle do ruído ambiental, conforme apresenta-se no Quadro 10.

QUADRO 10 - MEDIDAS DE CONTROLE.

Controle	Medidas
Fonte	Caracterizado pelo enclausuramento das fontes de ruídos ou na fabricação de fontes menos ruidosas, quando estas sejam máquinas (carros, eletrodomésticos, máquinas industriais, etc).
Transmissão	Barreiras (paredes simples), gabinetes parciais ou gabinetes completos de equipamentos, gabinetes locais para componentes ruidosos em uma máquina, reativos ou dissipativos silenciadores, dutos revestidos ou câmaras de ar revestidas para sistemas de tratamento de ar, isolamento de vibração de máquinas de estruturas que irradiam ruído, absorvedores de vibrações e amortecedores, controle ativo de ruído e adição de material absorvente de som a espaços reverberantes para reduzir os campos de ruído refletidos.

Receptor	Envolve o uso de protetores auriculares, tampões para os ouvidos ou outras formas de proteção auditiva; afastar receptores das fontes de ruído; janelas acústicas, reduzir o tempo de exposição ao ruído; e educação e ênfase em relações públicas para problemas de ruído na comunidade.
----------	---

Fonte: Calixto e Anjelo (2013).

Fiedler (2013) fez um estudo sobre a poluição sonora nos eixos estruturais de transporte da cidade de Curitiba - PR por meio de medições dos níveis de ruído gerados e mapas acústicos, esse que apresentou um cenário em que para reduzir o impacto são necessárias diversas medidas para reduzir o ruído, os cenários apresentados revelaram que as medidas adotadas não foram suficientes para reduzir os níveis sonoros, considerando que as reduções de tráfego foram elevadas (50%), os resultados apontaram que a redução de até 3 dB(A) atingidos nas simulações não foram eficientes para atingir os 55 dB(A) estabelecidos pela lei nº 10625/2002 de Curitiba - PR.

Vieira (2018) desenvolveu um estudo no campus Jardim Botânico e politécnico da Universidade Federal Do Paraná, por meio de medições dos níveis de ruído gerados, onde caracterizou um cenário de poluição sonora, com isso simulou medidas mitigatórias para o local. Reduzir a frota de veículos leves, médios, pesados e construção de barreiras acústicas em áreas críticas do local. Os resultados foram satisfatórios, porém para essas medidas ocorrem depende dos órgãos públicos e interesses para tomar uma decisão.

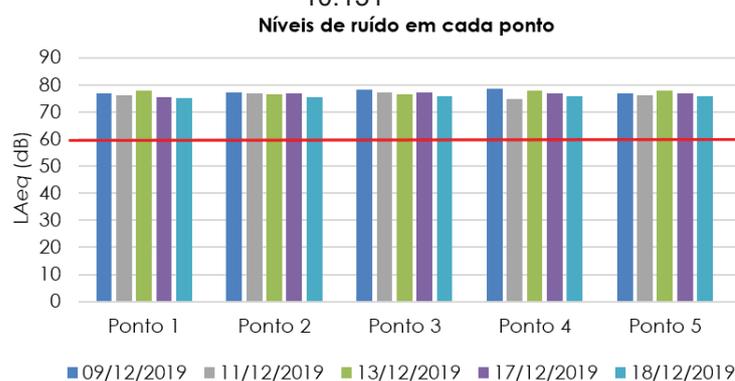
Amarila (2019), aplicou um estudo de barreira acústica no controle de ruído em um campus universitário, dentre de simulações computacionais aplicou-se barreiras acústicas de blocos de concreto de resíduos da construção civil e demolição, representando assim, uma solução sustentável para problemas de resíduos e o controle de ruído de tráfego no campus universitário de Curitiba - PR. Com essa simulação foi possível obter uma atenuação do ruído em média de 12 dB em torno do campus. Pode-se concluir que os blocos produzidos de RCD, além de reduzir o ruído é uma prática de sustentabilidade.

Gonçalves (2019) fizeram uma avaliação de medidas mitigadores de controle de ruído numa indústria metalmeccânica diante de mapas acústicos. Com as medições feitas no local, foi caracterizado um cenário de poluição sonora, principalmente em uma prensa e a empilhadeira. Com isso, foi proposto para o controle do ruído industrial, diurno e noturno, e para o ruído específico gerado pela empilhadeira e prensa, foi simulado a construção de barreira

acústica em forma de muro, onde teve 10,6 dB(A) de decaimento quando comparado com o cenário atual. Para reduzir o ruído gerado pela empilhadeira foi proposto ações em que incluíam redução de velocidade de operação, alterações no tipo de pavimento e barreira sonora em todo o contorno da indústria, obtendo assim, uma redução de 17,5 dB(A) até 32,8 dB(A). A ação proposta para minimizar o ruído da prensa considerou barreira na divisa da indústria e no próprio pavilhão industrial. Simulações acústicas evidenciaram uma redução de até 16,5 dB(A), reduzindo em cerca de 81,4% o número de pessoas expostas a níveis sonoros acima do permitido.

Ribeiro et al (2020) elaborou um estudo com o objetivo de avaliar os níveis de pressão sonora no canteiro central na BR-262 em Cariacica no Espírito Santo, em comparação com os valores estabelecidos pela NBR 10.151. Para isso, foi realizada a medição em 5 pontos da via e simultaneamente a contagem de veículos e pessoas que transitavam no local. Os resultados gerados são apresentados na figura 4, esses que apresentam níveis sonoros acima da legislação, sendo assim um cenário de poluição sonora nos espaços públicos destinados ao lazer e à prática esportiva, além de fornecer dados para melhorias das cidades.

FIGURA 4 – NÍVEIS SONOROS MEDIDOS NOS LOCAIS COM O LIMITE MÁXIMO DA NBR 10.151



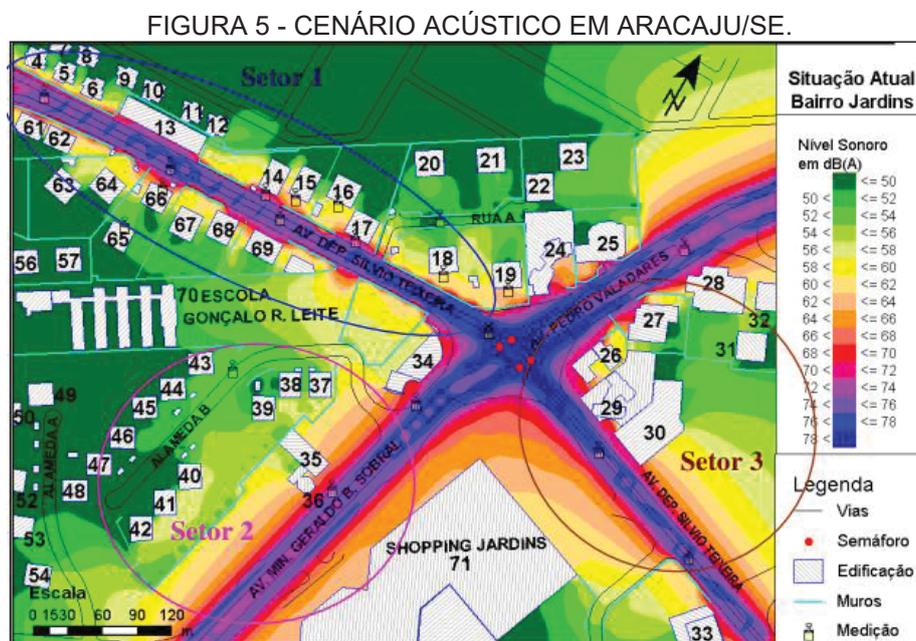
Fonte: Ribeiro et al (2020)

Com os estudos citados pode-se analisar que já há um certo aumento de pesquisas com o objetivo de avaliar e controlar o ruído ambiental. Diante da problemática que esse tema se torna nas grandes cidades e capitais do Brasil, há a necessidade de propor soluções em conjunto e políticas públicas devem ser feitas para atuar nas fontes de ruído com o intuito de reduzir a poluição sonora.

3.1.4 Mapeamento Acústico

Em 2005, Guedes discuti os resultados de um estudo sobre a influência de formas urbanas sobre o ruído ambiental na cidade de Aracajú-SE. O estudo, que envolveu medições *in-situ* e simulações acústicas usando o *software SoundPLAN*, iniciou com a análise do cenário acústico decorrente, seguida pela criação e simulação de cenários hipotéticos em setores ainda desocupados da região em estudo, na figura 5 é apresentando os níveis sonoros nas ruas do bairro jardins em Aracajú-SE.

O mapa apresenta que quanto mais próximos das vias rodoviárias maior é o impacto sonoro no bairro.



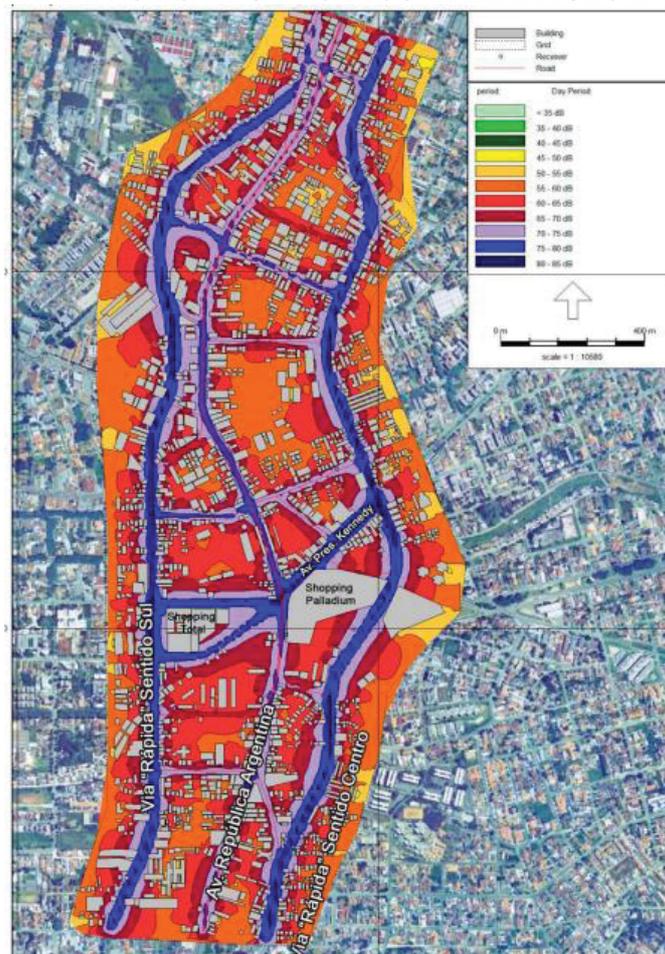
Fonte: Guedes (2005).

Em 2006, Rodrigues aborda os resultados de um estudo de análise de ruído em terminais de transporte coletivo urbano, com objetivo de desenvolver modelos de previsão. O estudo, que envolveu medições *in-situ*, para determinar os parâmetros que influenciam os níveis de ruídos. Esse estudo teve como objetivo contribuir para cenários futuros nesses terminais, permitindo que algumas medidas fossem tomadas na fase do projeto (RODRIGUES, 2006).

Em 2013, Fiedler apresentou os resultados da poluição sonora nos eixos estruturais de transporte da cidade de Curitiba - PR. O estudo, que envolveu medições *in-situ*, dos trechos selecionados na cidade de Curitiba - PR, contagem dos veículos em um determinado tempo, levando em consideração dias úteis e fez simulações com o *software Predictor 8.11*, onde apontou que a via central a Av. República Argentina a qual contam canaleta para transporte em massa e as pistas lentas para atendimento às atividades da região.

Os níveis nessa via apresentaram na faixa de 70 a 75 dB(A), valor considerado elevado, porém é justificável pelo grande número de veículos que trafegam na região, A situação geral se agrava devido à existência de duas escolas e dois hospitais nesta região, locais considerados sensíveis ao ruído. Por fim, conforme a figura 6 aponta que não há na região, locais onde os níveis estão abaixo dos 55 dB(A), caracterizando um local com poluição sonora.

FIGURA 6 - MAPA DE RUÍDO DE UM DOS LOCAIS DE ESTUDO EM CURITIBA/PR.

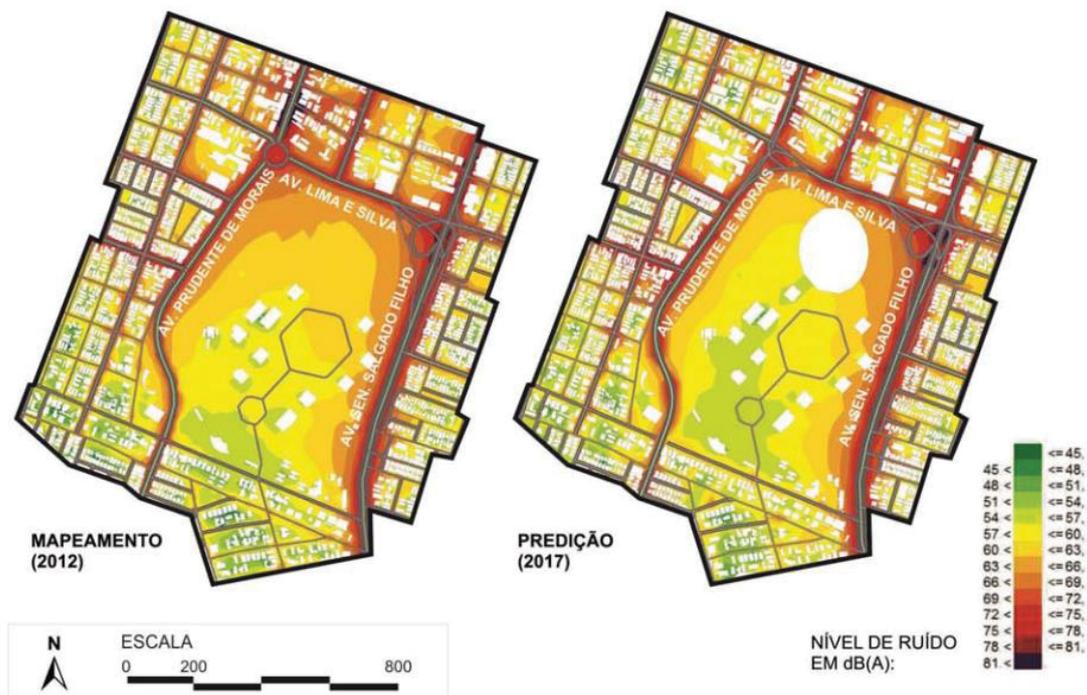


Fonte: Fiedler (2013).

Pinto (2013) apresenta os resultados do mapeamento acústico como ferramenta para predição de ruído urbano na área de influência do estádio arenas das dunas na cidade de Natal. O estudo, envolveu medições *in-situ* e simulações com *software SoundPLAN*, esse que fez a construção do mapeamento acústico com base no diagnóstico do bairro, mapeamento físico, contagem classificada dos veículos e medição do nível de pressão sonora; e para construir a predição de ruído, observou-se para a área de estudo, as modificações previstas para o tráfego, forma urbana e obras de mobilidade.

O estudo também apresentou elevados níveis sonoros próximos as vias de tráfego, devido a grande quantidade de veículos que passa nessa região, ou seja, as cores mais escuras representar os maiores níveis dessa área, conforme é possível analisar na figura 7.

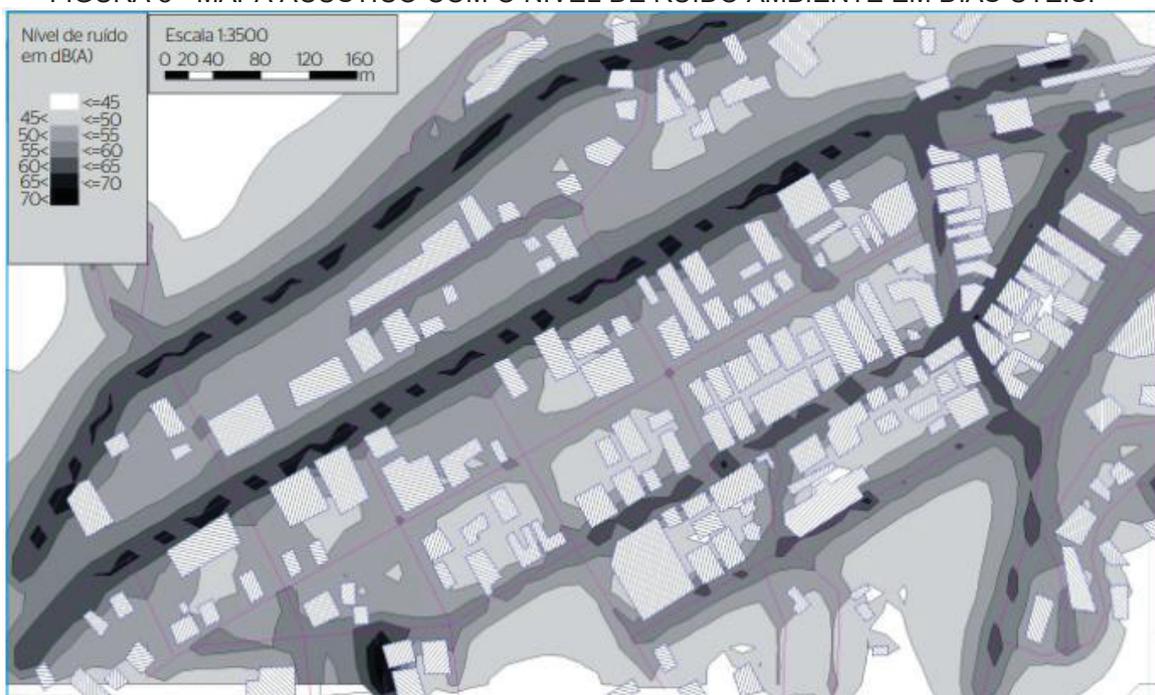
FIGURA 7 - MAPEAMENTO ACÚSTICO PARA O ANO DE 2012 E 2017.



Fonte: Pinto (2013).

O estudo de Brito (2017) aborda a utilização de mapas acústicos como ferramenta de identificação do excesso de ruído em áreas urbanas na cidade de Campos do Jordão. O estudo também envolveu medições *in-situ* e simulações com *software SoundPLAN7.3*, esse que utilizou dias úteis e feriados para geração de resultados, as ruas foram onde apresentaram os maiores níveis sonoros, devido a quantidade de veículos que passam diariamente, por fim, as cores mais escuras são onde apresentaram os maiores níveis sonoros na região, conforme apresentando na figura 8.

FIGURA 8 - MAPA ACÚSTICO COM O NÍVEL DE RUÍDO AMBIENTE EM DIAS ÚTEIS.



Fonte: Brito (2017).

Em 2017, Brasileiro fez o mapeamento sonoro, com estudo do ruído urbano no bairro castelo branco na cidade de João Pessoa. O estudo também envolveu medições *in-situ* e simulações com *software SoundPLAN*, esse que fez sua coleta de dados em período de férias, período de aulas e um cenário hipotético de predição para o ano de 2026. A figura 9 apresenta o cenário durante o período matutino, e a região que apresentou maiores níveis sonoros é a rodovia BR 230 (cores mais fortes), onde o tráfego e os índices sonoros são mais intensos (BRASILEIRO, 2017).

FIGURA 9 - MAPA SONORO HORIZONTAL NO BAIRRO CASTELO BRANCO.



Fonte: Brasileiro (2017).

Em síntese, com os estudos apresentados, pode-se analisar que o mapa acústico é uma ferramenta de fácil compreensão e que pode ser utilizada por diversas frentes para poder caracterizar uma determinada área se há ou não poluição sonora.

3.1.5 Ruído ambiental em universidades

Paz (2012), realizou uma avaliação da poluição sonora no Campus Centro politênico e campus Jardim Botânico, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). As medições sonoras foram realizadas conforme método descrito na norma brasileira NBR10151 e as recomendações da norma ISO-1996 parte 1 e 2. Foram feitas medições tanto de níveis de pressão sonora equivalente como de estatísticos, esses dados medidos foram comparados com os valores limites para imissão sonoras, de acordo com a lei 10.625/2002. Por fim, os resultados gerados mostram que há um quadro de poluição sonora, o qual apresenta valores acima dos recomendados, conseqüentemente inadequado para uma área educacional. Na figura 10 apresenta-se as áreas avaliadas no estudo.

FIGURA 10 - ÁREAS AVALIADAS PARA AVALIAR A POLUIÇÃO NOS CAMPIS POLITÉCNICO E BOTÂNICO DA UFPR.



Fonte: Paz (2012).

Zannin et. al (2013b) realizou uma caracterização de ruído ambiental no campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), por meio de medições, mapeamento acústico e entrevistas. Com tempo de medição de 3 e 15 minutos, os resultados apresentaram valores bem baixos de diferença entre os níveis de pressão sonora. Posto isso, as entrevistas, 27% apresentaram resultados em que o ruído de tráfego é o mais irritante dos presentes no campus.

