



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**Ernando Soares Araújo**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL GERADO PELO TRÁFEGO DE VEÍCULOS NO TRÂNSITO DO SETOR LESTE UNIVERSITÁRIO, EM GOIÂNIA/GO, BRASIL.**

**Goiânia/GO**

**2021**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**Ernando Soares Araújo**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL GERADO PELO TRÁFEGO DE VEÍCULOS NO  
TRÂNSITO DO SETOR LESTE UNIVERSITÁRIO, EM GOIÂNIA/GO, BRASIL.**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Nonato de Oliveira

**Goiânia/GO**

**2021**

A663a Araújo, Ernando Soares.

Avaliação do ruído ambiental gerado pelo tráfego de veículos no trânsito do Setor Leste Universitário, em Goiânia/GO, Brasil / Ernando Soares Araújo. – Goiânia : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2021.

117f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Nonato de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia.

Contém apêndices e anexos.

1. Poluição sonora. 2. Controle de ruído. 3. Educação ambiental. I. Oliveira, Lucas Nonato (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. III. Título.

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO  
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: ERNANDO SOARES ARAÚJO

Matrícula: 20172011140065

Título do Trabalho: Avaliação do ruído ambiental gerado pelo tráfego de veículos no trânsito do Setor Leste Universitário, em Goiânia/GO, Brasil.

**Autorização - Marque uma das opções**

- Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ (Embargo);
- Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- O documento está sujeito a registro de patente.  
 O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.  
 Outra justificativa: \_\_\_\_\_

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 30 de setembro de 2021.

  
\_\_\_\_\_  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



**INSTITUTO FEDERAL**  
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
CÂMPUS GOIÂNIA

**PARECER 18/2021 - GYN-CMTPS/GYN-DPPGE/CP-GOIANIA/IFG**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
IFG CÂMPUS GOIÂNIA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

ERNANDO SOARES ARAÚJO

**AValiação DO RuÍDO AMBIENTAL GERADO PELO TRÁFEGO DE VEÍCULOS NO TRÂNSITO DO SETOR LESTE  
UNIVERSITÁRIO, EM GOIÂNIA/GO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Sustentáveis do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.  
Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais.

Aprovada em: 29/09/2021

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Lucas Nonato de Oliveira – PPGTPS IFG

Avaliador: Prof. Dr. Fernando Schmidt – PPGTPS IFG

Avaliadora Externa: Prof.ª Dr.ª Renata Medici Frayne Cuba – UFG - Escola de Engenharia Civil e Ambiental

Avaliador Externo: Prof. Dr. Gabriel Tenaglia Carneiro – Escritório de Prioridades Estratégicas - Goiânia

Suplente: Prof. Dr. Joachim Werner Zang – PPGTPS IFG

Documento assinado eletronicamente por:

- Gabriel Tenaglia Carneiro, GABRIEL TENAGLIA CARNEIRO - OUTROS - IFG - CÂMPUS GOIÂNIA (10870883000225), em 04/10/2021 19:05:09.
- Fernando Schmidt, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/10/2021 16:22:23.
- Lucas Nonato de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/09/2021 10:28:33.
- Renata Medici Frayne Cuba, RENATA MEDICI FRAYNE CUBA - DOCENTE - UFG (01567601000143), em 30/09/2021 10:43:31.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/09/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 203977

Código de Autenticação: 416c98b280



**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás**

Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110

(62) 3227-2811 (ramal: 2811)

## **DEDICATÓRIA**

À minha família, que sempre está ao meu lado com o apoio e incentivo necessário para superar as barreiras da vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, inteligência suprema e causa primeira de todas as coisas.

Aos meus pais José Ribamar "Seu Riba", Marta Soares "Dute" (*in memoriam*) e minha avó Laura Hordones "Tinha" (*in memoriam*), que dedicaram suas vidas para educar e formar, para a vida, os seus filhos.

Aos meus irmãos camaradas: Neide, Luciene e Fernando, por todo amor, apoio e incentivo durante essa jornada.

A todos os meus professores, desde os passos na escola pública (Colégio Estadual Gomes de Souza Ramos e Escola Municipal Clóvis Guerra, em Anápolis/GO) até as graduações e pós-graduações. A menção de todos aqui é um pouco difícil, mais saibam que me lembro de cada um de vocês.

Ao Prof. Lucas, que sempre apoiou e incentivou a realização deste estudo, mesmo nos momentos mais complicados.

Aos professores da Banca Examinadora, pelas recomendações e disposição de sempre.

Aos colegas de jornadas, professores e servidores do Instituto Federal de Goiás.