Soares et. al. (2014) realizaram uma análise espectral entorno do campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os dados quando foram comparados com a Lei municipal 10625, notou-se que a Linha “A” se apresenta totalmente em desconformidade com a lei municipal. Já a linha “B” somente dois pontos que não excederam o nível limite estipulado pela lei. Pode-se observar ainda que para a linha “D”, dos 11 pontos avaliados, seis estão em conformidade com a lei municipal. E finalmente temos a linha “C” a qual apresentou conformidade com Lei Municipal 10625/2002, para todos os pontos medidos. Os Resultado apresentaram faixas entre 63 Hz e 12500 Hz e os níveis de pressão sonora equivalente obtidos foram entre 50 e 70 dB(A). A seguir na figura 11 é apresentando as áreas avaliadas no estudo e a figura 12 apresenta os pontos considerados nas medições em campo.

FIGURA 11 - VISTA AÉREA DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO (UFPR) COM AS LINHAS DE MEDIÇÕES ACÚSTICAS.



Fonte: Soares (2014).

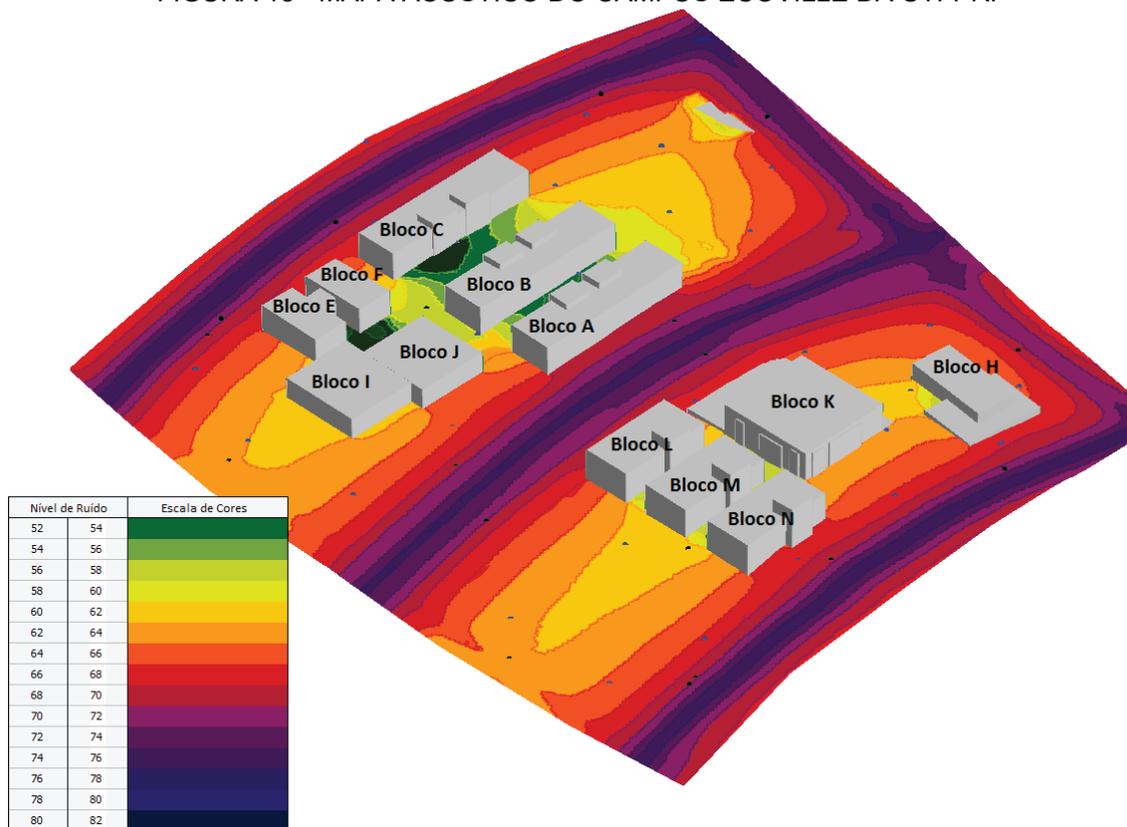
FIGURA 12 - VISTA ÁREA DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO (UFPR) COM OS PONTOS DE MEDIÇÕES ACÚSTICAS E SEUS RESPECTIVOS MEDIDORES.



Fonte: Soares (2014).

Ansay (2013) avaliou os níveis sonoros do Campus Ecoville da UTFPR. As medições e mapeamento sonoro em três cenários: o primeiro retratou a situação atual situação do campus, na época ainda em fase de implantação e projetou dois modelos com um horizonte de 5 anos depois. Por fim os resultados gerados foi um nível de ruído abaixo do nível indicado de 55 dB (A) e que, em relação às simulações de cenários futuros, apesar do aumento no fluxo de veículos, foi possível obter uma redução em até 4 dB (A) no nível de ruído devido à diminuição da velocidade dos veículos. Na figura 13 é apresentando o mapa acústico do campus ecoville, as cores mais escuras apresentam as regiões com maiores níveis sonoros.

FIGURA 13 - MAPA ACÚSTICO DO CAMPUS ECOVILLE DA UTFPR.

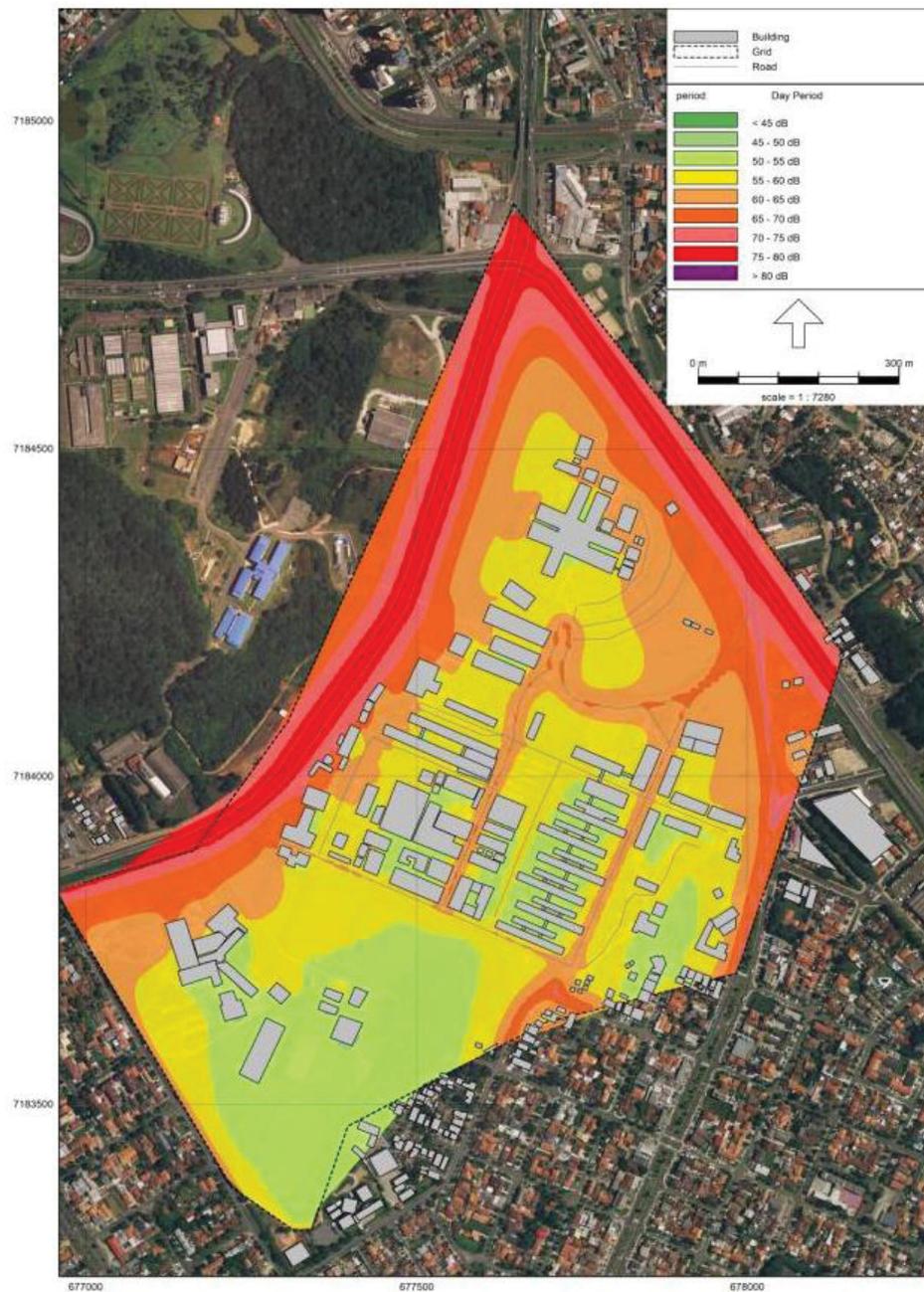


Fonte: Ansay (2013).

Schittini (2020) realizou uma avaliação objetiva e subjetiva do ruído ambiental no campus Politécnico da UFPR. O estudo consistiu na medição de 60 pontos da área, seguindo a NBR 10151/2019. Os mapas foram gerados a partir de parâmetros de relevo, tráfego e características das edificações e vias, esses que foram calibrados conforme os dados obtidos em campo, também foi aplicado questionários sobre o incômodo causado pelo ruído presente no campus que obteve 400 respostas.

O resultado final foi que mais da metade dos pontos medidos apresentam valores maiores do que o permitido pela Lei Municipal 10.625/2002. Por fim, as entrevistas apresentam que 60% dos entrevistados se sentem incomodados com os ruídos do campo e os 40% consideram que o nível de ruído apresenta um ambiente razoável. Na figura 14 é apresentando o mapa sonoro do campus centro politécnico da UFPR, as cores mais quentes são as que apresentaram maiores níveis sonoros durante as medições.

FIGURA 14 - MAPA SONORO DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO (UFPR).



Fonte: Schittini (2020).

Diante dos trabalhos expostos, é notável a quantidade de trabalhos que avaliaram as condições acústicas em áreas educacionais e encontraram valores acima dos recomendados por lei, demonstrando assim um problema sério de poluição sonora nestes ambientes.

3.1.6 Estudos em tempo de Pandemia de Covid-19.

Em 2020, Alleta et al. propôs um estudo após as ocorrências de covid-19 na Região da Lombardia, na Itália onde foi feito decretos que aplicavam medidas urgentes para combater a propagação do Covid-19, tanto na Lombardia como em cidades próximas, posteriormente os decretos se estenderam para o país inteiro. Com isso, foi aplicado medidas para o distanciamento social e o governo incentivou a população ficar em casa, diante desse cenário houve uma queda drástica no volume de tráfego urbano, e fez com que diminuísse também a emissão de ruídos.

Posto isso, foi feito um estudo para analisar os volumes de tráfego urbano e mapeamento de emissão de ruídos em Roma na Itália, seguindo as medidas de contenção do Covid-19. O estudo foi feito com simulações no *software Floating Car Data* dividindo em 3 períodos, sendo o de pré-covid, o período de bloqueio com o início dos decretos e depois com a fase 2 da pandemia.

Os resultados apresentaram que durante o bloqueio no início da pandemia a demanda de tráfego rodoviário diminuiu em média cerca de 64,4% e durante outra fase 2 cerca de 34,3% conforme apresentado na tabela 6.

TABELA 6 - DEMANDA DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO COM OS PERÍODOS DETERMINADOS NO ESTUDO

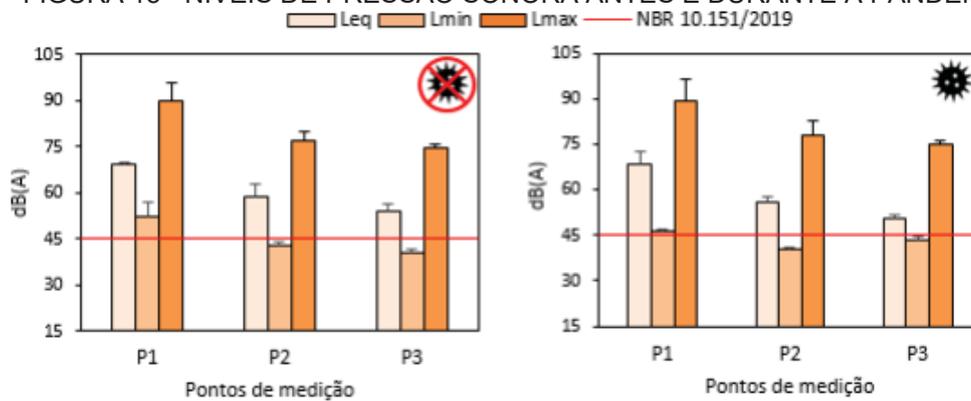
CENÁRIO	PERÍODO DE PICO DA MANHÃ	VIAGENS DE VEÍCULOS EQUIVALENTES	CAMINHÕES (%)
PRÉ COVID	7:00h – 8:00h	342276	10,5
	8:00h - 9:00h	307700	11,9
	9:00h – 10:00h	314532	11,6
PERÍODO DE BLOQUEIO	7:00h – 8:00h	112338 (-67,2%)	23,4
	8:00h - 9:00h	117253 (-61,9%)	23,8
	9:00h – 10:00h	112119 (64,4%)	19
FASE 2	7:00h – 8:00h	206643 (-39,6%)	14,9
	8:00h - 9:00h	216106(-29,8%)	12,3
	9:00h – 10:00h	211131 (32,9%)	11,8

Fonte: Adaptado de Alleta et all (2020).

Em 2020, Andrade fez um estudo com o objetivo de avaliar o ruído ambiental noturno no entorno de um hospital público localizado na cidade de Sorocaba-SP, antes e durante a pandemia do Covid-19, verificou-se que o P1 foi o ponto mais ruidoso e o que teve a menor variação em dB (A) durante a pandemia, associado a maior velocidade e maior circulação de veículos.

Ainda que exista forte correlação entre o número de veículos e os níveis sonoros, estatisticamente não houve diferença significativa. Porém outros fatores devem ser levados em consideração, como a velocidade dos veículos. Na figura 15 é apresentando os pontos medidos com seus níveis de pressão sonora antes e durante a pandemia.

FIGURA 15 - NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA ANTES E DURANTE A PANDEMIA.



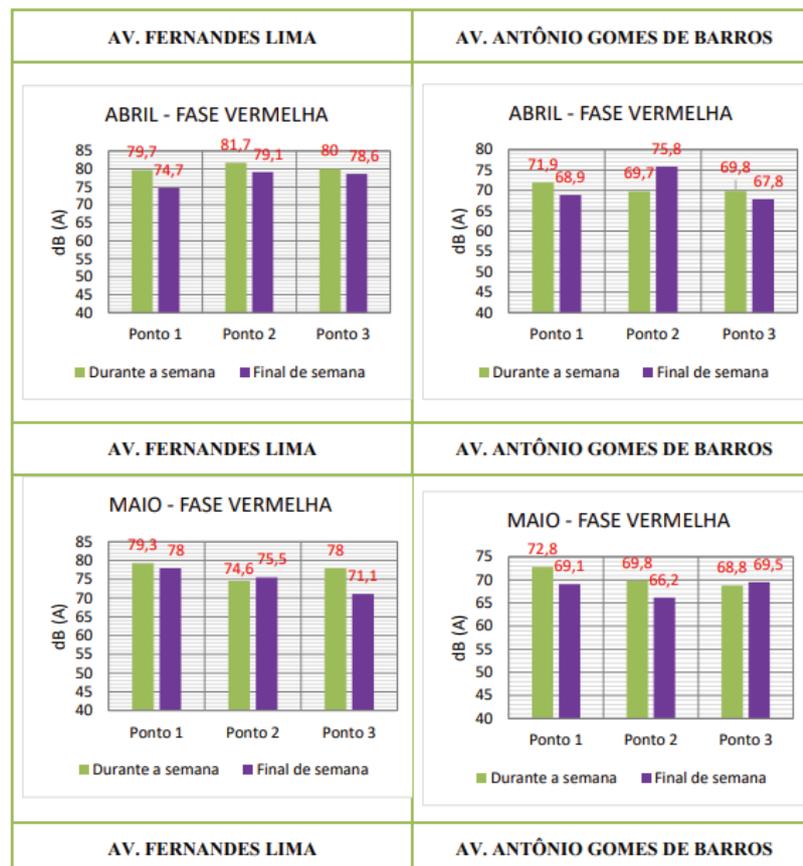
Fonte: Andrade; Lima; Zannin (2020).

Oliveira et al (2021) realizaram um estudo em Maceió para avaliar o ambiente sonora em períodos de pandemia em duas avenidas da cidade.

No estudo foram feitas medições nas vias de tráfego com pontos definidos por relevância, utilizaram o sonômetro Bruel & Kjaer 2270, a medição ocorreu no período diurno e entre abril e agosto de 2020, essas que foram feitas de acordo com a norma, entre as 8 às 11 horas, no período matutino e 15 às 17 horas, no período vespertino, em dias de semana e finais de semana (domingo).

Por fim, os dados obtidos conforme a figura 16 apresentou uma variação nos níveis de pressão sonora mais altos que os outros, os dados mostraram uma constância nos níveis de ruídos em todos os períodos analisados, o autor cita que não foi possível pontuar a causa dessas constâncias, porém, estima que devido a presença de menos veículos no local, levaram os mesmos a circular em velocidade superior.

FIGURA 16 - DADOS REFERENTES ÀS MEDIÇÕES, NO PERÍODO DE ABRIL A MAIO DE 2020, NA AV. FERNANDES LIMA E AV. ANTÔNIO GOMES DE BARROS.



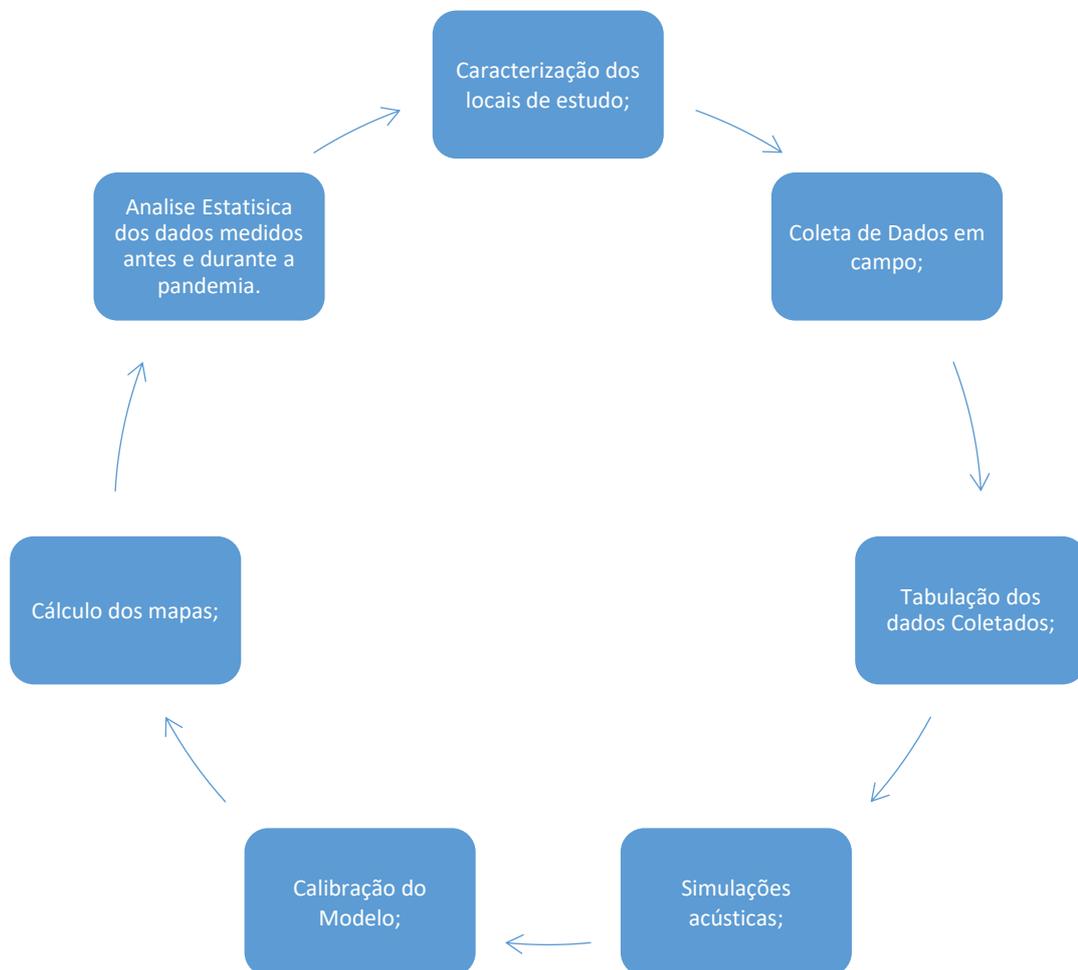
Fonte: Oliveira et al. (2021)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa secção abordará os materiais e métodos que fizeram atingir os objetivos propostos. Tal como, descrever os equipamentos e *softwares* utilizados nas etapas do desenvolvimento do estudo.

Partindo do contexto denotado, este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição da poluição sonora no campus Politécnico durante a pandemia da Covid-19, por meio de medições, mapas acústicos, realizando a comparação estatística dos níveis medidos de ruído antes e durante a pandemia.

FIGURA 17 - ETAPAS REALIZADAS NO ESTUDO.



4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO

4.1.1 Universidade Federal Do Paraná

A cidade de Curitiba - PR apresenta diversas características que se faz destacar no nosso cenário nacional, sendo uma delas a sua Universidade Federal a mais antiga do Brasil, fundada em 19 de dezembro de 1912 (UFPR, 2020).