Ao Instituto Federal de Goiás, pela oportunidade de realizar esta pesquisa e contribuir com o desenvolvimento sustentável de nossa região.

Felicidade não faz barulho (Kamila Behling).



## RESUMO

ARAÚJO, Ernando Soares. AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL GERADO PELO TRÁFEGO DE VEÍCULOS NO TRÂNSITO DO SETOR LESTE UNIVERSITÁRIO, EM GOIÂNIA/GO, BRASIL. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Sustentáveis. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2021.

A poluição sonora é, atualmente, uma das principais formas de degradação do ambiente urbano, capaz de provocar diversos efeitos nocivos à saúde humana. Dentre esses efeitos, cita-se: estresse, irritabilidade, agravamento de doenças cardiovasculares, distúrbios do sono, perdas auditivas e sensações de depressão e fadiga. Uma das principais fontes de ruído ambiental nas cidades é o tráfego veicular. Assim sendo, este estudo teve por objetivo avaliar os níveis de pressão sonora no trânsito de uma região no Setor Leste Universitário, em Goiânia/GO, com a elaboração do mapa acústico e projeção de cenários para a região abordada na pesquisa. As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas em 2018, conforme as diretrizes definidas pela Norma Técnica ABNT NBR 10151:2000. Os resultados indicaram que, na maior parte da área de estudo, os níveis de pressão sonora estão acima dos limites máximos permitidos pela legislação. Diante deste cenário, com a aplicação da técnica de planejamento fatorial, ficou evidenciado que o fator de maior influência no ruído de origem veicular foi a potência de emissão sonora por veículo. A partir desta evidência, foram projetados dois cenários: o primeiro, com a elevação das emissões sonoras por veículo, e o segundo, com a redução dessas emissões. Em comparação com os níveis de poluição sonora obtidos em 2018, verificou-se que no primeiro cenário ocorre uma degradação generalizada da qualidade acústica da área de estudo. Já no segundo cenário, que considera a redução das emissões sonoras por veículo, observou-se uma melhora da qualidade sonora em todos locais de região de análise. Desta forma, propõe-se a adoção de uma política pública que seja efetiva para promover a redução das potências sonoras veiculares individuais. Dentre estas políticas, destaca-se a implementação do Programa de Inspeção e Manutenção dos Veículos em Uso, estabelecido pela Resolução nº 418/2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como estratégia para diminuir os níveis de poluição veicular nas áreas urbanas e contribuir para o desenvolvimento sustentável e o bem-estar da população.

**PALAVRAS-CHAVE:** POLUIÇÃO, MODELAGEM, MONITORAMENTO AMBIENTAL, MAPEAMENTO ACÚSTICO.

## ***ABSTRACT***

ARAUJO, Ernando Soares. EVALUATION OF ENVIRONMENTAL NOISE GENERATED BY VEHICLE TRAFFIC IN TRAFFIC IN THE EAST UNIVERSITY SECTOR IN GOIÂNIA/GO, BRAZIL. Dissertation (Master in Sustainable Process Technology) - Postgraduate Program in Sustainable Process Technology, Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás, Goiânia, 2021.

Noise pollution is currently one of the main forms of degradation of the urban environment, capable of causing several harmful effects to human health. Among these effects are: stress, irritability, worsening of cardiovascular diseases, sleep disorders, hearing loss and feelings of depression and fatigue. One of the main sources of environmental noise in cities is vehicular traffic. Therefore, this study aimed to evaluate the sound pressure levels in traffic in a region in the East University Sector, in Goiânia/GO, with the elaboration of an acoustic map and projection of scenarios for the region covered in the research. The measurements of sound pressure levels were carried out in 2018, according to the guidelines defined by the Technical Standard ABNT NBR 10151:2000. The results indicated that, in most of the study area, sound pressure levels are above the maximum limits allowed by legislation. Given this scenario, with the application of the factorial planning technique, it was evident that the factor with the greatest influence on vehicular noise was the sound emission power per vehicle. Based on this evidence, two scenarios were projected: the first with an increase in noise emissions per vehicle and the second with a reduction in these emissions. In comparison with the levels of noise pollution obtained in 2018, it was found that in the first scenario there is a generalized degradation of the acoustic quality of the study area. In the second scenario, which considers the reduction of noise emissions per vehicle, an improvement in sound quality was observed in all locations in the region under analysis. Therefore, it is proposed to adopt a public policy that is effective in promoting the reduction of individual vehicular sound power. Among these policies, there is the Inspection and Maintenance Program for Vehicles in Use, established by Resolution No. 418/2009, of the National Council for the Environment (CONAMA), as a strategy to reduce vehicular pollution levels in urban areas and contribute to development sustainable development and the well-being of the population.

**KEYWORDS:** POLLUTION, MODELING, ENVIRONMENTAL MONITORING, ACOUSTIC MAPPING.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas características de ponderação dos filtros: A, B, C e D.....	24
Figura 2 - Comparação dos limites máximos de ruído permitidos pelas Leis Complementares 014/1992 e 318/2019.....	30
Figura 3 - Diagrama com as principais normas legais relacionadas aos critérios de avaliação e limites de níveis de pressão sonora e hierarquização, considerados nas esferas federal, estadual e municipal (Goiânia).....	31
Figura 4 - Medidor de Nível de Pressão Sonora (Decibelímetro) utilizado nas medições.....	37
Figura 5 - Calibrador Acústico utilizado nesse trabalho para os procedimentos de verificação do Medidor de Nível de Pressão Sonora.....	38
Figura 6a- Esquema representativo da altura e distância mínima do decibelímetro considerada nesse trabalho, conforme norma NBR 10.151.....	39
Figura 6b- Medidor de Nível de Pressão Sonora instalado durante as medições de campo realizadas nesse trabalho.....	39
Figura 7 - Delimitação geográfica da área de estudo.....	47
Figura 8 - Sistema viário da área de trabalho, no Setor Leste Universitário, em Goiânia.....	48
Figura 9 - Classificação dos tipos de área na região de estudo, conforme Instrução Normativa 067/2020.....	49
Figura 10 - Distribuição da área ocupada pelas edificações na área de estudo, em %.....	50
Figura 11 - Mapa da área de estudo, com modelagem da tipologia das edificações presentes na área de estudo.....	51
Figura 12 - Sobreposição das edificações modeladas nas classes de áreas identificadas na região de estudo.....	52
Figura 13 - Pontos de medição de níveis de pressão sonora na área de trabalho.....	53
Figura 14 - Mapa dos níveis de pressão sonora equivalente determinados nos pontos de medição, em comparação com os limites adotados pela IN AMMA 67/2020.....	55
Figura 15 - Níveis de pressão sonora equivalente geral (LAeq geral) obtidos em estudos na cidade de Goiânia.....	57
Figura 16 - Mapa de ruído ambiental produzido por interpolação dos níveis de pressão sonora equivalente medidos, a partir da técnica de krigagem ordinária.....	58
Figura 17 - Mapa representativo do fluxo de motocicletas, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo.....	60
Figura 18 - Mapa representativo do fluxo de veículos leves, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo.....	60
Figura 19 - Mapa representativo do fluxo de veículos médios, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo.....	62
Figura 20 - Mapa representativo do fluxo nas vias exclusivamente destinadas a ônibus, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo.....	62
Figura 21 - Mapa da velocidade média de tráfego veicular nas vias da área de estudo.....	63

Figura 22 - Mapa das curvas de nível altimétricas da área de estudo.....	65
Figura 23 - Projeção no solo das altitudes da área de estudo.....	65
Figura 24 - Potências individuais de emissão sonora, por tipo de veículo, adotadas inicialmente no software iNoise <sup>®</sup> , conforme variação das frequências.....	66
Figura 25 - Gráfico de variação entre os valores de níveis de pressão sonora equivalente obtidos na modelagem inicial (sem ajustes) e os dados medidos em campo, na área de estudo.	67
Figura 26 - Efeitos dos fatores e de suas interações sobre o nível de pressão sonora geral (L <sub>Aeq</sub> geral) da área de estudo.....	69
Figura 27 - Curva de ajuste entre os pontos obtidos no planejamento fatorial (Measured) e os calculados por meio da Equação 11 (Predicted).....	70
Figura 28 - Gráfico do L <sub>Aeq</sub> geral (dB) em função da variação da potência emissão sonora veicular individual (%).....	71
Figura 29 - Gráfico da variação entre os níveis de pressão sonora equivalente medidos em campo e modelados pelo software iNoise <sup>®</sup> , após ajuste de 10 % nos níveis de potência sonora veicular utilizados na modelagem.....	72
Figura 30 - Gráfico das potências sonoras individuais ajustadas em +10% do valor inicial adotado, identificadas como mais adequadas para a área de trabalho pela modelagem realizada com o software iNoise <sup>®</sup> .....	74
Figura 31 - Potências sonoras veiculares individuais ajustadas para a área de trabalho, em comparação com os limiares de audição e de desconforto.....	74
Figura 32 - Gráfico dos efeitos provocados no L <sub>Aeq</sub> geral da área de estudo, em decorrência da variação na intensidade dos fatores de fluxo médio (Fluxo) e potência de emissão sonora veicular individual (Emissão).....	75
Figura 33 - Gráfico dos efeitos provocados no L <sub>Aeq</sub> geral da área de estudo, em decorrência da variação na intensidade dos fatores de velocidade média (Velocidade) e potência de emissão sonora veicular individual (Emissão).....	76
Figura 34 - Superfície de resposta de L <sub>Aeq</sub> geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências de emissão individuais de motocicletas e veículos leves, sem variação para os veículos tipo médio+pesados.....	78
Figura 35 - Superfície de resposta de L <sub>Aeq</sub> geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências de emissão individuais de motocicletas e veículos leves, sem variação para os veículos tipo médio+pesados.....	79
Figura 36 - Superfície de resposta de L <sub>Aeq</sub> geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências individuais de emissão de veículos leves e médios+pesados, sem variação para motocicletas.....	80
Figura 37 - Superfície de resposta de L <sub>Aeq</sub> geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências de emissão de veículos leves e motocicletas, fixando-se a redução em 20 % das potências individuais de emissão sonora dos veículos médio+pesados.....	81