A Universidade é um Símbolo de intelectualidade paranaense, a Universidade demonstra sua importância e excelência por meio dos cursos de graduação, especialização, mestrado e doutorado, que são norteados pelo princípio da indissociabilidade entre Ensino, Pesquisa e Extensão.

A função social da universidade é valorizada justamente por meio desse tripé, pois todo ensino, pesquisa e atividade de extensão deve devolver a esta comunidade, em forma de conhecimento, tecnologia e cultura, os recursos públicos que a permitem existir enquanto Instituição Federal de Ensino Superior 1912 (UFPR, 2020).

Além dos campi em Curitiba, a UFPR está presente no interior e no litoral do estado, tendo papel ativo no desenvolvimento socioeconômico e na qualidade de vida do paranaense, por meio do acesso à educação superior e das atividades desempenhadas pela comunidade acadêmica em prol da sociedade do Paraná e do Brasil. 1912 (UFPR, 2020).

4.1.2 Campus Centro Politécnico

A área a ser analisada neste estudo é o Campus Centro Politécnico, localizado no Bairro Jardim das Américas em Curitiba - PR. Esse que é composto pelos seguintes setores conforme descrito no quadro 11:

QUADRO 11 - CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES PRESENTES NO CENTRO POLITÉCNICO.

Setores	Departamentos
Ciências Biológicas	Anatomia, Biologia Celular, Bioquímica, Botânica, Educação Física, Farmacologia, Fisiologia, genética, Patologia Básica e Zoologia.
Ciências Exatas	Desenho, Estatística, Física, Informática, Matemática e Química.
Ciências da Terra	Geomática, Geografia, Geologia e Centros de Estudos do Mar
Setor de Tecnologia	Arquitetura e Urbanismo, Construção Civil, Engenharia Ambiental, Engenharia de Bioprocessos e Tecnologia, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Química, Hidráulica e Saneamento, e Transportes.

Conforme apresenta-se na figura 18 pode-se observar de forma abrangente toda a área do campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná. Esse que é circundado por duas rodovias a Rodovia Régis Bittencourt, BR 116 e a BR 277 são as principais rodovias que se localizam entorno desta área. Por fim, o Campus possui uma área de 588.156,44m² e uma área construída de 176.179,94m² e possui cerca de 68 edificações.

FIGURA 18 - CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.



Fonte: Google Earth (2021).

4.2 DEFINIÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

De acordo com o zoneamento de Curitiba - PR, em concordância com a lei 9800/2000e decretos 188/2000, 733/2001 e 992/2004, o Campus está classificado como zona especial educacional (ZE-E).

A lei municipal 10.625/02, mesmo sendo uma área classificada como ZE-E, o mais adequado seria o enquadramento de Zona sensível a ruído ou zona de silêncio, que engloba hospitais, escolas, bibliotecas públicas e similares. Essa lei é subdivida em períodos diurnos, vespertinos e noturnos com seus respectivos horários 07h01 às 19h00, 19h01 às 22h00 e 22h01 às 07h00.

Complementa-se as informações, conforme a lei municipal 10.625/02, que também informa os níveis máximos de pressão sonora para a (ZE-E) é de 60 dB(A) no período diurno (07h01min às 19h:00min), 55 dB(A) no período vespertino (19h01min às 22h00min) e 50 dB(A) no período noturno (22h01min às 07h00min). Já para uma Zona Sensível à Ruído ou Zona de Silêncio os limites diurnos, vespertino e noturno são respectivamente 55 dB(A), 50 dB(A) e 45 dB(A).

4.3 EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

Para ocorrer as medições utilizou os seguintes equipamentos e *softwares* apresentados no Quadro 12.

QUADRO 12 - MATERIAIS E SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA ESSE ESTUDO.

Medição	Analísadores sonoros (Brüel & Kjær 2238 e Brüel & Kjær 2250).	Tripé
Análise de dados	<i>Software Noise Explorer</i> modelo 7815 para transferência e tratamento dos dados do analisador para o computador; <i>Software</i> de análise <i>Predictor</i> 8.13 para a realização dos mapas acústicos.	<i>Software</i> de análise <i>Past</i> 4.03 para a realização das análises estatísticas.

4.4 COLETA DE DADOS

Para caracterizar a poluição no local analisado, foi realizado 38 medições externas de 15 minutos em locais diferentes, que somando chegaram a 570 minutos de medições. As medições foram entre setembro e novembro de 2021, durante o período diurno (07h01min às 19h00min).

Vieira (2018), afirma que os pontos avaliados foram determinados de forma estratégica, com objetivo de abranger o entorno das ruas de dentro do campus, próximos a fachadas de prédios com salas de aulas, pontos que possuíam área de vegetação entre a fonte sonora e o receptor (aparelho de medição) e também sem interferência de pedestres ou automóveis que pudessem estacionar na frente. Demonstra-se na figura 19 a distribuição dos pontos medidos.

FIGURA 19 - PONTOS DE MEDIÇÃO NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR.



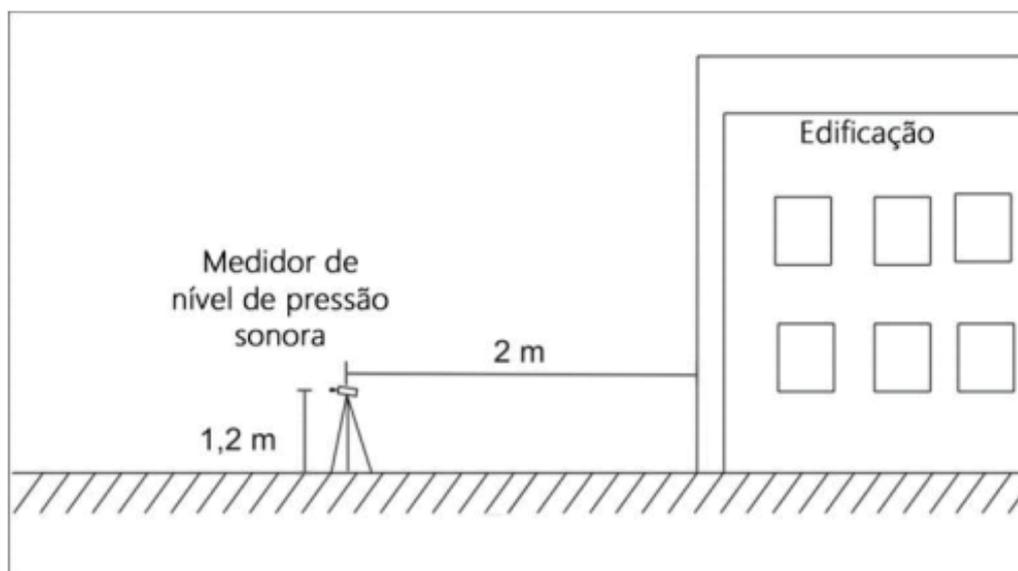
Fonte: Google Earth (2021).

4.5 MEDIÇÃO EXTERNA NO CAMPUS POLITÉCNICO E CONTAGEM DE VEICULOS

As medições sonoras foram realizadas conforme as recomendações da norma NBR 10151/2020 e seguindo as recomendações das normas ISO 1996 partes 1 e 2. A NBR 10151/2020 orienta que em medições externas, deve-se, quando possível, efetuar a medição a pelo menos 2m de qualquer superfície reflexiva como muros e edificações com exceção do solo. Desta forma, as medições foram feitas a uma altura de 1,20 m, perpendicular ao eixo de emissão.

A figura 20 apresenta como deve ser feito as medições conforme a NBR 10151/2020.

FIGURA 20 - DISTÂNCIAS RECOMENDAS PARA MEDIÇÕES EM CAMPO.



Fonte: Adaptado de Fiedler (2013).

Nesta etapa podem transcorrer alguns erros, como por exemplo, efeitos do vento, altas temperaturas, reflexões por superfícies muito próximas e erros do equipamento. Desta maneira, na preparação para as medições em campo os equipamentos necessitam de calibração com o objetivo de verificar a sensibilidade do aparelho ajustando-o, claro se necessário para garantir segurança na precisão dos resultados (BRUEL & KJAER, 2000).

Segundo Vieira (2018) esses tipos de estudos são necessários fazer a contagem de veículos nos pontos próximos a rodovias e ruas, isso é feito durante o tempo de medição, é importante ter como auxílio uma planilha de anotação conforme apresenta-se no Quadro 13.

QUADRO 13 - FICHA DE CAMPO UTILIZADA DURANTE AS MEDIÇÕES.

Ponto:		Arquivo:	
Horário:	Data:	Aparelho	
Condições de Tempo:			
Localização			
Leq:			
Veículos leves:			
Motocicletas:			
Veículos pesados:			

Fonte: Vieira (2018).

Essa planilha foi um facilitador para transferir os dados a uma tabela eletrônica após as medições. Quando se há rodovias com tráfego intenso, como no caso da linha verde a qual corta o campus é necessário auxílio, visto que há uma certa dificuldade da contagem solo. Desta forma, a realização das medições possuiu auxílio de pessoas de laboratórios onde cada um ficou responsável pela contagem de um porte de veículo, como por exemplo motos, veículos leves e pesados. A seguir é demonstra-se como foi feito a tabulação de dados conforme Tabela 7.

TABELA 7 - EXEMPLO DE TABULAÇÃO DE DADOS COLETADOS EM CAMPO.

Ponto	Medidor	Tempo de Medição(min)	Motos	V.L	V.P	LA _{eq}	LAF _{máx}	LAF _{mín}
P1	2250	15:05	5	50	3	50,1	70,4	35,2
P2	2250	15:01	3	43	1	49,8	72,2	33,1

Fonte: Vieira (2018).

4.6 MAPEAMENTO ACÚSTICO

O mapeamento acústico, é uma peça fundamental para apresentar de forma mais ampla o ambiente sonoro no local de estudo. O mapeamento acústico serve como uma ferramenta para visualizar e compreender o fenômeno da poluição sonora em uma determinada área, e será um facilitador na tomada de decisões tanto para controle como reduzir a poluição sonora.

Os mapas são feitos por *softwares* específicos e com uma certa sofisticação. Eles que apresentam a possibilidade de calcular o nível de imissão sonora para um determinado número de pontos, tanto em pequena escala quanto em grande conjunto de dados, também considerar parâmetros de tráfego como de características topográficas do local de estudo.

Após essa inserção de dados, parâmetros é possível gerar os mapas de ruídos, e para fazer sua representação cada nível sonoro é representado por uma cor, para facilitar sua visualização.

Um importante ponto a destacar na geração de mapas e os *softwares* desse tipo de estudo que é possível fazer alterações nos dados para que se possa não só estudar o atual cenário, mas, poder projetar novos cenários nos próximos anos.

O *software* escolhido e utilizado neste estudo foi o *Predictor 8.13* da Brüel & Kjaer. Realiza os cálculos dos níveis sonoros por meio da propagação da fonte geradora até uma distância escolhida. Na entrada de dados é possível inserir um grande número de variáveis, como cálculo de fenômenos de propagação, adoção de fatores de correção (efeitos do solo e áreas de atenuação), tipo de fonte e as características de tráfego em uma rodovia.

Para ocorrer a geração dos mapas, foram seguidos padrões adotados em trabalhos anteriores realizados pela equipe do Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico (LAAICA) na UFPR (ZANNIN et al., 2011; ENGEL, 2012; FIEDLER, 2013; ZANNIN et al., 2013B; FIEDLER et al., 2012; ANSAY, 2013; SOARES, 2013). Tais padrões adotados são compatíveis com os encontrados em estudos na literatura (LEE et. al., 2008; PINTO E MARDONES, 2009; TSAY et. al., 2009; GUEDES et. al., 2011; LAW et. al., 2011; MEHRAVARAN et. al., 2011; WANG et al., 2011; SUÁREZ e BARROS, 2014) (VIEIRA, 2018).

4.7 MODELAGEM

Neste estudo para a realização da modelagem foi necessário considerar uma série de parâmetros geométricos, físicos de tráfego e acústico para gerar os mapas do local de estudo. Os mapas auxiliares foram obtidos na base de dados do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC, disponível em seu site. Após a aquisição dessas imagens (ortofotocartas), foram inseridas no *software Predictor* 8.13, para digitalizar as curvas de níveis, edificações e demais áreas presentes no local de estudo.

Após essas etapas para se calcular a propagação do ruído, foi necessário inserir as edificações com características altimétricas. Essas digitalizações não têm uma base para aquisição então será necessário a inserção de forma manual utilizando a ortofoto como um plano de fundo, isso tudo gerado no *software Predictor*, esse é um processo que exige bastante tempo.

Caso seja necessário durante a inserção dos dados pode haver um fator de correção atmosférica, porém não foi necessário, as medições foram feitas em boas condições meteorológicas.

4.8 CALIBRAÇÃO DOS MODELOS

A Calibração dos modelos é considerada uma etapa de suma importância para a geração dos mapas, na primeira etapa desse processo foi feita uma conferência do modelo gerado pelo *software* para analisar possíveis inconsistências ou falhas como por exemplo os níveis de cota (topografia), nas características altimétricas das construções, ou se a linha das emissões não contenha as informações necessárias.

Em uma segunda etapa foi elaborado uma comparação dos níveis de pressão simulados com os medidos em campo. Essa comparação se dá por meio da inserção dos pontos receptores no modelo, no local exatono qual foram realizadas as medições *in-situ*. Esta diferença conforme *European Commission Working Group – Assessment of Exposure to Noise*, não pode-se ultrapassar 4,6 dB(A) sendo assim, essa recomendação sendo atendida o modelo está calibrado.

4.9 CÁLCULO DO MAPEAMENTO (ISO 9613-1/2 *Road*)

Após fazer as medições foi feito o cálculo do mapeamento. Esse cálculo que foi realizado no *software Predictor*, onde gerou uma malha de ponto receptores (*grid noise map*) ou seja apresentar a distância entre os pontos definida pelo usuário atendendo o objetivo do estudo.

Guedes e Leite (2007) recomendam que os mapas estratégicos em áreas pouco urbanizadas tenham uma malha média acima de 20x20 metros, já se for com grandes aglomerações urbanas as malhas devem ser no máximo 10x10 metros. Como citado no parágrafo anterior essas malhas também podem ser ajustadas dependendo do tempo de cálculo e tamanho dos arquivos desejados.

A malha adotada para esse trabalho foi de 20x20 metros, seguindo assim as recomendações *Environmental Noise Directive* (2002/49/EC). Após realizadas todas estas etapas, o resultado é um mapa dos níveis de ruído utilizando uma escala de cores relacionada aos níveis sonoros. Com este recurso, o objetivo é facilitar para quem olhe os mapas, consiga entender e distinguir os níveis sonoros de ruído nos pontos de uma determinada área delimitada, sendo uma leitura simples e direta no mapa.

Esse cálculo é feito pelo Método ISO 9313-1/2 *Road*, esse que é bastante utilizado nos trabalhos encontrados e apresenta bons resultados (VIEIRA 2018, FIEDLER, 2013; SOARES, 2013; ZANNIN & SANT'ANNA, 2011; CHO & MUN, 2008).

A Norma ISO 9613-1/2 especifica por meio de método de engenharia que calcula a atenuação do som durante sua propagação em ambientes externos para prever os níveis sonoros ambientais a qualquer distancia devido a inúmeras fontes sonoras. Essa Norma apresenta como a propagação do som é atenuada ao longo do caminho e estima as correções para absorção atmosférica, como por exemplo, temperatura, umidade relativa, reflexões, cotas topográficas entre outros fatores que podem impactar nos resultados das medições.

Esse método é calculado pelo *software Predictor* da seguinte maneira conforme apresentado na equação 9;

$$L_{it,per} = L_{dw} - C_m - C_{t,per} \quad (9)$$

$$L_{dw} = L_w + D_c - A$$

Onde,

L_{it,per}: Nível de pressão sonora em dB(A) de longa duração em oitava (ou 1/3 de oitava) durante o período de avaliação;

C_m: Correção meteorológica em dB;

C_{t,per}: Correção para o tempo de atividade da fonte durante o período de avaliação em dB; **L_{dw}**: Nível de pressão sonora equivalente contínuo em dB(A) em oitava (ou 1/3 de oitava);

L_w: Nível de potência sonora em dB(A) em oitava (ou 1/3 de oitava);

D_c: Correção da diretividade em dB;

A: Atenuação (por banda de oitava) em dB em oitava (ou 1/3 de oitava).

A atenuação A é calculada conforme apresentando na equação 10:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{fol} + A_{site} + A_{hous} \quad (10)$$

Onde,

A_{div}: é a atenuação provocada pela divergência entre a fonte e o receptor em Db;

A_{atm}: Absorção atmosférica em Db/ oitava (ou 1/3 de oitava);

A_{gr}: Atenuação provocada pelo solo em Db/ oitava (ou 1/3 de oitava);

A_{bar}: é a atenuação provocada por obstáculos (edifícios, topografia, muros, etc.) em Db/ oitava (ou 1/3 de oitava);

A_{fol}: Atenuação devido a vegetação e folhagem em Db/ oitava (ou 1/3 de oitava);

A_{site}: Atenuação devido a instalações de uma indústria em Db/ oitava (ou 1/3 de oitava);

A_{hous}: Atenuação devido a residências em Db.

Diante do exposto, a emissão sonora pode ser gerada em potência sonora por metro, porém também deve considerar os seguintes parâmetros, quantidade de veículos por hora, velocidade e o tipo de pavimento. Utilizando o parâmetro de quantidade de veículos por hora no método SEM 9613, essa emissão é calculada conforme a norma RMV-SEM2, que apresenta as categorias referente aos veículos, conforme quadro 14.

QUADRO 14 – CATEGORIA DE VEÍCULOS CONFIRME A NORMA RMV-SEM2.

Categoria	Tipo de Veículo
Motocicletas	Motos e motocicletas.
Veículos Leves	Carros e vans com eixo traseiro de 2 rodas.
Caminhões Leves	Ônibus, micro-ônibus e caminhões não articulados.
Caminhões pesados	Caminhões Articulados, veículos com mais de um eixo.

Por fim, segundo o manual do *software Predictor*, a potência sonora por categoria é calculada conforme apresentada na equação 11;

$$L_w = 10 * \log\left(\frac{Q}{V}\right) + a + b * V + C_{wh} \quad (11)$$

$$C_{wh} = \text{Max} (C_w, C_h) \text{ se } C_h <> 0, C_w \text{ se } C_h = 0$$

$$C_h = 5 * \log (ph) - 1,5$$

Onde,

Q= Número médio de veículos por hora;

V= Velocidade média do tráfego em km/h;

a = Parte da potência sonora gerada por um veículo (não depende da velocidade) em dB(A);

b = Parte da potência sonora gerada por um veículo (depende da velocidade) em dB(A);

C_{wh}: Correção combinada para tipo de pavimento e declividade em dB;

C_w: Correção da superfície (pavimento) em dB(A);

C_h: Correção da declividade em dB;

ph: Declividade em %;

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Com o objetivo de obter ainda mais confiabilidade no estudo, todos os dados em campo foram comparados diante de testes estatísticos, ou seja, verificando sua normalidade diante do teste de Shapiro-wilk e a relação dos níveis sonoros “antes e durante a pandemia”, verificando assim, o impacto da pandemia nos valores de pressão sonora encontrados.

Deste modo, foram feitas correlações entre os níveis sonoros e número de veículos com o objetivo de verificar se existe uma inter relação entre as variáveis, números de veículos e os níveis de pressão coletados. Por fim, para executar e gerar os dados será utilizado o *software* estatístico *R*, *minitab*, *excell*, *Past* e *SPSS*.

4.10.1 Verificação de normalidade dos dados

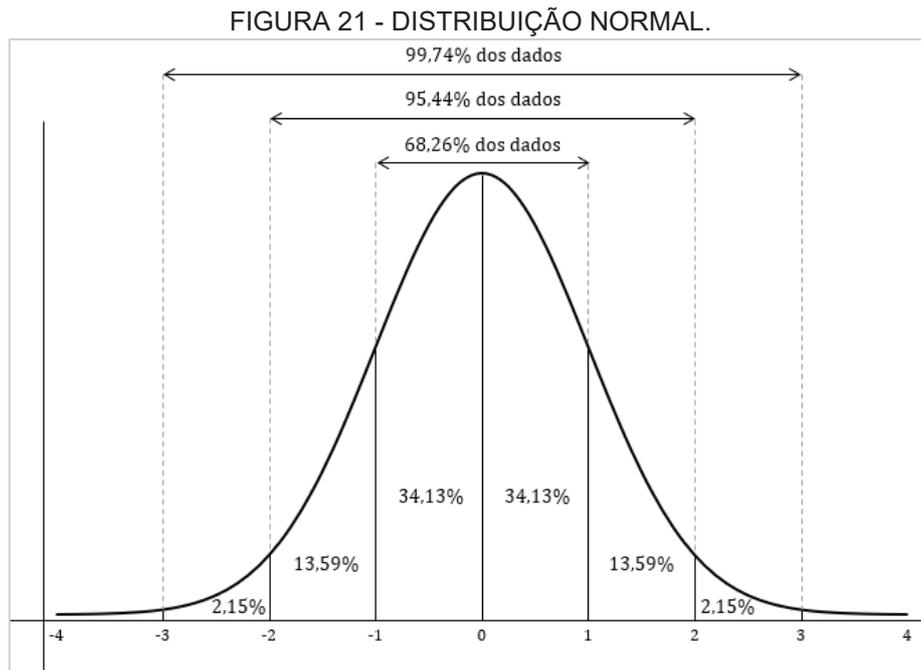
Com a finalidade de fazer a comparação estatística é de suma importância verificar a normalidade dos dados, para determinar se o conjunto de dados é bem modelado por uma distribuição normal ou não.

Uma distribuição normal é definida por dois parâmetros, sendo eles a média e o desvio padrão, esses que descrevem uma distribuição teórica de uma variável dentro da população da qual a amostra foi obtida, conforme apresenta-se no quadro 15.

QUADRO 15 – DEFINIÇÃO DE MÉDIA E DESVIO PADRÃO.

Parâmetro	Definição
Média	Soma das variáveis dividida pelo número de elementos.
Desvio Padrão	Estimativa da variação da população da amostra.

Para dados que tenham uma distribuição normal, cerca de 95% dos indivíduos terão seus valores dentro de 2 desvios padrões da média e o restante está espalhado igualmente acima e abaixo desses limites, conforme na figura 21.



Fonte: (Signor, 2022).

Há dezenas de testes estatísticos que tem como objetivo verificar a normalidade dos dados a distribuição normal, a partir de diferentes pressupostos e algoritmos. Esses testes subentendem que a hipótese de normalidade dados (H_0), retornando um $p\text{-valor} > 0,005$, se resultarem na aderência aos parâmetros de normalidade. Porém com as diversas simulações demonstrou um melhor desempenho para teste de Shapiro Wilk e Shapiro-Francia.

Os testes de normalidade sofrem interferência direta no tamanho amostral, como por exemplo, em amostras pequenas (4 até 30 unidades), há uma inflação do erro tipo I, com isso é preferível os testes mencionados anteriormente (Shapiro-Wilk e Shapiro-Francia).

Com isso, à medida que há um aumento das amostras, mais especificamente acima de 500 unidades, todos os testes apresentam melhores desempenhos, entretanto, é necessário adotar o nível de significância de $p < 0,001$, em função da possibilidade da ocorrência do erro tipo II causado pelo aumento amostral (perda de sensibilidade) (MIOT, 2017).

Posto isso, com o objetivo de avaliar a normalidade dos dados, será utilizado o teste de Shapiro-Wilk, por meio do *software Minitab*.

4.10.2 Relação dos níveis sonoros antes e durante a pandemia.

Para realizar a avaliação da poluição sonora “antes e durante a pandemia”, é esperado que as medições de um mesmo ponto apresentem similaridades, porém medidas de pontos distintos sejam diferentes. Com isso, mostra que as medições de um mesmo ponto são dependentes, fazendo com que o uso de testes de comparação, não seja ideal fazer comparação de duas ou mais amostras, uma vez que possa existir violação da suposição de independência das observações.

Posto isso, para verificar a diferença entre as medições “antes e durante a pandemia”, a variável que será analisada e que é o interesse desse estudo é numérica, ou seja, serão comparados os valores do mesmo ponto para verificar se existe diferença entre os grupos de interesse.

Sendo assim, por meio de uma análise de variância mista, é adotado como efeito fixo o momento “antes e durante a pandemia”, e o efeito aleatório será o ponto onde foi registrado.

O valor calculado será comparado com o valor tabelado, a um determinado nível de significância (α). Para realização deste teste será utilizado o *software* estatístico SPSS e o nível de significância (α) será de 0,05 e 0,01.

4.10.3 Correlação entre os níveis sonoros e o número de veículos

A correlação entre os níveis sonoros e o número de veículos (leq e número de veículos) nos mesmos pontos tem o objetivo de verificar se existe inter-relação entre essas variáveis. Sendo assim, considera-se que tal medida deve estar no intervalo fechado de -1 a 1, em que -1 indica perfeita correlação negativa ou inversa e 1 indica perfeita correlação positiva ou direta.

A correlação negativa indica que o crescimento de uma das variáveis implica, em geral, no decréscimo da outra. A correlação positiva indica, em geral, o crescimento ou decréscimo concomitante das duas variáveis consideradas.

Por fim, para verificar a correlação entre os níveis sonoros e número de veículos será utilizado a correlação de Pearson, a seguir apresenta-se a equação

em que esse teste mede a relação estatística entre duas variáveis contínuas conforme demonstra-se na equação 12.

$$r = \frac{\sum_i(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i-\bar{x})^2 \sum(y_i-\bar{y})^2}} \quad (12)$$

Onde,

x_i e y_i = valores de x e y para o i -ésimo indivíduo.

O cálculo da correlação de Pearson será desenvolvido no software estatístico *SPSS*

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da forma como foram subdivididos os métodos para a realização deste estudo, a apresentação dos resultados foi subdividida em: valores das medições, comparação dos dados “antes e durante a pandemia” com as normas e leis vigentes, analisar por meio de métodos estatísticos os dados antes e durante a pandemia correlacionando os níveis sonoros com a quantidade de veículos e mapas acústicos.

5.1 MEDIÇÕES SONORAS

A Avaliação dos níveis de pressão sonora equivalente (leq) foi realizada para cada um dos 38 pontos em comparação com o valor definido pela legislação vigente. O estudo usou os mesmos pontos do estudo de Vieira 2018, conforme apresentado no Quadro 16.

QUADRO 16 - COMPARAÇÃO DOS DADOS DE CAMPO E A LEGISLAÇÃO.

Pontos de Medição	Antes da Pandemia	Durante a Pandemia	NBR 10151	Lei Municipal Zona de Silêncio	Lei Municipal ZE-E
P1	54,4	54,7	50	55	60
P2	58,8	57,9	50	55	60
P3	59,9	53,4	50	55	60
P4	59,6	58,5	50	55	60
P5	57,2	54	50	55	60
P6	59,9	58,4	50	55	60
P7	58,4	60,4	50	55	60
P8	59,4	55,7	50	55	60
P9	57,7	53,2	50	55	60
P10	58,2	52,3	50	55	60
P11	56,2	54,7	50	55	60
P12	57,2	55,7	50	55	60
P13	57,1	58	50	55	60
P14	58,5	52	50	55	60
P15	58,4	57,8	50	55	60
P16	64,5	58,1	50	55	60
P17	59,9	69,8	50	55	60
P18	69	71,6	50	55	60
P19	66,2	65,3	50	55	60
P20	51,5	52,8	50	55	60
P21	60,7	57,2	50	55	60
P22	63,5	55,4	50	55	60
P23	65,4	61,1	50	55	60
P24	62,9	60,8	50	55	60
P25	59,9	56,8	50	55	60
P26	62	60,7	50	55	60
P27	71,9	70	50	55	60
P28	70,1	70,6	50	55	60
P29	68,4	71,6	50	55	60
P30	69,3	70,8	50	55	60
P31	58,3	55,5	50	55	60

P32	64,9	74,5	50	55	60
P33	71,8	68,6	50	55	60
P34	71,4	68,3	50	55	60
P35	59,50	53,3	50	55	60
P36	58,6	56,3	50	55	60
P37	56,9	51,5	50	55	60
P40	64	53,7	50	55	60

Avaliação dos níveis de pressão sonora equivalente (Leq) foi realizada para cada um dos 38 pontos de medição em comparação com o valor definido pela legislação vigente. Os dados gerados antes da pandemia foram obtidos diante do estudo realizado por Vieira (2018), onde apresentam uma faixa entre 54,4 dB ~71,8 dB, já os dados gerados durante a pandemia foram elaborados pelo próprio autor, onde apresenta-se uma faixa entre 51,5 dB ~ 74,5 dB, nesse primeiro já se demonstra uma baixa na menor faixa, sendo de 2,9 dB, porém para a maior faixa houve um aumento, sendo de 2,7 dB.

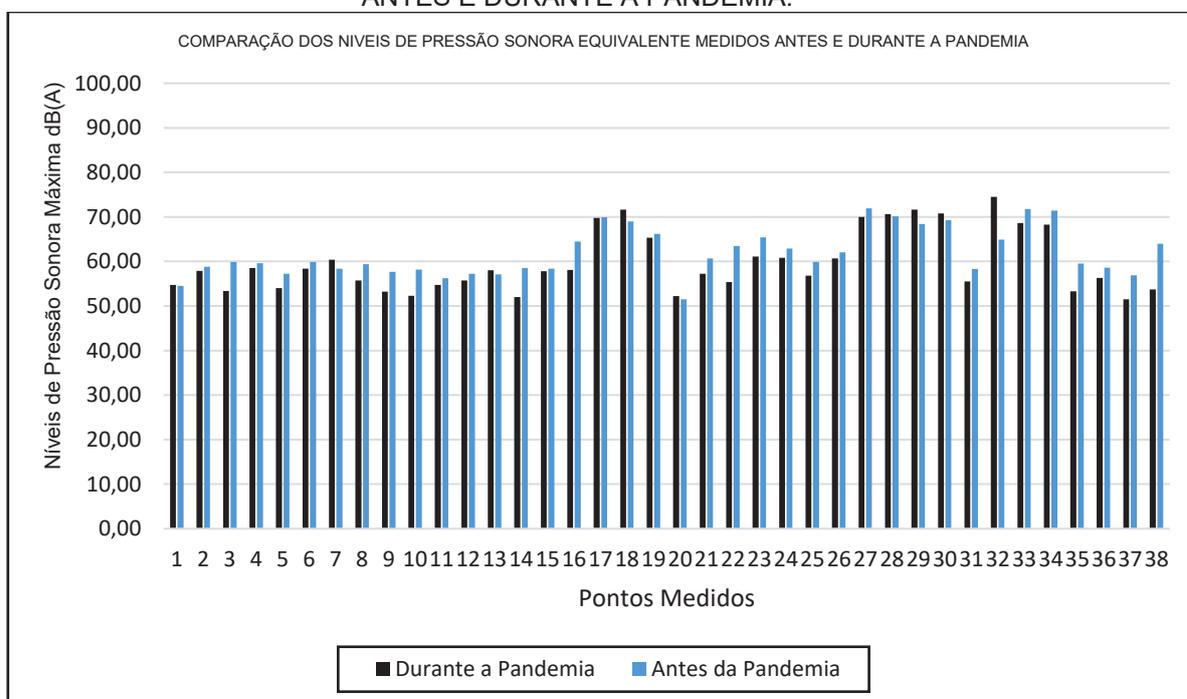
Com isso, os dados foram comparados com a NBR 10151 que estabelece o limite máximo de 50 dB (A) para áreas urbanas com escolas e hospitais, A Lei Municipal de Curitiba nº 10.625 de 2002 estabelece 60 db (A) que é o limite máximo para Zona Educacional Especial (ZE-E) e o valor de 55 db (A) definido para Zona de Silêncio, classificação mais adequada para a área em que o campus universitário se encontra.

5.1.1 Comparação dos Dados Medidos Antes e Durante a Pandemia

Assim sendo, os dados “antes e durante a pandemia” são comparados entre si com seus níveis de pressão sonora equivalente, para entendermos quais pontos apresentaram diferença de níveis sonoros e em qual período medido.

Com isso, cerca de 29 dos 38 pontos apresenta-se maiores durante o período “antes da pandemia”, representa-se em aproximadamente 77%, e 09 pontos estão maiores no período “durante a pandemia da Covid-19”, sendo aproximadamente 23% do total de pontos medidos, conforme apresentado na figura 22.

FIGURA 22 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÉDIO MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA.



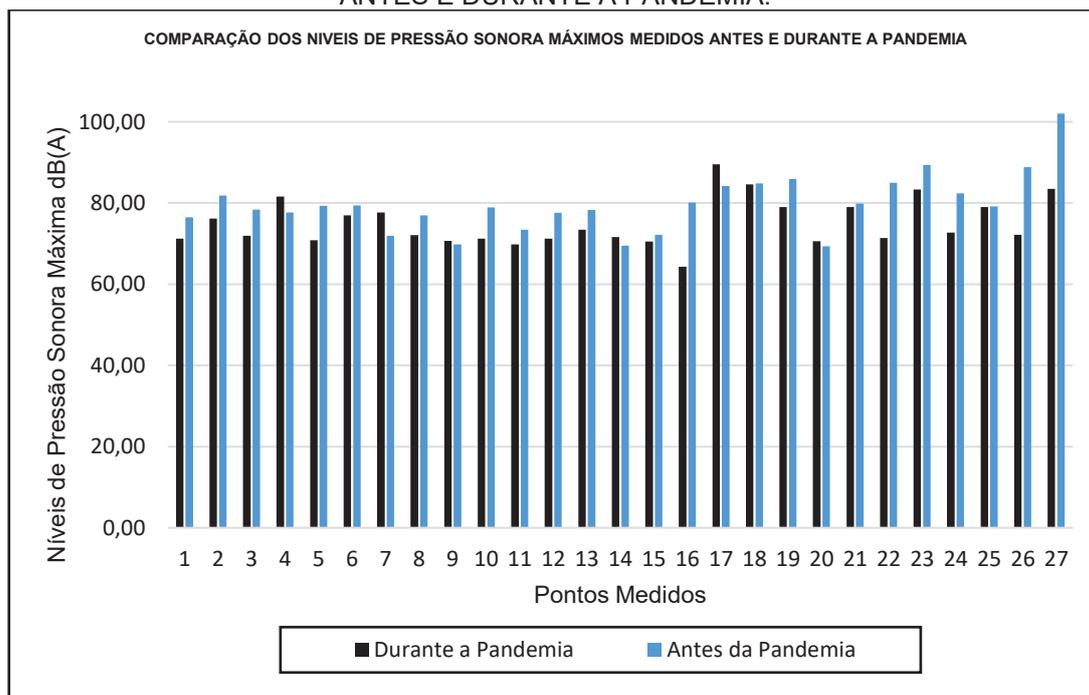
Em síntese, concluímos que grande parte dos pontos medidos estão maiores no período “antes da pandemia”, onde demonstra-se que as medidas tomadas “durante a pandemia” surgiram efeito em comparação entre si, e os níveis sonoros diminuíram no campus politécnico da UFPR, também se correlaciona onde “antes da pandemia” o movimento de alunos e veículos eram maiores. Já os 9 pontos que se apresentaram maiores no período “durante a pandemia”, é justificável em que nessas áreas (P01, P07 e P20) no momento das medições havia movimentos de veículos pesados, e alguns lugares estavam

sendo feitas reformas nos prédios da UFPR. Já os pontos (P18, P28, P29, P30 e P32) durante a medição a BR estava com grande movimento de veículos leve e pesados, o que influenciaram em maiores índices de nível sonoros equivalente.

Com os dados obtidos também pode-se extrair as informações para compararmos os dados com seu dB(A) Máximo, onde também pode-se identificar em qual período e pontos apresentaram os maiores níveis de ruídos.

No estudo de Viera (2018) foram medidos os níveis máximos em 27 pontos. Com isso, pode-se concluir em que dos 21 dos 27 pontos, aproximadamente 78%, apresentaram maiores níveis sonoros “antes da pandemia”, e 06 sendo aproximadamente 22% do total dos pontos medidos apresentaram só no período “durante a pandemia do Covid-19”, conforme apresentado na figura 23.

FIGURA 23 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÁXIMOS MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA.

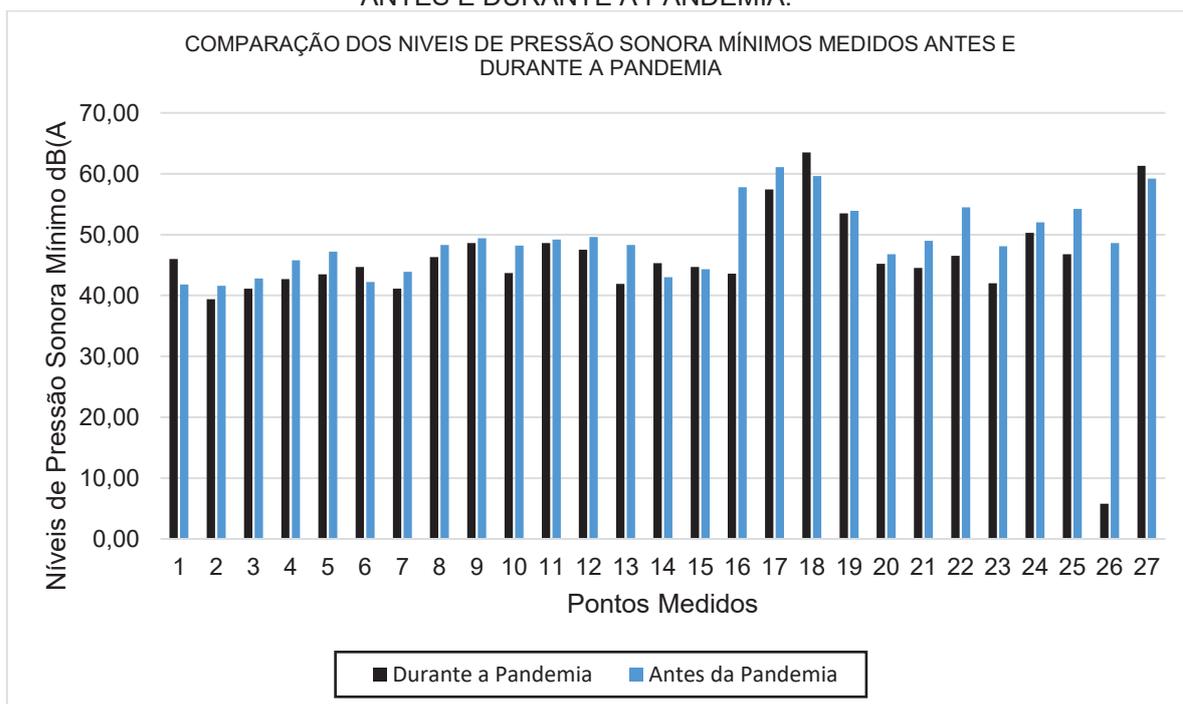


Em síntese, com esses dados também conclui que grande parte dos pontos medidos estão maiores no período “antes da pandemia”, onde demonstra-se que as medidas tomadas “durante a pandemia” surgiram efeito em comparação entre si, e os níveis sonoros diminuíram no campus politécnico da UFPR. Porém em 06 pontos no período “durante a pandemia” apresenta-se maiores do que o período “antes da pandemia” (P04, P07, P09 e P20) no

momento das medições havia movimentos de veículos pesados, e alguns lugares estavam sendo feitas reformas nos prédios da UFPR, o ponto 17 demonstra-se grande movimento de veículos e com uma frequência maior que os dados no período “antes da pandemia”, já o ponto 14 foi influenciado por ter uma estrada de pedras e no momento em que o veículo leve passou caracterizou em um grande nível sonoro, o que também pode explicar essa informação é a posição onde foi feita a medição nesse local.

Também foi avaliado os níveis sonoros mínimos e comparados “antes e durante a pandemia” do Covid-19”, como citado no parágrafo anterior, Vieira 2018 também mediu 27 pontos. Com isso, pode-se concluir que 06 dos 27 pontos apresentam-se menores níveis sonoros “antes da pandemia”, sendo aproximadamente 23% e 21 “durante a pandemia”, sendo aproximadamente 77%, do total dos pontos medidos conforme é apresentado na figura 24.

FIGURA 24 - - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MÍNIMOS MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA.



Pode-se afirmar que grande parte dos pontos medidos estão maiores no período “durante a pandemia”, onde demonstra novamente que as medidas tomadas “durante a pandemia” surgiram efeito em comparação entre si, e os níveis sonoros diminuíram no campus politécnico da UFPR. Porém em 06 pontos

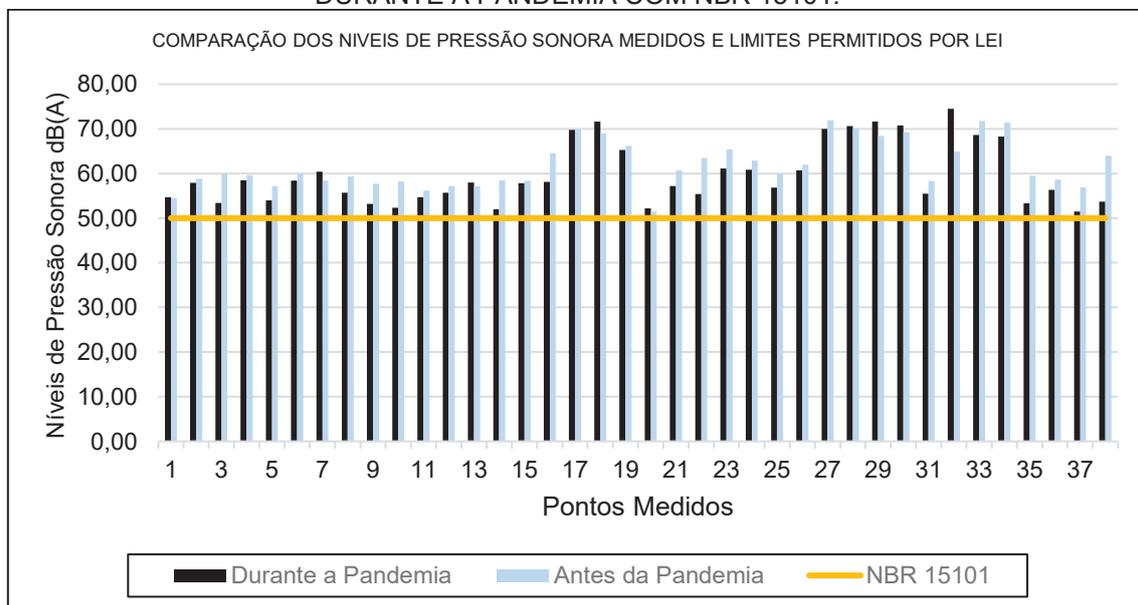
(P1, P6, P14, P15, P18 e P27) no período “antes da pandemia” observa-se menores do que o período “durante a pandemia”.