Figura 38 - Cenário 1: diagnóstico inicial registrado para a área de trabalho, em 2018.....	82
Figura 39 - Cenário 2: elaborado a partir do aumento em 9 % das potências de emissão veicular individual, tendo por referência o diagnóstico inicial de 2018.....	83
Figura 40 - Cenário 3: elaborado a partir da redução em 27 % das potências de emissão veicular individual, tendo por referência o diagnóstico inicial de 2018.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites máximos aceitáveis de som e ruído estabelecido para o município de Goiânia, pela Lei Complementar nº 132/2004.....	30
Tabela 2 - Dados meteorológicos de Temperatura, Pressão e Umidade.....	64
Tabela 3 - Potência sonora de emissão veicular adotadas inicialmente no software <i>iNoise</i> <sup>®</sup> .....	66
Tabela 4 - Matriz do planejamento fatorial com respectivas variações aplicadas nas intensidades dos fatores analisados e o nível de pressão sonora equivalente (LAeq geral) modelado.....	68
Tabela 5 - Valores de potências de emissão sonora veicular ajustados para +10%, que se apresentaram mais adequados para aplicação na modelagem de propagação sonora veicular na área de estudo.....	73
Tabela 6 - Matriz de planejamento fatorial com os respectivos resultados de LAeq geral modelados a partir das variações de potência de emissão para cada tipo de veículo.....	77

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese de importantes Resoluções do CONAMA relacionadas ao tema de ruído	28
Quadro 2 - Correspondência entre os tipos de áreas definidos pela ABNT NBR 10.151 e a classificação adotada em Goiânia para aplicação dessa norma.....	48
Quadro 3 - Limites máximos permitidos para Goiânia, conforme IN nº 67/2020 a partir dos valores estabelecidos pela ABNT NBR 10.151:2000.....	54

## LISTA DE EQUAÇÕES

Eq. 1 - Nível de pressão sonora .....	22
Eq. 2 - Nível de pressão sonora equivalente LAeq.....	24
Eq. 3 - Nível de pressão sonora equivalente diária ( <i>Lday</i> ).....	25
Eq. 4 - Nível de potência sonora.....	25
Eq. 5 - Potência de emissão sonora do fluxo veicular.....	41
Eq. 6 - Potência sonora de propulsão emitida por motocicleta individual.....	41
Eq. 7 - Nível de pressão sonora obtido pelo método Krigagem no ponto $(x_o, y_o)$ .....	43
Eq. 8 - Função variograma.....	43
Eq. 9 - Função semi-variograma.....	44
Eq. 10 - Sistema de equações para determinação de ponderadores no método de krigagem.....	44
Eq. 11 - Nível de pressão sonora geral modelado pelo software iNoise para a área de estudo.	69
Eq. 12 - Função de modelagem da superfície de resposta, simplificada, para a área de estudo	71



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMMA – Agência Municipal do Meio Ambiente de Goiânia

CEMAM – Conselho Estadual do Meio Ambiente

CNOSSOS – Common Noise Assessment Methods in Europe

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

IEC – International Electrotechnical Commission

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

NBR – Norma Brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCPV – Plano de Controle de Poluição Veicular

PROCONVE – Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores

PUC-GO – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

UFG – Universidade Federal de Goiás

WHO – World Health Organization

## LISTA DE SÍMBOLOS

dB – decibel

h – hora

Hz – Hertz

K – kelvin

km – kilometros

kPa – kilopascal

LAeq – Nível de pressão sonora equivalente

LDay – Nível de pressão sonora equivalente, com ponderação em A para o período diário.

NPS – Nível de pressão sonora

NWS – Nível de potência sonora

W – watts

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1 Objetivo Geral.....	21
1.2 Objetivos Específicos.....	21
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>22</b>
2.1 Aspectos Técnicos.....	22
2.2 Aspectos Legais e Normativos.....	26
2.3 Estudos de avaliação de ruído proveniente do tráfego rodoviário veicular.....	31
<b>3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....</b>	<b>36</b>
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
3.2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo.....	46
3.2.2 Níveis de pressão sonora medidos na área de estudo.....	53
3.2.3 Modelagem dos níveis de poluição sonora gerados pelo trânsito rodoviário na área de estudo.....	57
<b>4. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>
APÊNDICE I - Diagrama de procedimento metodológico.....	94
APÊNDICE II: Formulário de registro de dados de campo.....	95
APÊNDICE III - Registro fotográfico.....	96
APÊNDICE IV - Dados de LAeq medidos em campo.....	98
APÊNDICE V - Dados de velocidade e fluxo médio de veículos.....	101
APÊNDICE VI - Dados de LAeq modelados pelo <i>software</i> iNoise®.....	104
APÊNDICE VII – Mapa acústico da área de estudo.....	111
ANEXO I = Certificado de Calibração do Calibrador Sonoro.....	113
ANEXO II - Certificado de Calibração do Decibelímetro.....	114

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo de alteração das características sociais e ambientais de uma paisagem, que ocorre em função da migração da população das zonas rurais para as áreas urbanas e promove o crescimento demográfico das cidades (LIMA et al., 2021). Apesar de diversas melhorias promovidas pelo aumento da urbanização dos municípios brasileiros, alguns problemas provocam prejuízos que degradam a integridade do ambiente urbano e, por consequência, a qualidade de vida da população. Dentre estes problemas, um dos que estão mais presentes nas cidades brasileiras é a poluição sonora (ALMEIDA et al., 2020).

Este tipo de degradação do ambiente urbano tem a capacidade de causar desconforto na população, sendo que valores acima dos limites considerados aceitáveis podem provocar efeitos adversos à saúde humana (BESSA et al., 2017). Dentre estes efeitos, muitos são considerados graves e podem abranger irritabilidade, estresse, distúrbios do sono e psicofisiológicos, hipertensão arterial, agravamento de doenças cardiovasculares, deficiência cognitiva em crianças (SANTOS et al., 2017; WHO, 2018), além de sensações gerais de depressão e fadiga (MENESES, 2020).

Desta forma, a Organização Mundial da Saúde (OMS) já considera a poluição sonora como o segundo maior fator de risco ambiental à saúde das pessoas, ficando atrás somente da contaminação do ar (WHO, 2018). Ainda segundo a OMS, cerca de 1,1 bilhão de pessoas em todo mundo correm risco de surdez devido aos impactos negativos da poluição gerada pelo ruído ambiental (MASUM, 2020).

A poluição sonora urbana pode ser gerada por diversas fontes, tais como o tráfego veicular, atividades de entretenimento e lazer, atos religiosos e outras ações semelhantes (BESSA et al., 2017). Dentre essas fontes, a que mais se destaca é o tráfego de veículos nas vias de trânsito das cidades devido, principalmente, à ausência ou inadequação da manutenção da frota em uso, às más condições das vias públicas e aos maus hábitos de condutores (VASCONCELOS et al., 2020). Neste sentido, estima-se que, de forma geral, os veículos rodoviários são responsáveis por 80 % do ruído ambiental no meio urbano (BIASI et al., 2018).

Como situação agravante, existe o fato de que muitas regiões que requerem menores níveis de ruído ambiental, tais como hospitais, escolas e áreas residenciais, encontram-se bem próximas a vias de trânsito com grande fluxo de veículos e de atividades potencialmente

poluidoras, como comércios, construções e empreendimentos industriais (VASCONCELOS, 2020).