5.1.2 Comparação dos Dados Antes e Durante a Pandemia com as Legislações Vigentes.

Como uma segunda etapa de comparação com os gráficos gerados, foi feito a relação dos dados obtidos com a NBR 10151 onde determina que o limite máximo é de 50 dB(A), considerando esse limite, tanto “antes e durante pandemia”, 38 dos 38 pontos apresentaram acima do que a NBR permite, representa-se em aproximadamente 100%.

A Figura 25 apresenta o nível de pressão sonora equivalente obtido em cada um dos 38 pontos medidos no campus Centro Politécnico. O gráfico é cortado por uma linha horizontal em 50 dB(A), pois esse é o limite máximo segundo a NBR 15101. Com isso, após a análise indicou um cenário de poluição sonora em ambos os casos.

FIGURA 25 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA COM NBR 15101.



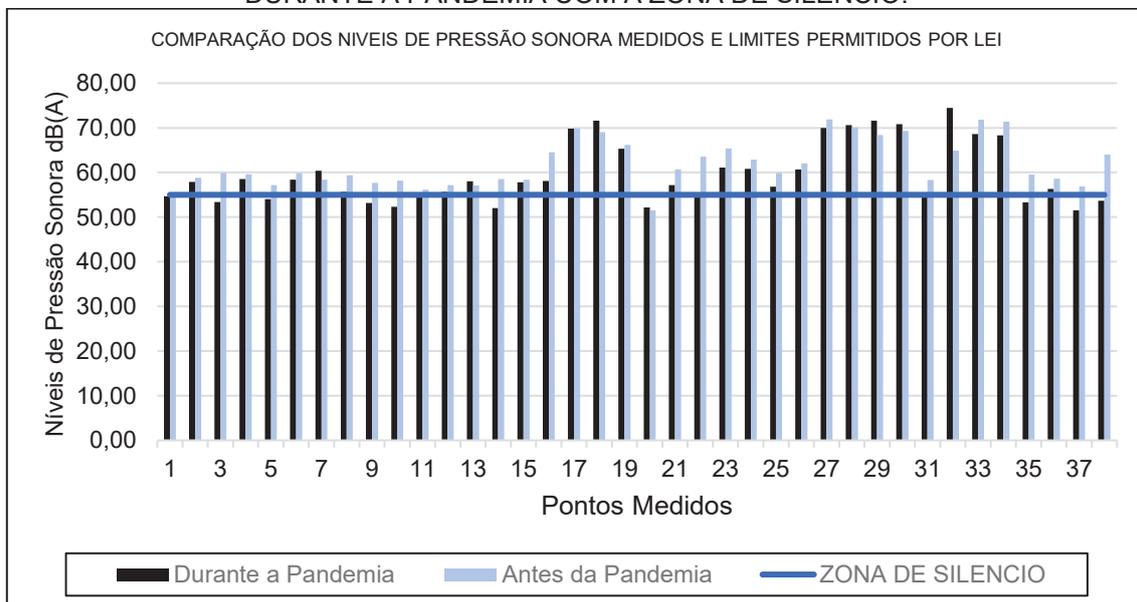
Diante da Lei 10.625/2000, hospitais e escolas estão definidos como zona de silêncio e devem ser atendido os limites estabelecidos para zona residencial 1 (ZR-1), cujo limite máximo é de 55 dB(A) no período diurno, independente da zona de uso e deve ser observado o raio de 200m de distância.

Se considerarmos que deve ser atendido esse limite de 55 dB(A), no período ‘antes da pandemia’ cerca de 36 pontos estão acima do permitido em lei caracterizando cerca de 95% e 02 pontos estão dentro do que se permite, sendo 5% do total de pontos medidos.

Já no período “durante a pandemia”, cerca de 27 pontos estão acima do permitido em lei, caracterizando 71%, e 11 pontos estão dentro do que se permite, sendo 29% do total de pontos medidos.

A Figura 26 apresenta o nível de pressão sonora equivalente obtido em cada um dos 38 pontos medidos no campus Centro Politécnico. O gráfico é cortado por uma linha horizontal em 55 dB(A), pois esse é o limite máximo segundo a legislação municipal.

FIGURA 26 -COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA COM A ZONA DE SILENCIO.

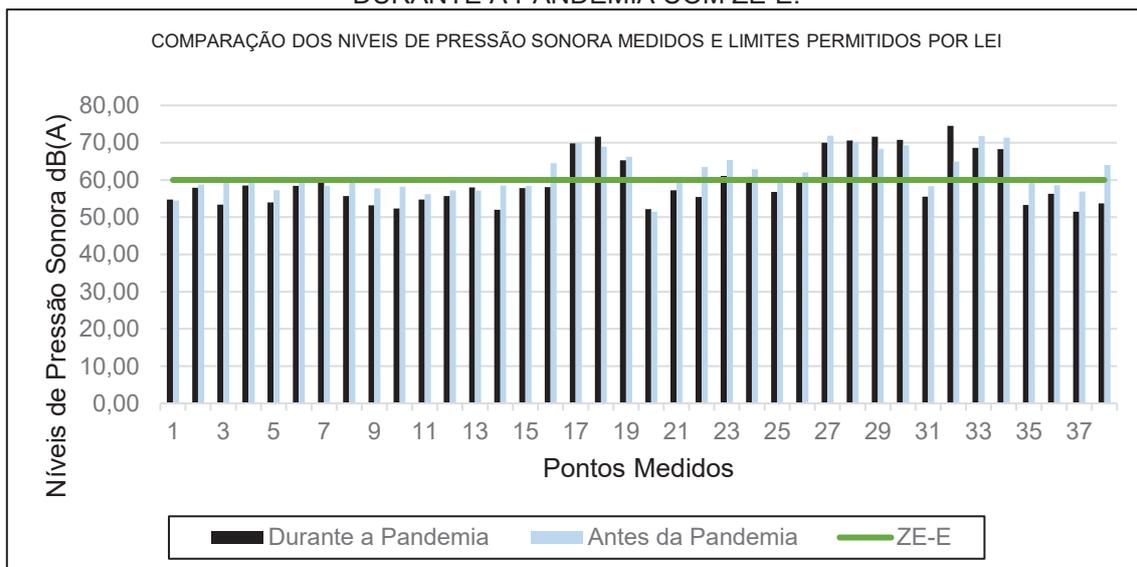


Já para a ZE-E o limite máximo em Curitiba - PR é de 60 dB(A), observando o período ‘antes da pandemia’ cerca de 17 pontos estão acima do permitido em lei caracterizando cerca de 48% e 21 pontos estão dentro do permitido, sendo 52% do total de pontos medidos.

Já no período “durante a pandemia”, cerca de 13 pontos estão acima do permitido em lei, caracterizando 35%, e 24 pontos estão dentro do permitido, sendo 65% do total de pontos medidos.

A Figura 27 apresenta o nível de pressão sonora equivalente obtido em cada um dos 38 pontos medidos no campus Centro Politécnico. O gráfico é cortado por uma linha horizontal em 60 dB(A), pois esse é o limite máximo segundo a legislação municipal para a região em que o campus universitário se encontra, Zona Educacional Especial (ZE-E).

FIGURA 27 - COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MEDIDOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA COM ZE-E.



5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA COM OS DADOS ANTES E DURANTE A PANDEMIA

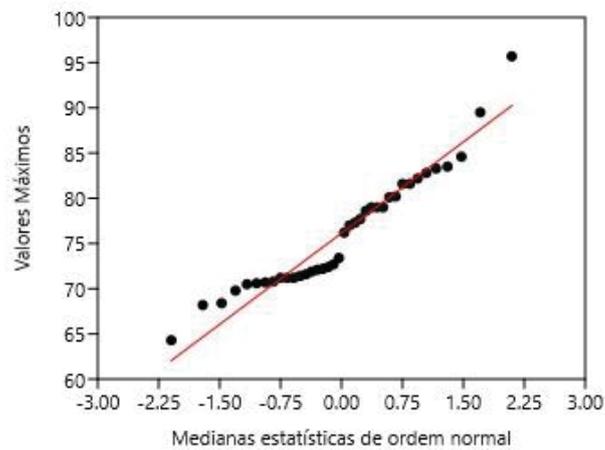
Para fins de comparações estatísticas é de suma importância verificar a normalidade dos dados, com o objetivo de determinar se o conjunto de dados de uma dada variável aleatória, é bem modelada por uma distribuição normal ou não, ou para calcular a probabilidade de a variável aleatória subjacente estar normalmente distribuída.

Uma distribuição normal é definida por dois parâmetros, a média e o desvio padrão, que descrevem uma distribuição teórica de uma variável dentro da população da qual a amostra foi coletada. A média é a soma de todos os valores dividido pelo número total amostrado. É uma medida de tendência central de um conjunto de dados. Por fim o desvio padrão é uma estimativa da variabilidade da população da qual a amostra foi coletada.

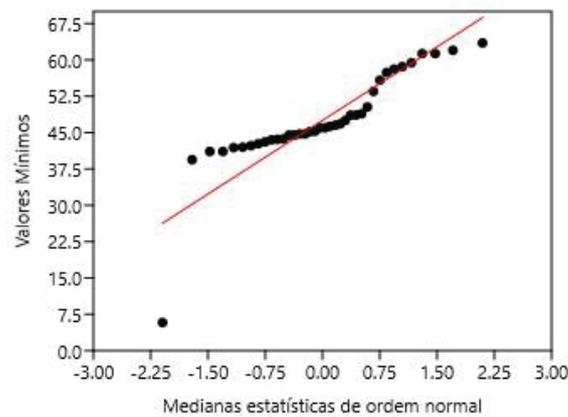
Para ser caracterizada com uma distribuição padrão, cerca de 95% dos indivíduos terão os valores dentro de 2 desvios padrões da média, e o restante espalhado acima e abaixo desses limites.

Conforme demonstra-se na Figura 28, dados obtidos nos equipamentos em campo no período “durante a pandemia”, foram submetidos a uma análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, encontrando que os valores máximos, valor médio da Leq e mínimo não apresenta normalidade ($p < 0,05$).

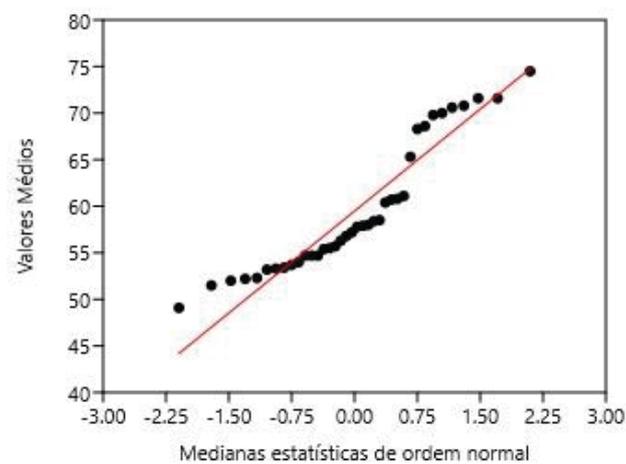
FIGURA 28 - DADOS COM VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIOS NO PERÍODO “DURANTE A PANDEMIA”



N	38
Shapiro-Wilk W	0,934
p(normal)	0,02687



N	38
Shapiro-Wilk W	0,7932
p(normal)	7,608E-06



N	38
Shapiro-Wilk W	0,8867
p(normal)	0,001094

Após isso, foi elaborado por meio do *software Excel*, a média e desvio padrão dos níveis sonoros no período “durante e antes da pandemia” do Covid-19. Sendo assim, observou-se que os valores mínimos, médios e máximos foram afetados pela pandemia, registrando valores inferiores quando comparados com aqueles registrados antes da pandemia do Covid-19, com isso, também confirma o fato de que as medidas adotadas durante a pandemia surtiram efeitos nos pontos amostrados no campus politécnico da UFPR. A seguir observa-se na tabela 8 com os valores calculados.

TABELA 8 - MEDIA E DESVIOS PADRÕES DA PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE (LEQ) MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA, ANTES E DURANTE A PANDEMIA CORONA VÍRUS NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR.

Valor (Leq)	Durante	Antes
Mínimo	47,51 ± 9,80	49,27 ± 5,63
Médio	57,85 ± 6,84	62,09 ± 5,24
Máximo	76,14 ± 6,51	79,73 ± 7,06

Após foi aplicada uma correlação de *Pearson* entre os valores de pressão sonora equivalente com a quantidade de veículos registrados nos pontos, essa análise foi feita por meio dos dados gerados pelo *software* estatístico *SPSS*, a seguir é apresentado a tabela 9 com o objetivo de destacar como é feito a análise e como o coeficiente é interpretado.

TABELA 9 - INTERPRETAÇÃO DA CORRELAÇÃO DE PEARSON

Coeficiente	Interpretação
Correlação menor que zero	Se a correlação é menor que zero, significa que é negativo, isto é, que as variáveis são inversamente relacionadas
Correlação maior que zero	Se a correlação for igual a +1, significa que é perfeito positivo. Neste caso, significa que a correlação é positiva, isto é, que as variáveis estão diretamente correlacionadas
Correlação igual a zero	Quando a correlação é igual a zero, significa que não é possível determinar qualquer senso de covariação. No entanto, isso não significa que não haja relação não linear entre as variáveis.

TABELA 10 - CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS VALORES DE PRESSÃO SONORA MÁXIMO, MÍNIMO E MÉDIA, DURANTE A PANDEMIA NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR.

	Médio	Máximo	Mínimo	Veículos Leves	Veículos Pesados
Máximo	0,858**				
Mínimo	0,582**	0,508**	1		
Veículos Leves	0,904**	0,727**	0,711**		
Veículos Pesados	0,899**	0,709**	0,713**	0,993**	
Motos	0,880**	0,742**	0,678**	0,971**	0,939**

A correlação é significativa no nível 0,01 **. (2 extremidades).

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Foi possível observar correlações positivas e significativas entre os todos os dados analisados, porém, os dados que mais apresentaram uma correlação forte são entre os veículos leves com os níveis sonoros médios, tanto como os veículos pesados com os veículos leves e motos com veículo leves.

Diante disso, conclui-se que os veículos leves que representam a maior quantidade durante as medições estão positivamente relacionados com os valores médios durante as medições, já os veículos pesados são a menor quantidade e estão diretamente relacionados com os níveis sonoros mínimos, e as motos tem uma correlação positiva com os valores máximos.

Por fim, mostra que os veículos, motos, leves e pesados estão em total correlação positiva com os níveis sonoros, sendo médio, máximo e mínimo, conforme é apresentado na tabela 10.

TABELA 11 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE OS VALORES DE PRESSÃO SONORA MÁXIMO, MÍNIMO E MÉDIA, ANTES E DURANTE A PANDEMIA NO CAMPUS POLITÉCNICO DA UFPR.

	Médio	Máximo	Mínimo	Veículos Leves	Veículos Pesados
Máximo	0,645**				
Mínimo	0,364**	0,090	0,475*		
Veículos Leves	0,747**	0,548**	0,683**		
Veículos Pesados	0,734**	0,530**	0,686**	0,959**	
Motos	0,754**	0,582**	0,674**	0,952**	0,952**

A correlação é significativa no nível 0,01 **. (2 extremidades).

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Também foi elaborado a correlação entre os dados “antes e durante a pandemia” do Covid-19, onde observaram-se correlações positivas e significativas entre os todos os valores indicando em que qualquer um deles pode ser um critério para avaliação da poluição sonora em ambientes educacionais, conforme é apresentando na tabela 11.

5.3 MAPEAMENTO ACUSTICO

A calibração do modelo para o cálculo de mapa de ruído é apresentada na Tabela 12. A calibração foi feita por meio ajustes no modelo de modo a deixar a simulação computacional o mais próximo da medição real, a fim de garantir que o cálculo de propagação do som no mapa esteja de acordo com aquilo que é de fato medido. Todos os pontos apresentam diferenças menores que 4,6 dB(a) entre os níveis sonoros medidos e simulados. O Ponto que apresentou maior variação foi o ponto 12.

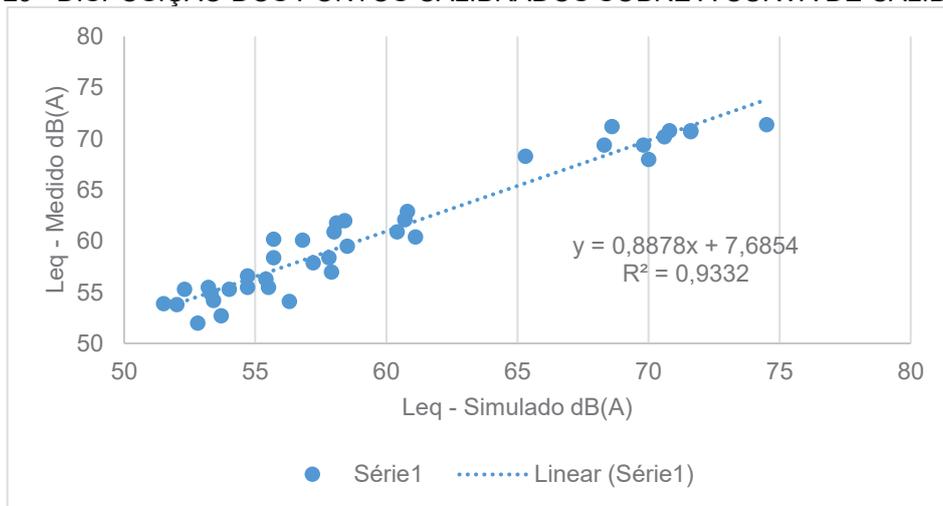
QUADRO 17 – DIFERENÇA ENTRE MEDIÇÕES DE CAMPO E NÍVEL SONORO SIMULADO

Pontos de Medição	Leq Medido dB(a)	Leq Simulado dB(a)	Diferença dB(a)
P1	54,7	55,5	0,8
P2	57,9	57	-0,9
P3	53,4	54,2	0,8
P4	58,5	59,5	1
P5	54	55,3	1,3
P6	58,4	62	3,6
P7	60,4	60,9	0,5
P8	55,7	58,4	2,7
P9	53,2	55,5	2,3
P10	52,3	55,3	3
P11	54,7	56,6	1,9
P12	55,7	60,2	4,5
P13	58	60,9	2,9
P14	52	53,8	1,8
P15	57,8	58,4	0,6
P16	58,1	61,8	3,7
P17	69,8	69,4	-0,4
P18	71,6	70,8	-0,8
P19	65,3	68,3	3
P20	52,8	52	-0,8
P21	57,2	57,9	0,7
P22	55,4	56,3	0,9
P23	61,1	60,4	-0,7
P24	60,8	62,9	2,1
P25	56,8	60,1	3,3
P26	60,7	62,1	1,4
P27	70	68	-2
P28	70,6	70,2	-0,4
P29	71,6	70,7	-0,9
P30	70,8	70,8	0
P31	55,5	55,5	0
P32	74,5	71,4	-3,1
P33	68,6	71,2	2,6
P34	68,3	69,4	1,1
P35	53,3	54,9	1,6
P36	56,3	54,1	-2,2
P37	51,5	53,9	2,4
P40	53,7	52,7	1

Desta forma, a figura 29, apresenta a curva de calibração para geração dos mapas para o campus politécnico durante o período de pandemia. Por meio deste modelo o qual calcula o valor simulado diante do valor medido em campo, onde demonstra o modelo mais linear possível para esse estudo.

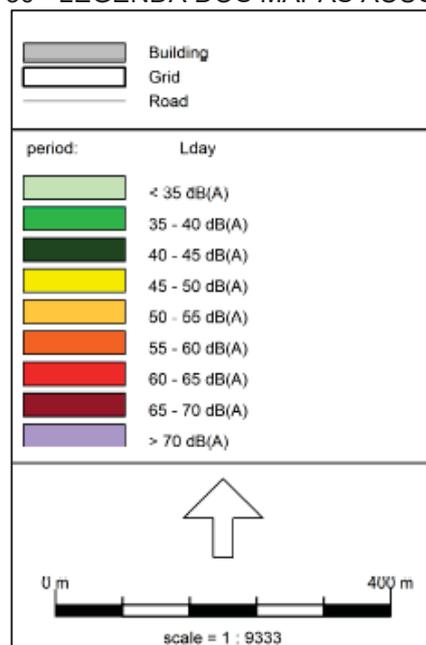
Para os níveis de pressão medidos apresentou uma média de 57,85 dB (A) e para os valores simulados uma média de 59,5 dB (A), tendo uma diferença de 1,95 dB (A), o coeficiente de correlação de 0,93.