Neste contexto, Goiânia, capital do estado de Goiás, apresenta problemas quanto aos níveis de poluição sonora, assim como as grandes metrópoles brasileiras (NUNES et al., 2017). A cidade, projetada inicialmente para 50.000 pessoas e, atualmente, com população estimada de 1,5 milhão de habitantes (IBGE, 2020), não teve, ao longo do tempo, ações planejadas para o seu desenvolvimento, sendo priorizado, muitas vezes o capital imobiliário em detrimento de investimentos sociais na estruturação dos espaços urbanos (SANTOS, 2019). Atualmente, o município é considerado um dos mais importantes do país, sendo um centro estratégico em diversas áreas, tais como: medicina, moda, indústria, entre outras (NUNES, 2017). Também destaca-se no município a atividade educacional, com diversos polos universitários presentes, com destaque para o Instituto Federal de Goiás (IFG), a Pontifícia Universidade Católica (PUC-GO) e a Universidade Federal de Goiás (UFG).

Em relação ao número de veículos, atualmente Goiânia está entre as cidades brasileiras com maior frota veicular. O município ocupa a 6ª posição no ranking das maiores frotas de carros, com 605.842 unidades, e 8º lugar em relação ao número de ônibus, com 6.713 veículos deste tipo (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS, 2018).

Uma das principais ferramentas que pode ser útil para o planejamento urbano comprometido com a promoção da qualidade sonora ambiental de uma região é o mapeamento acústico. O uso de mapas acústicos permite visualizar a distribuição do ruído em determinada região e identificar pontos críticos, abordando, simultaneamente, a localização de áreas mais sensíveis, como hospitais e escolas, além de permitir a criação de cenários futuros para a apoio a políticas públicas e tomada de decisões (VASCONCELOS et al., 2020).

O mapeamento acústico consiste na representação gráfica, espacialmente distribuída, com alto nível de eficiência para a avaliação de ruído em áreas urbanas, sendo uma das ferramentas mais modernas para contribuir com o planejamento urbano e mitigar os efeitos provocados pela poluição sonora (OYEDEPO, 2019).

Assim sendo, neste trabalho é avaliada a poluição sonora gerada pelo tráfego veicular em uma área de estudo no Setor Leste Universitário, em Goiânia. O Setor, localizado na região administrativa central da cidade, possui uma área de 3,28 km<sup>2</sup>, e sua população estimada em 2013, era de 21.175 habitantes, representando uma densidade demográfica de 6.456 hab.km<sup>-2</sup> (SEMDUS, 2013).. Esse local é considerado um centro de referência, principalmente, nas áreas de saúde e educação, não só a nível municipal, mas também a nível estadual e nacional, atraindo pessoas de diversos locais do país. Na área de estudo estão presentes diversas

faculdades da PUC-GO e da UFG, a sede do Hospital Araújo Jorge de Combate ao Câncer e do Hospital das Clínicas da UFG, importantes centros de saúde, além de zonas residenciais e comerciais, que promovem um fluxo maior de veículos na região.

Desta forma, o estudo das características acústicas da área analisada, decorrentes do fluxo veicular, é importante para analisar os ruídos gerados por essa fonte nas diversas zonas da região de estudo, como eles podem impactar os diferentes tipos de uso do solo existentes neste espaço, além de indicar possíveis ações de melhoria da qualidade sonora ambiental, dentro de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável e de promoção da qualidade de vida de toda a população presente nessa região.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar os níveis de pressão sonora provenientes do tráfego veicular rodoviário, em uma área de estudo inserida no Setor Leste Universitário, localizado na cidade de Goiânia/GO.

## **1.2 OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)**

- Caracterizar e delimitar a área de estudo;
- Executar medições dos níveis de pressão sonora provenientes do trânsito da área de estudo;
- Estimar o fluxo de veículos nas principais vias de tráfego da região em análise;
- Elaborar o mapa acústico da área de estudo a partir dos níveis de pressão sonora medidos em campo;
- Modelar a propagação dos níveis de ruído ambiental relacionado ao tráfego veicular, dentro da área de estudo;
- Avaliar os fatores relacionados ao tráfego veicular que apresentam maior efeito nos níveis de pressão sonora na área de estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos Técnicos

- **Som: definições e grandezas**

O som é definido como uma forma de energia emitida por corpos ou estruturas vibrantes, que se propaga em um meio específico, e que é capaz de ser percebida pelo sistema auditivo (SINGH et al., 2016). O som também pode ser considerado como uma variação na pressão ambiente que seja detectável pelo órgão de audição (BISTAFA, 2011).

Segundo Vesilind e Morgan (2013), o som puro, descrito como ondas de pressão que se propagam em um meio, pode ser definido através das propriedades de onda, como amplitude e frequência. Ainda conforme esses autores, a faixa de frequência do som, expressa em Hertz (Hz), que o ouvido humano é capaz de perceber, varia de aproximadamente 15 a 20.000 Hz.

Conforme Bistafa (2011), a principal grandeza para a avaliação do som é a pressão sonora, sendo o nível de pressão sonora a medida mais adequada para a quantificação de sua intensidade. De acordo com esse autor, a unidade de medição do nível de pressão sonora é o bel (B). Entretanto, utiliza-se, mais frequentemente, o seu submúltiplo decibel (dB), que corresponde a 0,1 bel. De acordo com Vesilind e Morgan (2013), a Equação 1 estabelece o nível de pressão sonora:

$$\text{NPS} = 10 \cdot \log \left( \frac{P^2}{P_{\text{ref}}^2} \right) \quad (1)$$

em que:

NPS: nível de pressão sonora, em decibel (dB);

P: pressão sonora medida, em newtons por metro quadrado (N.m<sup>-2</sup>);

P<sub>ref</sub>: pressão sonora de referência (N.m<sup>-2</sup>).

Normalmente, a pressão de referência adotada para o cálculo do nível de pressão sonora corresponde a  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N.m}^{-2}$ , que é considerado o valor mínimo, aproximado, que pode ser detectado pelo sistema auditivo humano (VESILIND e MORGAN, 2013).

De acordo com a norma brasileira NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000), a avaliação do ruído em regiões habitadas deve ser realizada por meio do nível de pressão sonora equivalente (Leq). Segundo Shalini e Kumar (2018), esse índice descreve, em um único valor, os diversos níveis de medições pontuais, de forma a abranger a mesma energia sonora detectada nesses, durante o tempo de amostragem utilizado.

Os medidores de nível de pressão sonora equivalente podem utilizar filtros ponderadores, que são instrumentos para ponderar o espectro sonoro, de forma a valorizar ou atenuar determinadas frequências, com o objetivo de aproximar a resposta obtida com a percepção do sistema auditivo humano. Essa ação é interessante pois o ouvido humano, normalmente, não é capaz de perceber as diversas frequências sonoras com o mesmo nível de detecção. Desta forma, as ponderações podem ser caracterizadas da seguinte forma (BISTAFA, 2011):

- Ponderação A: desvaloriza baixas frequências, aproximando a resposta do instrumento à percepção do sistema auditivo humano para níveis de pressão sonora moderados. É o tipo de ponderação mais utilizado na medição de ruídos;
- Ponderação B: desvaloriza sons de baixa frequência, porém, com menor intensidade que a ponderação A, sendo adequado para níveis medianos de pressão sonora. É raramente utilizado, não estando disponível na maioria dos instrumentos comerciais para a medição de níveis de pressão sonora;
- Ponderação C: aproxima-se de uma situação em que se tem, praticamente, a mesma consideração para toda a faixa de frequência sonora. É indicada para níveis altos de pressão sonora;
- Ponderação D: utilizada para a avaliação de sons decorrentes de sobrevoos de aeronaves, onde enfatiza-se sons de alta frequência.

A Figura 1 apresenta as curvas A, B, C e D, utilizadas para a ponderação de frequências sonoras (BESSA et al., 2017).