Figura 29 - DISPOSIÇÃO DOS PONTOS CALIBRADOS SOBRE A CURVA DE CALIBRAÇÃO



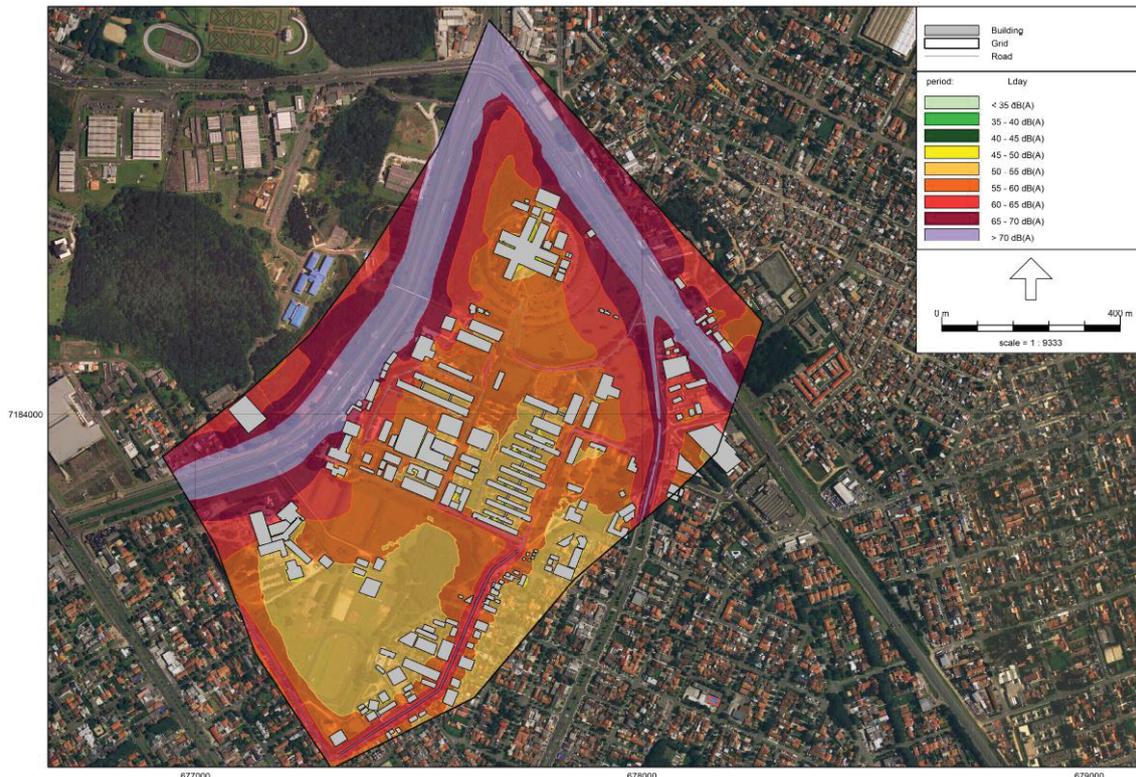
A figura 30 exibe a legenda dos mapas acústicos apresentados no trabalho com o objetivo de melhorar a compreensão e entendimento dos mesmos.

Figura 30 - LEGENDA DOS MAPAS ACÚSTICOS.



O primeiro mapa de ruído, ilustrado pela Figura 31, apresenta a situação atual do ambiente sonoro no campus Centro Politécnico, para o período diurno, período o qual foram realizadas as medições.

Figura 31 - MAPA DE RUÍDO DA SITUAÇÃO ATUAL NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO COM BASE NOS DADOS DE MEDIÇÕES DURANTE HORÁRIO DE AULA NO PERÍODO DIURNO



Com a geração do mapa acústico é possível avaliar como está a distribuição espacial do nível de pressão sonora no local de estudo, é notável a predominância de cores com acima de 50 dB(A) conforme apresentando na legenda. As cores em lilás e tons avermelhados representam as regiões com maiores níveis sonoros e estão presente nas principais fontes que impactam o campus politécnico.

Os menores níveis de ruído, estão representados com cores verdes, variando de mais clara a mais escuras, sendo com valores abaixo de 50 dB(A), porém no mapa acústico não foi possível identificar regiões com esses valores, confirmando assim os dados das medições realizadas em campo.

A cor amarela e a cor laranja claro, representam os valores de 50 dB(A) ~ 55 dB(A), que estão dentro do nível máximo permitido para as zonas de silêncio, conforme a legislação vigente no município de Curitiba - PR, são apresentados

em algumas regiões do local de estudo, principalmente na região central e mais ao sul, onde estão os blocos das salas de aula.

Já em comparação a Lei Municipal 10.625, que estipula o valor de 60 dB(A) além da cor amarela, e a cor laranja claro citadas anteriormente, nesse caso o tom de laranja escuro também está dentro do permitido, aumentando a área de regiões aptas.

Conforme as medições de campo, e os cálculos realizados para geração dos mapas acústicos, as áreas próximas as rodovias apresentam os maiores níveis sonoros. Com isso, conclui-se que alguns pontos influenciam na diminuição dos níveis sonoros no campus, como por exemplo quanto mais distante das rodovias menor é o ruído e também onde apresenta maior área com vegetação os níveis também diminuem.

Por fim, o campus politécnico apresenta uma situação preocupante em relação as condições acústicas do ambiente, esses dados podem ser influenciados devido ao período de medição

Na figura 32 e 33, são apresentados o mapa de ruído tridimensional e o Mapa Tridimensional do Campus Politécnico da UFPR respectivamente.

Figura 32 - MAPA DE RUÍDO TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS POLITÉCNICO

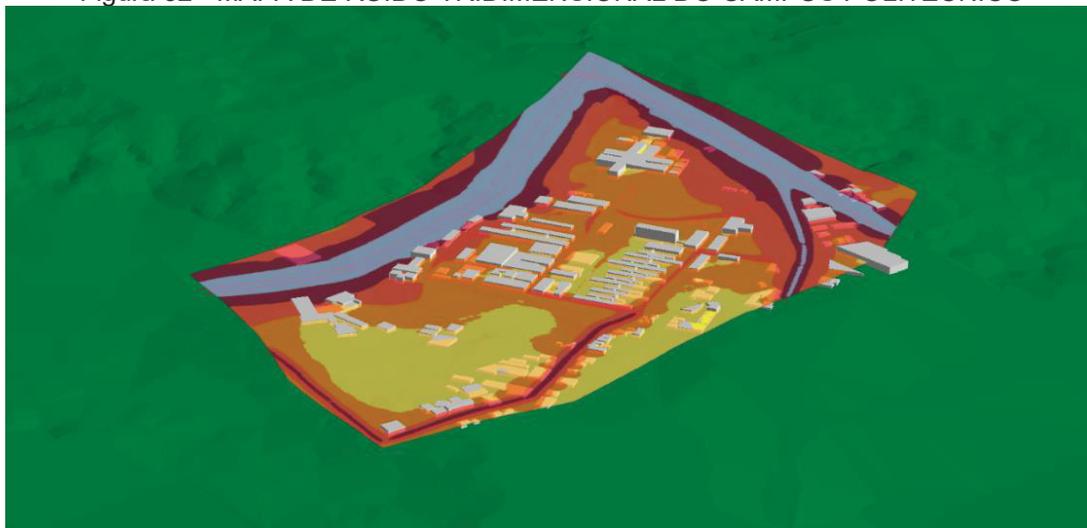


Figura 33 - VISTA 3D DA ÁREA DE ESTUDO COM AS EDIFICAÇÕES, CONSTRUÇÕES E ÁREAS DE VEGETAÇÃO EM PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO



5.3.1 Medidas Mitigatórias

Uma vez que a situação atual do campus apresentou resultados de poluição sonora na maioria dos pontos, buscou-se apresentar medidas mitigatórias a fim de reduzir o impacto ambiental negativo proveniente das rodovias próximas. Os valores obtidos para a simulação da atual situação no campus e o mapa de ruídos calculado servirão como Cenário de Referência para comparação com as medidas mitigatórias propostas. As medidas mitigatórias propostas foram:

- i. Cenário 1: Redução da frota de veículos pesados para 10%
- ii. Cenário 2: Redução da frota geral de veículos (leves, pesados e motos) para 75%
- iii. Cenário 3: Construção de barreiras acústicas em locais estratégicos
- iv. Cenário 4: Remoção Total da Vegetação

5.3.2 Alteração na frota de veículos

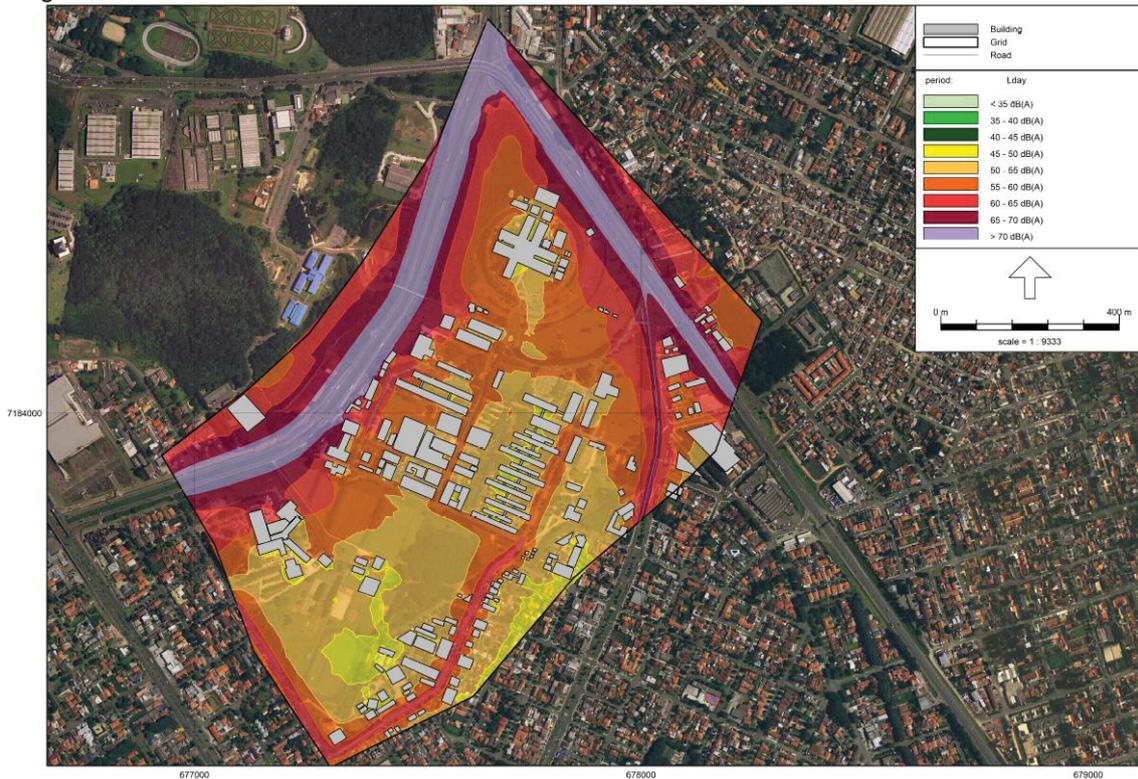
Os cenários 1 e 2 referem-se à alteração da quantidade numérica na frota de veículos. Por mais que o cenário referência seja durante uma pandemia é interessante aplicar alterações na frota de veículos, pois são cenários que podem ocorrer por influência legislativa, como por exemplo, no caso de aprovação de uma lei que determine um rodízio de veículos, semelhante o Decreto 37085/1997 na cidade de São Paulo, que autorizou a implantação de um programa de restrição ao trânsito de veículos automotores.

Desde 2011, veículos de carga são proibidos de circular na Linha Verde (Do bairro Pinheirinho ao Atuba) entre 7h e 9 horas e entre 17h e 19 horas, porém em 2016 a Secretaria Municipal de Trânsito aumentou o limite de peso máximo permitido de 7 para 10 toneladas.

Em 2022, foi retomada a fiscalização em dias úteis do tráfego de caminhões com peso bruto total (PBT) acima de 10 toneladas no trecho da linha verde (BR-476) entre o km 120,9 e km 142,8, contemplando do pinheirinho ao atuba, essa medida tem como objetivo proporcionar maior fluidez e segurança no tráfego de maior fluxo e leva em conta a vigência do acordo de cooperação técnica nº 1/2021, firmado entre União e Prefeitura, por intermédio do Ministério da Justiça. Os horários para tráfego de caminhões estão previstos na Cooperação Técnica e na Portaria nº 11 de 18 de fevereiro de 2022 da Secretaria Municipal de Defesa Social e Trânsito e foram definidos em conjunto com representantes do setor de cargas.

Para o Cenário 1 foi feita uma redução de 90% da frota de veículos pesados, ou seja, o cálculo do mapa de ruídos foi feito com apenas 10% dos veículos pesados utilizados no cenário de referência. Os demais parâmetros permaneceram iguais ao do cenário de referência. A Figura 34 apresenta o mapa de ruído para o Cenário 1.

Figura 34 - MAPA DE RUÍDO PARA O CENÁRIO 1:VEÍCULOS PESADOS EM 10% APENAS



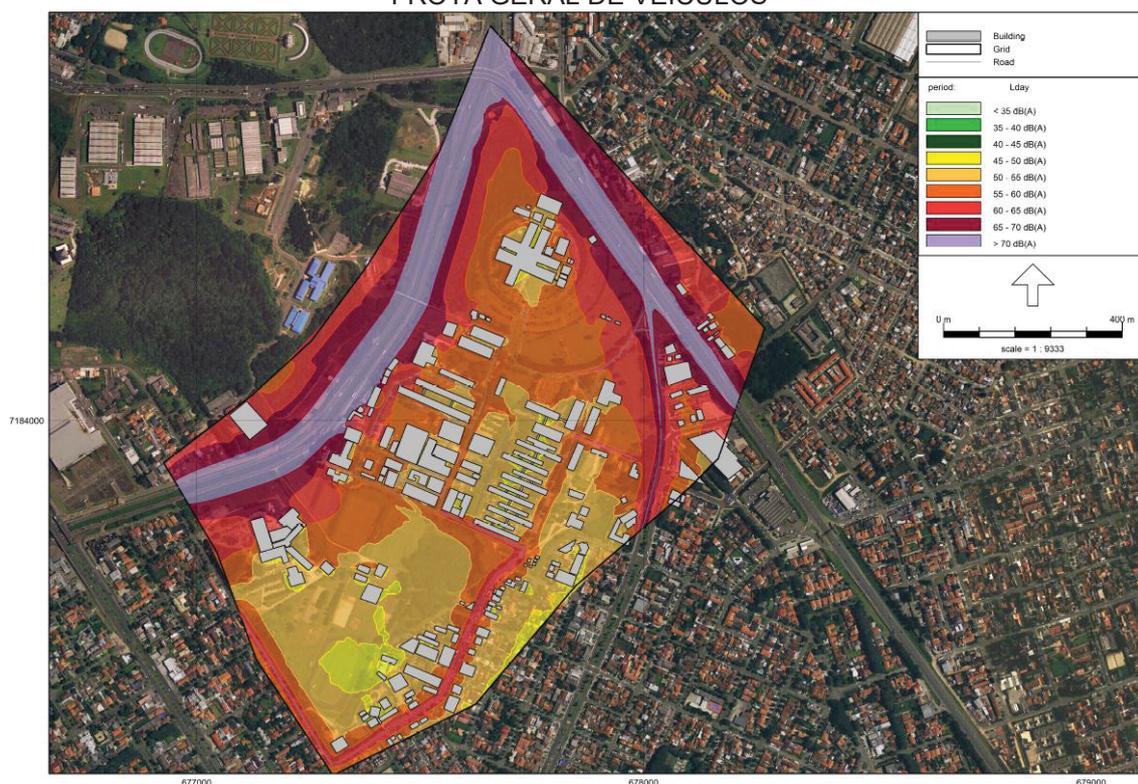
No primeiro cenário, foi realizado a simulação onde diminuiu a circulação de veículos pesados em 90%. Essa é uma medida que seja usual somente com criação de lei e que crie como critério o tamanho dos veículos pesados que possam circular na região. Com essa redução, as condições melhoraram para o centro politécnico, apresentando uma certa redução, em comparação com o mapa inicial, é perceptível a redução das cores mais escuras, a quais representam os maiores níveis de ruído, essa diminuição ocorreu principalmente na região mais norte e noroeste do mapa.

Na região central do mapa, houve uma redução de níveis sonoros, a distribuição espacial sonora aumentou na cor laranja claro 50 dB(A) ~ 55 dB(A) e surgimento da cor amarela 45 dB(A) ~ 50 dB(A) mais ao sul do local de estudo.

A região amarela já se apresenta abaixo dos limites máximos do que cita lei. Porém a grande predominância ainda é caracterizada com uma situação de poluição sonora.

O Cenário 2, consiste na seguinte diferença em relação ao Cenário de Referência: Redução da frota geral de veículos (leves, pesados e motos) para 75%, isto é, exclusão de 25% da frota geral. Com base nos valores publicados pelo Detran-PR em fevereiro de 2018, 75% desse valor atual representaria a frota de veículos que Curitiba - PR possuía em julho de 2008. A Figura 35 apresenta o mapa de ruído calculado para o Cenário 2.

Figura 35 - MAPA DE RUÍDO DO CENTRO POLITÉCNICO. CENÁRIO 2, COM 75% DA FROTA GERAL DE VEÍCULOS



Nesse segundo cenário, houve uma redução dos níveis sonoros das rodovias o quais são representados pelas cores mais escuras, essa redução é mais perceptível ao norte e noroeste do mapa.

Nas regiões centrais também houve redução dos níveis sonoros e apresentou uma maior distribuição espacial das cores laranja 50 dB(A) ~ 55 dB(A) e surgimento da cor amarela 45 dB(A) ~ 50 dB(A).

A região amarela já se apresenta abaixo dos limites máximos do que cita lei. Porém a grande predominância ainda é caracterizada com uma situação de poluição sonora

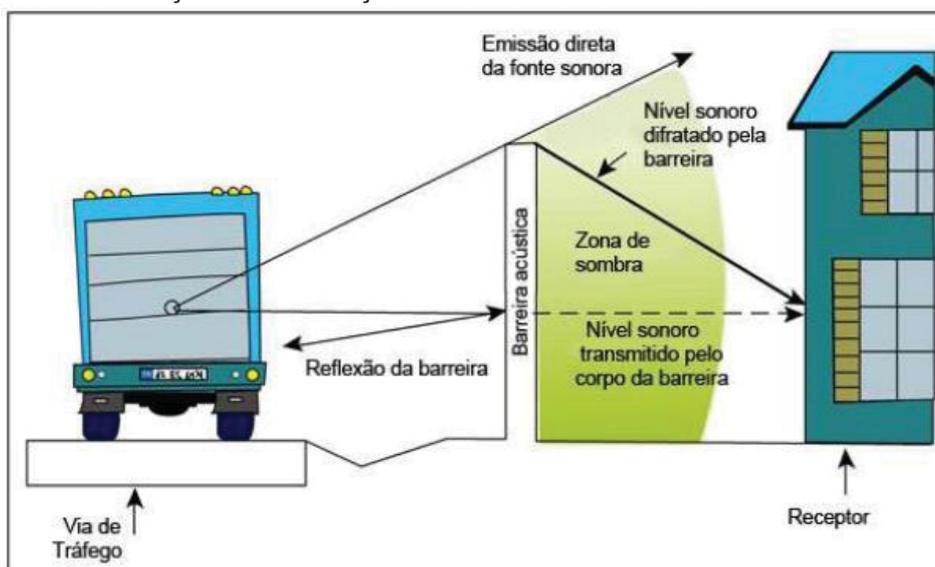
5.3.3 Barreiras Acústicas

Diante do exposto, o cenário 3 consiste em simulações com barreiras acústicas em locais críticos observados nas medições e simulações do cenário atual.

Segundo a Conferência Europeia de Diretores de Estradas (2017), barreiras acústicas são construídas de uma grande variedade de materiais e designs, porém todas tem o mesmo objetivo: redução dos níveis sonoros que chegam aos receptores diante de influência no caminho da propagação do som entre a fonte e o receptor, como na Figura 36.

Em distâncias superiores a 250 metros da rodovia, barreiras acústicas são relativamente ineficazes. É importante ressaltar que as pessoas “atrás” de uma nova barreira acústica serão atingidas por níveis sonoros bem mais baixos, porém o ambiente não será de absoluto silêncio.

FIGURA 36- MUDANÇAS NAS DIREÇÕES DO SOM CAUSADA UMA BARREIRA ACÚSTICA.



Fonte: Belderrain (2014).

De acordo com Vieira (2018), a escolha do material que irá compor a barreira acústica é muito importante para evitar problemas futuros. Os problemas mais comuns são ferrugem e umidade. A ferrugem é mais comum nas barreiras metálicas, geralmente é consequência de uma espessura insuficiente de galvanização ou simplesmente a degradação do revestimento.

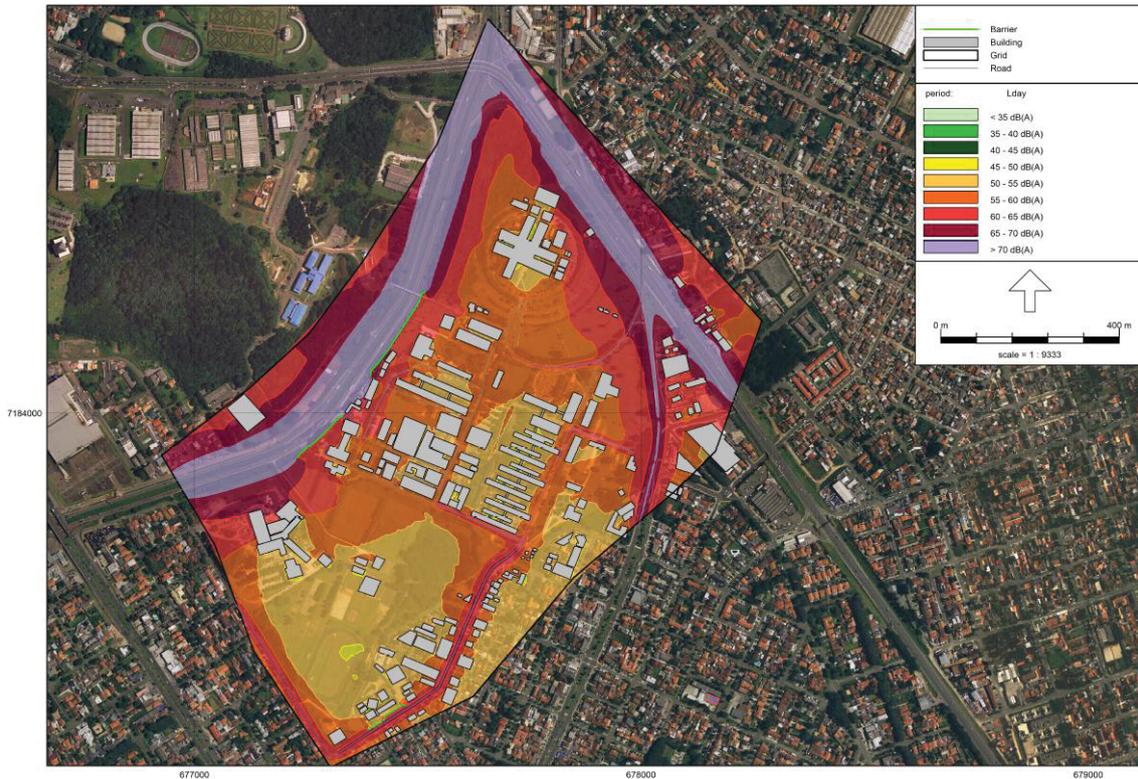
Levando em consideração as condições topográficas da área de estudo, optou-se por colocar barreiras acústicas em 3 locais no Campus Centro Politécnico, a fim de reduzir o nível sonoro que atinge os prédios do SIMEPAR, LACTEC, LPH, Engenharia Química e SEPT, conforme a Figura 37. Após as medições dos níveis e a geração dos mapas acústicos os prédios estão sendo afetados por estarem próximos a rodovia.

Figura 37 - LOCALIZAÇÃO DAS BARREIRAS ACÚSTICAS EM BRANCO.



Definiu-se para a simulação uma barreira de 3,80 m de altura, composta por concreto, com espessura de 20 cm. A barreira em frente ao SIMEPAR tem uma extensão de 159 m, já a barreira em frente ao LPH possui uma extensão de 219 m. Já em frente ao SEPT, as duas barreiras possuem uma extensão de 40 e 58 m cada. A Figura 38 exhibe o mapa de ruído calculado com as barreiras acústicas conforme as dimensões escritas e nessa primeira imagem já é possível notar a redução nos níveis sonoros causada pelas barreiras. Ao observar as faixas de cores paralelas a Linha Verde, nota-se que elas diminuem sua espessura quando se aproximam das barreiras acústicas.

Figura 38 - MAPA DE RUÍDO DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO COM BARREIRAS ACÚSTICAS



As Figuras 39 e 40 aborda uma visão aproximada do mapa calculado especificamente nos locais em que a barreiras acústicas foram posicionadas, em comparação com o cenário de referência.

Figura 39 - COMPARAÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA (A DIREITA) E CENÁRIO COM BARREIRA ACÚSTICA (A ESQUERDA) PRÓXIMO AO SIMEPAR E LPH

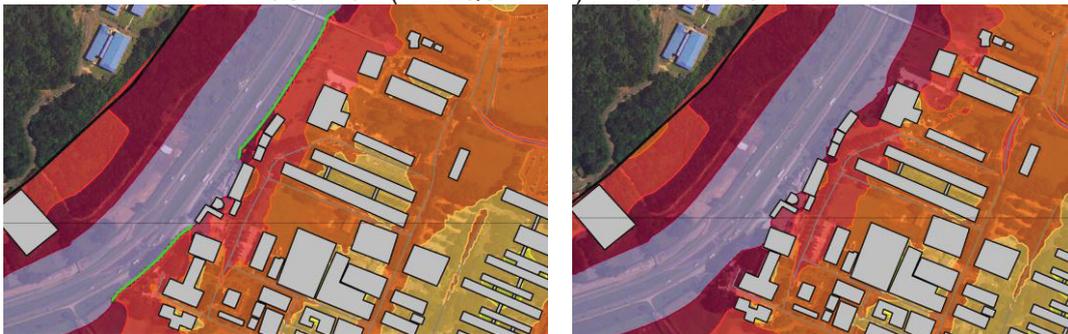


Figura 40 - COMPARAÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA (A DIREITA) E CENÁRIO COM BARREIRA ACÚSTICA (A ESQUERDA) PRÓXIMO AO SEPT.



5.3.4 Remoção Total da vegetação

Mesmo em tempos de pandemia e a título de curiosidade realizou-se simulações com remoção da vegetação para poder verificar sua influência na propagação do som, mesmo que esse seja um cenário improvável de acontecer, uma vez que muitas das árvores presente nessas áreas verdes são por lei imunes de corte como a Araucária angustifolia.

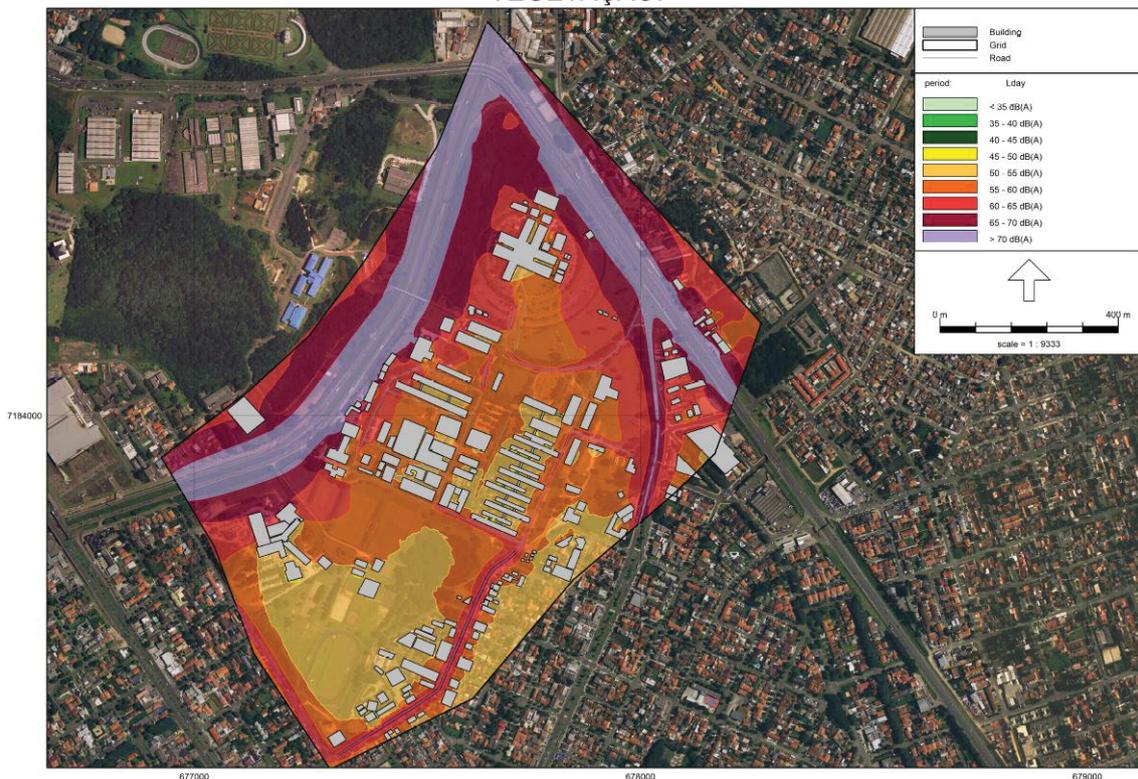
É importante ressaltar que em todos os modelos de cálculo para mapas de ruído, indicam que áreas de vegetação sejam apenas demarcadas quando não se consegue ter uma visão do que está presente após essa área. Essa distinção é importante, pois se levar em consideração apenas imagens aéreas, se tem toda abrangência da copa da árvore, o que pode induzir a um erro na delimitação da área de vegetação, pois muitas espécies arbóreas possuem uma copa bem maior que sua base.

Ou seja, nesse caso na altura mais baixa em que o som se propaga vindo da rodovia, haveria menos obstáculos para a propagação. Por isso é indispensável a visita à esses locais em que há vegetação com o objetivo de detectar esta morfologia.

Na Turquia, Ozer et al. (2007) relataram que a espécie arbórea *Pinus sylvestris* L., conhecido no Brasil como Pinheiro-da-Escócia, apresentou uma melhor eficiência na redução de ruído ao longo de uma rodovia estadual na Turquia que *Populus nigra* L. (Álamo). Essa diferença se deu pelo fato da primeira espécie ser mais volumosa que a segunda, apresentando assim mais obstáculos para propagação do som.

Na Figura 33 é possível visualizar todas as áreas de vegetação que foram delimitadas para esse estudo, bem como o relevo. A Figura 41 apresenta o mapa de ruído do Centro Politécnico calculado sem as áreas de vegetação.

Figura 41 - MAPA DE RUÍDO DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO SEM AS ÁREAS DE VEGETAÇÃO.

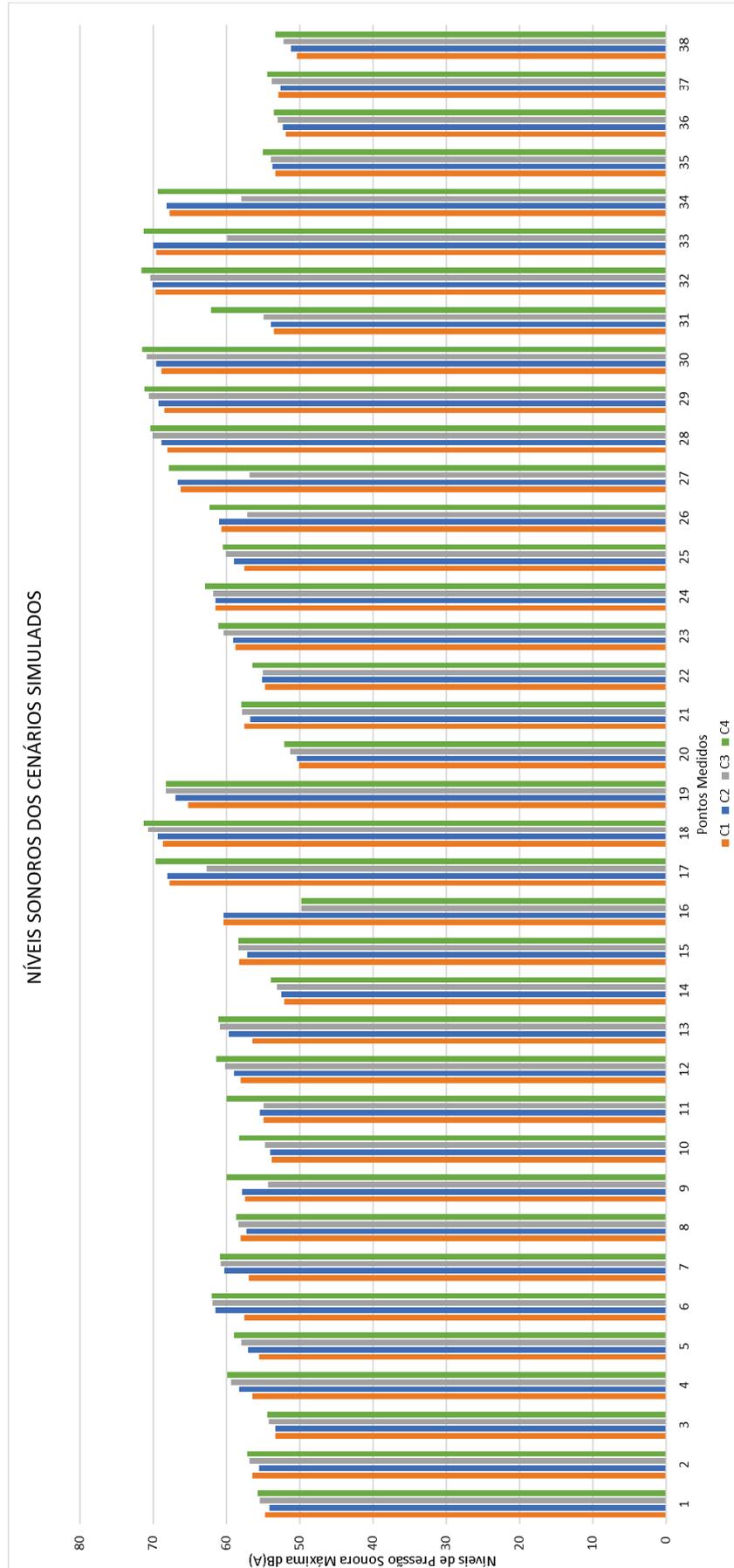


Os pontos que estão localizados onde antes havia uma massa de vegetação entre eles as rodovias apresentaram uma elevação em seus níveis sonoros. Principalmente os pontos atrás do prédio de Ciências Biológicas, que contam com um fragmento florestal entre o prédio e a linha verde. É importante destacar que o prédio está um pouco abaixo do nível do solo das rodovias externas, fator que contribui também para que níveis nem tão elevados atinjam sua fachada.

QUADRO 18 – DIFERENÇA ENTRE MEDIÇÕES DE CAMPO E NÍVEL SONORO SIMULADO

Pontos de Medição	Leq Medido dB(a)	Leq Simulado dB(a)	C1	C2	C3	C4
P1	54,7	55,5	54,7	54,1	55,4	55,7
P2	57,9	57	56,4	55,5	56,9	57,2
P3	53,4	54,2	53,3	53,3	54,2	54,4
P4	58,5	59,5	56,5	58,3	59,4	59,9
P5	54	55,3	55,5	57,1	58	59
P6	58,4	62	57,6	61,5	61,9	62
P7	60,4	60,9	57	60,3	60,8	60,9
P8	55,7	58,4	58,1	57,3	58,4	58,7
P9	53,2	55,5	57,5	57,9	54,3	60
P10	52,3	55,3	53,8	54	54,7	58,3
P11	54,7	56,6	54,9	55,4	54,9	60
P12	55,7	60,2	58,1	59	60,2	61,4
P13	58	60,9	56,5	59,7	60,9	61,1
P14	52	53,8	52,1	52,5	53,1	53,9
P15	57,8	58,4	58,3	57,2	58,4	58,4
P16	58,1	61,8	60,4	60,4	49,8	49,8
P17	69,8	69,4	67,8	68,1	62,7	69,7
P18	71,6	70,8	68,7	69,4	70,7	71,3
P19	65,3	68,3	65,2	67	68,3	68,3
P20	52,8	52	50,1	50,4	51,3	52,1
P21	57,2	57,9	57,6	56,8	57,9	58
P22	55,4	56,3	54,7	55,1	55	56,4
P23	61,1	60,4	58,8	59,1	60,4	61,1
P24	60,8	62,9	61,5	61,5	61,8	62,9
P25	56,8	60,1	57,6	59	60,1	60,5
P26	60,7	62,1	60,7	61	57,2	62,3
P27	70	68	66,3	66,7	56,9	67,9
P28	70,6	70,2	68,1	68,9	70,1	70,4
P29	71,6	70,7	68,5	69,3	70,6	71,2
P30	70,8	70,8	68,9	69,6	70,9	71,5
P31	55,5	55,5	53,5	53,9	54,9	62,1
P32	74,5	71,4	69,7	70,1	70,4	71,6
P33	68,6	71,2	69,6	70	59,9	71,3
P34	68,3	69,4	67,8	68,2	58	69,4
P35	53,3	54,9	53,3	53,7	53,9	55
P36	56,3	54,1	51,9	52,3	53	53,5
P37	51,5	53,9	52,9	52,6	53,8	54,4
P40	53,7	52,7	50,4	51,2	52,2	53,3

Figura 42 - GRÁFICO COMPARATIVO DOS RESULTADOS DAS MEDIDAS MITIGADORAS



6 CONCLUSÃO

Em comparação dos períodos durante e sem a pandemia do Covid-19, os resultados apresentaram uma redução dos níveis sonoros no período com a pandemia, porém mesmo com as medidas preventivas dentro do centro, não houve uma baixa que ficasse dentro das leis, gerando um ambiente de poluição sonora. Dentro desse contexto, um ponto que pode ter influenciado esses resultados é que mesmo com as medidas internas dentro do centro politécnico, houve um avanço na vacinação, e com isso as atividades externas tiveram um retorno gradual próximo ao normal.

Porém, conforme mencionado, o ambiente é caracterizado com poluição sonora mesmo em tempos de pandemia, é notável que a problemática está ao redor do centro, devido as rodovias com grande volume de veículos que estão próximos e que impactam diretamente as condições acústicas do centro, sendo assim, há a necessidade de ações e medidas para que possa mitigar essa problemática, pois com o crescimento urbano a situação pode ainda piorar.

Em consoante, por meio da análise das medições do cenário durante a pandemia do Covid-19, a área apresentou poluição sonora. Dos 38 pontos medidos, 14 apresentou níveis de pressão sonora equivalente superiores à 60 dB(A), que é o limite determinado para uma Zona Especial Educacional – ZE-E.

Em comparação com a Lei Municipal N. 10.625 de 2022 (para uma Zona de Silêncio) que apresenta um limite máximo de 55 dB(A), em 27 dos 38 pontos medidos apresentou níveis superiores. Em comparação com a NBR 10151 em que o limite é menor sendo de 50 dB (A o cenário é ainda pior, apresentando todos os níveis sonoros acima. Por fim, é importante ressaltar que os pontos estavam espalhados ao longo da área de estudo, e não apenas à margem das rodovias.

Com o objetivo de verificar melhores condições acústicas no campus, foram propostas algumas medidas mitigatórias, sendo divididas em 03 cenários (Redução da frota de veículos pesados para 10%, Redução da frota geral de veículos para 75% e Construção de barreiras acústicas), em comparação os resultados com as alterações na frota de veículos, a redução de veículos pesados para 10% apresentou melhor resultado do que uma redução da frota geral em 75% da atual quantidade, ou seja, os veículos pesados são os que mais

impactam o centro, cerca de 32 de 38 pontos medidos apresentaram menor nível sonoro. Entretanto, conforme mencionado anteriormente na discussão dos resultados uma tomada de decisão que altere o volume de tráfego de veículos não é algo simples, depende de uma tomada de decisão que envolva diversos órgãos públicos e interesses para se chegar a uma decisão.

A terceira medida mitigatória, a construção de barreiras acústicas de concreto precisamente próximas aos edifícios mais atingidos pelo som proveniente das rodovias externas, apresentou ótimos resultados. Apresenta-se uma redução máxima de até 10 dB(A) nos pontos próximos a barreira. Considerando que o único material na composição da barreira acústica simulada era o concreto, a tendência é de que adicionando uma camada de outro material com maior absorção ou reflexão seja possível obter resultados ainda melhores.

Diante disso, apesar dos resultados não apresentarem valores que se enquadre na legislação, o objetivo do trabalho foi alcançado, onde mostra que a metodologia utilizada é satisfatória para avaliação dos níveis sonoros mesmo em tempo de pandemia e com todas as medidas tomadas durante esse acontecimento.

As medições em campo são de suma importância para essa avaliação, pois são elas que vão fornecer os dados quantitativos para posteriormente por meio de *software* fazer as avaliações conforme a legislação vigente e comparar com períodos diferentes, como por exemplo, nesse estudo, que foi realizado durante a pandemia do Covid-19.

Durante a pesquisa, também é possível concluir que uma medida mitigatória apenas não é o suficiente para minimizar o impacto ambiental negativo da poluição sonora na área de estudo. O ideal seria um conjunto de medidas, começando com as de menor custo como a conscientização da importância em reduzir a frota de veículos e incentivo ao uso de meios de transportes alternativos, transporte público e inclusive aplicativos de carona.

Como recomendações para pesquisas futuras, sugere-se estudos comparando os cenários antes, durante e pós pandemia, e utilizando outras medidas mais sofisticadas que também podem ser aplicadas, como a substituição do asfalto, por um com maior absorção sonora, o que reduziria a geração do ruído no contato entre o pneu e a superfície, e também a construção de barreiras acústicas nas laterais das rodovias.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARILLA R. S. D. **Estudo de Barreira Acústica no Controle de Ruído Em Um Câmpus Universitário Curitiba**. 2019.

AMORIM L. D. **Ruído Urbano e Efeitos Não Auditivos na Saúde da População**: Revisão De Literatura Florianópolis 2014.

AMORIM, A. E. B.; DURANTE, L. C.; VILELA, Jhonatha Correia; CALLEJAS, Ivan Julio Apolônio. **Previsão do ruído ambiental urbano devido à implantação do Modal Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) por meio de simulação computacional**. Interações (Campo Grande), [S.L.], p. 81-97, 21 set. 2017. Universidade Católica Dom Bosco.

AMUNDSEN, A. H., KLAEBØE, R. **A Nordic perspective on noise reduction source**. Institute of Transport Economics – Noruega, 2005.

ANDRADE, ERIK DE LIMA; LIMA, Eligelcy Augusta de; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. COVID-19 e o ruído ambiental: influência da pandemia nos níveis de pressão sonora externa de um hospital público. **IV SiBOGU - Simpósio Brasileiro Online de Gestão Urbana**, [S. l.], p. 278 - 283, 27 nov. 2020.

ANJELO, K. L. H. **Avaliação do Ruído e Seus Efeitos em Professores e Alunos de Academias de Ginástica**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Enfermagem), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ANSAY, S. S. **Análise do Ruído Urbano no Campus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Paraná, 2013.

APARICIO-RAMON DV, Suarez-Varela MMM, Garcia AG, Gonzales AL, Ruano L, Sanchez AM, Caraco EF (1993) **Incômodo subjetivo causado por ruído ambiental**. Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology 12 (4): 237-243.

ARAÚJO M.. **Technica - Acústica Profissional**. Assessoria Técnica, 2019. Disponível em: < <https://assessoriatecnica.com.br/news/as-fontes-sonoras/> L>. Acesso em: 08 de Maio de 2021.

ASENSIO, C. et al. **A Taxonomy Proposal for the Assessment of the Changes in Soundscape Resulting from the COVID19 Lockdown**. Int. J. Environ. Res. Public Health, v. 17, p. 1-9, 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR- 10152: **Níveis de Ruído Para Conforto Acústico**. ABNT. 1987.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.151: **Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro, 2019.

ASTETE, M.W.; GIAMPAOLI, E.; ZIDAM. L. N. **Riscos Físicos**. São Paulo. Fundacentro. 1995.

AZEVEDO, Alberto Vieira. **Avaliação e Controle do Ruído Industrial. Manuais da Confederação Nacional da Indústria**. Rio de Janeiro, 1984.

BASNER, M., BABISCH, W., DAVIS, A., BRINK, M., CLARK, C., JANSSEN, S. **Auditory and non-auditory effects of noise on health**. *The Lancet*, v. 383, n. 9925, p.1325-1332, 2014.

BELOJEVIC, G.; JACOVLEVIC, B.; ALESKSC, O. **Subjective Reaction for Traffic Noisewith Regard to some Personality Traits**. *Environmental International, Yugoslavia*, v. 23, n. 2,p. 221-226, 1997.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. **Guidelines for community noise**. Geneva: World Health Organization: Protection of the Human Environment, 1999.

BIES, D. A.; HANSEN, C. H. **Engineering Noise Control: Theory and Practice**. Third ed. New York: Spon Press – Taylor & Francis Group, 4 p., 2003.

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

BIES, D. A.; HANSEN, C. H.; HOWARD, C. Q. **Engineering Noise Control**. 5th Edition. Taylor & Francis, Boca Raton, Florida, 855 p., 2018.

BISTAFA, S. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Bugher, 2006.

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

BESS, F. H.; HUMES, L.E. **Fundamentos de Audiologia**. 2ª ed. Porto Alegre: Atmed, 1998

BRESSANI, A. et al. **Legislação Ambiental aplicável à poluição sonora urbana: um estudo das normas e diretrizes disciplinares**. *Holos Environment*, v. 8, n. 3, p. 132-148, 2008. Disponível em: Acesso em: 09 de out. 2014.

BRUEL & KJAER. **Urban Noise Planning and Mapping**. 2017. Disponível em: < <https://www.bksv.com/en/Applications/environment-noise-and-vibration/urban-noiseplanning-and-mapping> >.

BOFF, Luciana B. **Medição de Potência Acústica de Fontes Sonoras Através dos Métodos da Pressão e da Intensidade**. 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

BRITO, Luiz Antônio Perrone Ferreira de. “**A utilização de mapas acústicos como ferramenta de identificação do excesso de ruído em áreas urbanas**”. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 22, no 6, agosto de 2017, p. 1095–107. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017152589>.

CALIXTO, A. “**Apostila de Conceitos fundamentais: Vibração, Som e Luz**.” 2013.

CHAKRABARTY, D., SANTRA, S. C., MUKHERJEE, A., ROY, B.; DAS, P. Status of road traffic noise in Calcutta metropolis, India. **The Journal Of The Acoustical Society Of America**, v. 101, n. 2, p.943-949, 1997.

COELHO, J. L. B., VALADAS, B., GUEDES, M. **Ruído ambiente em Portugal**. *Revista Acústica e Vibrações*, n. 18, p. 17-32, 1996.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Lei nº 10.625/02: Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem-estar e do sossego público, revoga**

as Leis 8583 de 02 de janeiro de 1995, 8726 de 19 de dezembro de 1996, 9142 de 18 de setembro de 1997, e dá outras providências. Diário Oficial do Município, Curitiba, PR, 19 dez 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 002, de 08 de março de 1990, dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – SILÊNCIO.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 001, de 01 de fevereiro de 1993, dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores nacionais e importados, excetuando-se motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 002, de 01 de fevereiro de 1993, dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores nacionais e importados, excetuando-se motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 006, de 31 de agosto de 1993, Estabelece prazo para os fabricantes e empresas de importação de veículos automotores disporem de procedimentos e infraestrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral, das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, dos sistemas de alimentação de combustível, de ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e, sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 17, de 13 de dezembro de 1995, dispõe sobre os limites máximos de ruído para veículos de passageiros ou modificados.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 230, de 26 de agosto de 1998, proíbe o uso de equipamentos que possam reduzir a eficácia do controle de emissão de ruído e poluentes.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 268, de 11 de dezembro de 2000, estabelece método alternativo para monitoramento de ruído de motociclo.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 272, de 14 de setembro de 2000, dispõe sobre os limites máximos de ruído com os veículos em aceleração.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 418, de 25 de novembro de 2009, dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 433, de 13 de julho de 2011, Dispõe sobre a inclusão no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores PROCONVE e estabelece limites máximos de emissão de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas.** Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

BRASILEIRO, Tamáris da Costa. **Mapeamento sonoro: estudo do ruído urbano no bairro Castelo Branco, em João Pessoa-PB.** 2017. 174f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia de avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004

DINIZ, F. B. **Impacto Ambiental Sonoro Gerado por Subestações de Energia Elétrica na Cidade de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Paraná, 136 p. 2003.

EMMANUEL VITOR VIEIRA NERES **Análise do nível de poluição sonora do tráfego rodoviário no Distrito Federal Brasília – DF** 2019.

ENGEL, M. S. **Caracterização da Poluição Sonora, através de medições e mapeamentos sonoros e entrevistas de percepção sonora na Linha Verde em Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, 2012.

ENGEL, M. S.; SEGUNDO, E. H. V.; ZANNIN, P. H. T. **Statistical analysis of a combination of objective and subjective environmental noise data using factor analysis and multinomial logistic regression**. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. Vol. 28. Pp 393-399. 2014.

EVEREST, F.A., **The Master Handbook of Acoustics – Fourth Edition**, McGraw-Hill, New York, 2001.

EVEREST, F. A.; POHLMANN, K. C. **Master HandBookf of Acoustics**, 5 ed. McGrawHill, 2009.

ESTEVAM G. D. **Poluição Sonora e Seus Efeitos na Saúde Humana: Estudo da Região Metropolitana de Campinas** Scholes, janeiro de 2013

FANTINI NETO. R. **Higiene do Trabalho – Agentes Físicos**. Apostila de Especialização. UTFPR. Curitiba. 2017

FIEDLER, P. E. K. **Poluição sonora nos eixos estruturais de transporte da cidade de Curitiba – PR. 2013**. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FIEDLER, P. E. K.; ZANNIN, P. H. T.; **Evaluation of Noise Pollution in urban traffic hubs – noise maps and measurements**. Environmental Impact Assessment Review. 2015a

FIEDLER, P. E. K.; ZANNIN, P.H. T. **Noise mapping as a tool for urban planning.** *Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol 74. Pp 114-116. 2015b.

FIEDLER, P. E. K.; BUNN, F.; ZANNIN, P. H. T. **Pre-environmental study for the implementation of a new road system – a case study in Curitiba, Brazil.** DAGA 2012 – Darmstadt.,

GERGES, S. N.Y. **Ruído: Fundamentos e Controle, 2ª Edição.**, Imprensa Universitária – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

GOZALO, G. R.; MORILLAS, J. M. B.; GONZÁLEZ, D. M.; MORAGA, P. A. Relationships among satisfaction, noise perception, and use of urban green spaces. *Science of the total environment*, v. 624, p. 438-450, 2018.

GONÇALVES T. A. **Avaliação e Proposição de Medidas Atenuadoras dos Níveis Sonoros de Uma Indústria Metalomecânica Através de Mapas Acústicos Curitiba 2019**

GUEDES, I. C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE).** 2005. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GUEDES, I. C. M., BERTOLI, S. R.; ZANNIN, P. H. T. **Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju, Brazil.** *Science of the Total Environment*, v. 412–413, p. 66–76, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.018>

GUEDES, I. C. M.; KOHLER, R.; CARVALHO, R. M. **Estudo de impacto do ruído de tráfego veicular em Aracaju (SE) – Brasil.** In: XXIV ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, Campinas, 2014. Anais... Campinas: SOBRAC, 2014. p. 26 – 33.

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

HARRIS, C. M. **Noise Control in Buildings. A Practical Guide for Architects and Engineers.** McGraw-Hill, Inc., 1993.

GOSWAMI, S.; NAYAK, S. K.; PRADHAN, A. C.; DEY, S. K. **A study on traffic noise of two campuses of University, Balasore, India.** *Journal of Environmental Biology*, v. 32, p. 105-109, 2011.

HARRIS, C. M. **Handbook of acoustical measurements and noise control.** USA: Acoustical Society of America, 1998.

HASSAL, J. R.; ZAVERI.; **Acoustic Noise Measurement.** 4 ed. Dinamarca: Bruel & Kjaer Magazine. 1979.

HOBAN C., TSUNOKAWA K. **Roads and the environment : a handbook** /**Edited by Christopher Hoban and Koji Tsunokawa.** (World Bank technical paper ; no. 376) (1997).

IBGE 2021. **Infográficos: Frota municipal de veículos.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/pesquisa/22/28120>>. Acesso em: 12de julho de 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARTIZATION – ISO. **ISO 3744: Acoustics – Determinations of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane.** Geneva, 1994.

KATALIN, A. Studying noise measurement and analysis. **Procedia Manufacturing**, v. 22, p.533-538, 2018.

KINSLER, L. E.; FREY, A.R.; COPPENS A.B.; SANDERS J.V. **Fundamentals of Acoustic**, 3ª ed., USA, 1982.

LAM, K. C.; CHAN, P. K.; CHAN, T. C.; AU, W. H.; HUI, W. C. **Annoyance response to mixed transportation noise in Hong Kong.** *Applied Acoustics*, v. 70, n. 1, p.1-10, 2009.

LEE, S.; CHANG, S. I.; PARK, Y. **Utilizing Noise Mapping for Environmental Impact Accessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea.** *Applied Acoustic*, v.69, p.704-714, 2008.

LICITRA, G. **Noise Mapping in the EU.** 1 ed. New York: Taylor and Francis Group, 2013.

LORO, C. L. P. **Avaliação Acústica de Salas de Aula – padrão 023 – do estado do Paraná – estudo de caso**. Curitiba, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – PGCC, Universidade Federal do Paraná, 2003.

LUBMAN, D., SUTHERLAND, L. C. **Good Classroom Acoustics is a Good Investment**. 17th ICA, Roma, Itália.

MAIA, M. A. L. **Contribuição ao mapeamento do ruído urbano na cidade de Porto Alegre – RS. 2003**. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MARCELO, C. B. Sons e Formas: As barreiras acústicas na atenuação do ruído na cidade. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2006.

MARDONES, M. D. M. **Mapeamento dos níveis de ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, através de simulação computacional**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MATEUS D. Acústica de Edifícios e Controle de Ruído. Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2008.

MEHRAVARAN, H.; ZABANI, S.; NABI, B. R.; GHOUSI, R.; KESHAVARZISHIRAZ, H. **Noise Pollution Evaluation Metho for Identification of the Critical Zones in Teheran**. International Journal of Environmental Research, 5: 233-240. 2011.

MORAES, E; LARA, L.; TOGUCHI, L.; PINTO, A. 2003. **Mapa de ruídos da Zona Comercial de Belém, uma parcela do mapa de ruídos da cidade de Belém, Brasil**. TecniAcustica, Bilbao 2003.
<http://www.seaacustica.es/Bilbao03/aam022.pdf>.

Marconi, M. A. & Lakatos, E. M. (2010). **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas.

MILANEZ, M. L. **Análise do Impacto Ambiental Sonoro Com a Implantação do Trecho Norte da Linha Verde em Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MIOT, Hélio Amante. **Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais**. Vasc Bras. 2017 Apr.-Jun.; 16(2):88-91

MOTA, Suetônio. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Universidade Federal do Ceará: Proedi, 1981.

MOTTA, M. A. **O sentido da audição**. In: MENEZES, P. L.; NETO, S. C.

MOTTA, M. A. Biofísica da audição. São Paulo: Editora Lovise, 2005.

MUNZEL, T., GORI, T., BABISCH, W., BASNER, M. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. **European Heart Journal**, v. 35, n. 13, p.829-836, 2014.

MUNZEL, T., SCHMIDT, F.P., STEVEN, S., HERZOG, J., DAIBER, A., SORENSEN, M. Environmental Noise and the Cardiovascular System. **Journal Of The American College Of Cardiology**, v. 71, n. 6, p.688-697, 2018.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 2004. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NARDI, A. S. L. V. **Mapeamento sonoro em ambiente urbano. Estudo de caso: área central de Florianópolis**. 2008. 162f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

NEPOMUCENO, L. A. **Elementos de acústica física e psicoacústica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

NIEMEYER, M. L. A. Ruído Urbano e Arquitetura em Clima Tropical- Úmido. Dissertação (Mestrado). FAU, UFRJ, Rio de Janeiro. O GLOBO, (2006). Edição de 25 ago. 2006.

Norman G, Streiner D, editores. **Biostatistics: the bare essentials**. 3. ed. Hamilton: B.C. Decker; 2014.

OLIVEIRA, P. L., OITICICA, M. L. G. R., LIMA, I. M., BEZERRA, R. B. Ouvindo a fé: Descrição da paisagem sonora do Village Campestre, em Maceió, Brasil. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 17080-17092 sep. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Burden of disease from environmental noise**. Quantification of healthy life years lost in Europe, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, 2011.

PAIVA K. M.; CARDOSO, M. R. A.; RODRIGUES R. M. G. C. **Noise pollution and annoyance: An urban soundscapes study**. *Noise & Health*, v. 17, p. 125, 2015.

PEAT J, Barton B. *Medical Statistics: Um guia para análise de dados e avaliação crítica*. Blackwell Publishing; 2005.

PINTO, Fernando A. N. C.; MORENO, Maysa D. **Mapa de ruído de barrios densamente poblados: Ejemplo de Copacabana, Rio de Janeiro – Brasil**. VI Congresso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, 2008.

PINTO, F. A. C.; MARDONES, M. D. M. **Noise Mapping of densely populated Neighbourhood – example of Copacabana Rio de Janeiro – Brazil** *Environ Monit Assess*, 155 (2009), páginas 309-318.

PONZETTO, Gilberto. **Mapa de Riscos Ambientais: manual prático**. São Paulo: LTR, 2002.

RAJA, R.; RAJASEKARAN, V.; SRIRAMAN, G. Non-auditory Effects of Noise Pollution on Health: A Perspective. *Indian Journal Of Otolaryngology And Head & Neck Surgery*, p.1-2, 2019.

RIBAS, A. **Reflexões sobre o ambiente sonoro na cidade de Curitiba: a percepção do ruído urbano e seus efeitos sobre a qualidade de vida de moradores dos setores especiais estruturais**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Federal do Paraná, 219p, 2007.

RUSSO, I. C. P.; LOPES, L. Q.; BRUNETTO-BORGANNI, L. M. **Noções de Acústica e Psicoacústica**. In: SANTOS-MOMENSOHN, T. M.; RUSSO, I. C. P. *Prática da Audiologia Clínica*. 8ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

RUSSO, I. P.C. **Noções gerais de acústica e psicoacústica.** In: **NUDELMANN, A. A. et. al. (Orgs).** PAIR – Perda auditiva induzida pelo ruído. Porto Alegre: Bagagem Comunicação, 1997.

RUSSO, I. P. C. **Acústica e Psicoacústica aplicadas à Fonoaudiologia.** 2ª ed. São Paulo: Editora Lovise, 1999.

SALIBA, T. M. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional.** 1ª Edição. São Paulo: Editora LTR, 2004.

SANTOS, L. C; VALADO, F. **O mapa de ruído municipal como ferramenta de planejamento.** In: Acustica, Guimarães, 2004. Anais ... Guimarães: Universidade do Minho, 2004. p. 1-8. Disponível em: <http://www.sea-acustica.es/Guimaraes04/ID162.pdf>. Acesso em: 30 out. 2014.

SANCHO, V. Mestre; SENCHERMES, A. Garcia. **Curso de ACUSTICA.** Colégio Oficial de Arquitectos de Madrid: Madrid, 1983.

SPINELLE, R.; POSSEBEM, J.; BREVIGLIERO, E. **Higiene Ocupacional: agentes biológicos, químicos e físicos.** São Paulo: Senac, 2006.

SCHITTINI, G.K. **Avaliação objetiva e subjetiva do ruído ambiental do campus politécnico da UFPR.** Curitiba, 2020.

SOARES, P. D. **Avaliação da Poluição Sonora Ambiental na Cidade de Curitiba – Avenida Vereador Toaldo Tulio e Avenida Manoel Ribas.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Paraná, 2013.

SOARES, P.; ZANNIN, P. H. T.; RIBEIRO, R.; SANTOS, G.; CONSTANTINI, A. **Análise Espectral do Ruído no Entorno do Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.** Raega – O Espaço Geográfico em Análise; V. 32. 2014.

SOUZA FILHO, J. J. **Avaliação do ruído urbano na cidade de Campo Grande/MS.** 2012. 138f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Centro de ciências exatas e tecnologias Ambientais na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.

SOUZA, R. B. E. **O som nosso de cada dia: uma análise do comportamento da acústica urbana a partir de modificações na forma urbana.** 2010. 141f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SZEREMETA, B. **Avaliação e Percepção da Paisagem Sonora de Parques Públicos de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Paraná, 91 p. 2007.

SU, W.; KANG, J.; JIN, H. **Acoustic Environment of University Campuses in China**. *ACTA – Acustica United With Acustica*, v. 99, p. 410-420, 2013.

TSAY, K.; LIN, M., CHEN, Y., **Noise Mapping in Urban Environments: A Taiwan study**, *Applied Acoustics*, Volume 70, Issue 7, July 2009, Pages 964-972.

TZIVIAN, L.; JAKISCH, M.; WINKLER, A.; WEIMAR, C.; HENNIG, F.; SUGIRI, D.; SOPPA, V. J.; DRAGANO, N.; ERBEL, R.; JÖCKEL, K.H.; MOEBUS, S. Associations of long-term exposure to air pollution and road traffic noise with cognitive function - An analysis of effect measure modification. **Environment International**, v. 103, p.30-38, 2017.

VENTURI, K. K. **Qualidade do cuidado em uti: relação entre o dimensionamento de pessoal de enfermagem e eventos adversos**. 175 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

VIEIRA, T. J. **Avaliação da poluição sonora nos campi centro politécnico e jardim botânico através de medições e mapas de ruído**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

WANG, B.; KANG, J. **Effects of Urban Morphology on the Traffic Noise Distribution Through Noise Mapping: A comparative study between UK and China**. *Applied Acoustics*, Volume 72, Issue 8, July 2011, Pages 556-568.

Wawa, EA e Mulaku, GC (2015). **Mapeamento de poluição sonora usando GIS em Nairobi, Quênia**. *Journal of Geographic Information System*, 7, 486–493. <https://doi.org/10.4236/igis.2015.75039>.

WHO Coronavirus (COVID-19) painel. **Situação por país, território e área.** 2021. Disponível em: <https://covid19.who.int/table>. Acessado em 19 de julho de 2021.

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

ZAMBRANO-MONSERRATE, M. A. et al. **Indirect effects of COVID-19 on the Environment.** Science of the Total Environment, v. 728, p. 138813, 2020

ZANNIN, P. H. T.; FERRAZ, F. **Assessment of Indoor and Outdoor Noise Pollution at a University Hospital Based on Acoustic Measurements and Noise Mapping.** Open Journal of Acoustics, v. 6, p. 71-85, 2016.

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, 2003.** Environmental Impact Assessment Review 2003; 23: 245-255.

ZANNIN, P. H. T.; ENGEL, M. S.E.; FIEDLER, P. E. K.; BUNN, F. **Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil.** Cities. Vol 31. Pg 317- 327. 2013b.

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, p.479 – 486, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.09.014>.

ZEYNEP D., NEŞE A.. **Noise disturbance caused by outdoor activities— a simulated-environment study for Ali Sami Yen Stadium, İstanbul.** Environmental monitoring and assessment. Volume 174, Numbers 1-4 (2011), 347-360.

ZANNIN, P. H. T.; ZWIRTES, D. P. Z. **Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools.** Applied Acoustics, v. 70, n. 4, p.626-635, 2009.