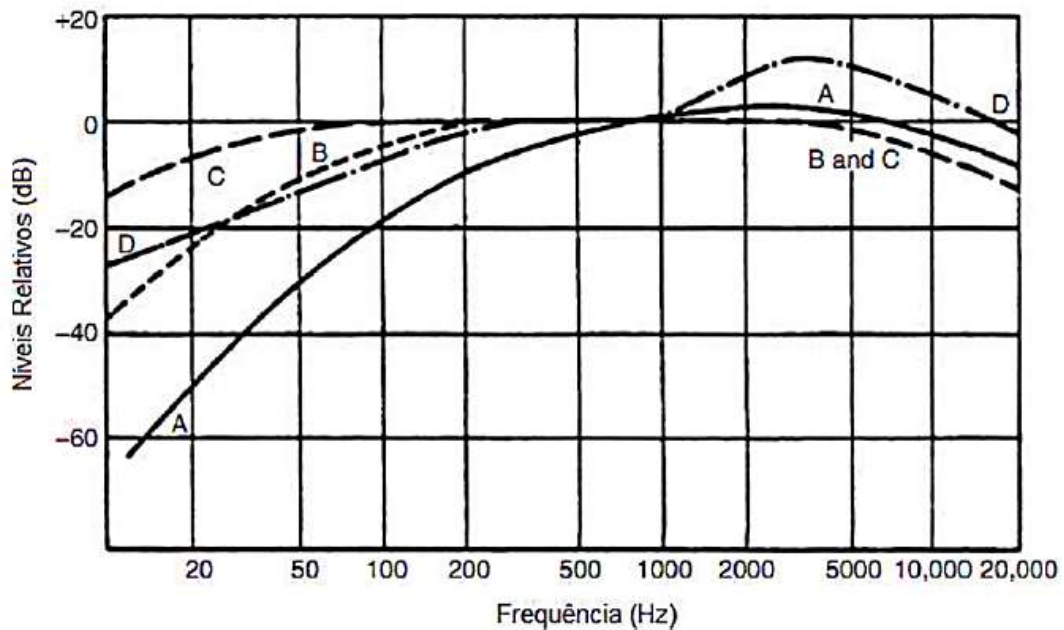


Figura 1 - Curvas características de ponderação dos filtros: A, B, C e D. O filtro A desvaloriza sons de baixa frequência, estando mais próximo da percepção do ouvido humano para sons moderados. O filtro B também desvaloriza baixas frequências, porém em menor intensidade, sendo pouco utilizado em medições de ruído. O filtro C apresenta uma resposta mais plana, considerando com maior isonomia as frequências sonoras e é adequado para a medição de níveis sonoros elevados. Já o filtro D enfatiza altas frequências, mais adequado para avaliação de ruído de tráfego aéreo (BESSA et al., 2017).

A Equação 2 apresenta o nível de pressão sonora equivalente (LAeq), conforme definido pela norma NBR 10.151/2000, que estabelece o uso da curva de ponderação A (ABNT, 2000).

$$LA_{eq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (2)$$

em que:

LAeq: nível de pressão sonora equivalente, com ponderação A (dB);

Li: nível de pressão sonora pontual, com ponderação A (dB);

n: número total de medidas.

Outro indicador, utilizado a nível internacional, principalmente na Europa, para avaliações de acústica no meio ambiente é o índice *Lday*. Segundo a Organização Mundial da Saúde, esse parâmetro indica a média dos níveis de pressão sonora equivalente, com ponderação A, tendo-se como referência temporal o período diário, durante o intervalo de 1 ano. Ou

seja, trata-se de um indicador relacionado à exposição de longo prazo ao ruído ambiental (WHO, 2018).

Conforme apresentado por Brink et al. (2018), o valor de  $L_{day}$  é definido por meio da Equação 3.

$$L_{Day} = 10 \log \frac{1}{12} \sum_{h=7}^{18} 10^{\frac{L_{Aeq,h}}{10}} \quad (3)$$

em que:

$L_{Day}$ : nível de pressão sonora equivalente, com ponderação A, para o período diário (das 07:00:00 às 18:59:00 h), no intervalo de 1 ano (dB);

$L_{Aeq,h}$ : média anual dos níveis de pressão sonora equivalente, para cada intervalo de 1 hora durante o período diário (dB).

- **Potência sonora veicular**

De acordo com Oliveira (2017), a potência sonora, expressa em watts (W), é definida como a energia acústica total emitida por uma fonte sonora, em uma determinada unidade de tempo. Neste sentido, Bistafa (2011) destaca que a potência sonora é uma propriedade intrínseca de cada fonte, que corresponde à quantidade de energia sonora emitida, a qual independe do meio ambiente em que se encontra esta fonte.

O nível de potência sonora de uma fonte emissora é definida, matematicamente, pela Equação 4 (OLIVEIRA, 2017).

$$NWS = 10 \cdot \log \left( \frac{W}{W_0} \right) \quad (4)$$

em que:

NWS: nível de potência sonora (dB);

W: potência sonora da fonte emissora (W);

$W_0$ : potência sonora de referência, normalmente igual a  $10^{-12}$  W.

Segundo Kephelopoulos et al. (2012), que apresentam o método *Common Noise Assessment Methods in Europe* - Métodos Comuns de Avaliação de Ruído na Europa (CNOS-

SOS-EU), a potência de emissão sonora referente a cada veículo automotor rodoviário é constituída por duas causas principais. O primeiro deles é relativo ao processo de rolagem veicular, que abrange a interação entre os pneus e a via de trânsito, além do ruído provocado pela aerodinâmica. Já a segunda causa refere-se à propulsão veicular, que envolve aspectos relacionados principalmente às emissões devidas ao motor e exaustão do veículo. Entretanto, na prática, a potência sonora das duas causas são determinadas conjuntamente.

## **2.2 Aspectos Legais e Normativos**

De acordo com Petrovici et al. (2016), a legislação relacionada à poluição sonora deve ter como objetivo reduzir os níveis de ruído ambiental, através da harmonização entre os indicadores de ruído e os métodos de avaliação disponíveis. Neste sentido, a nível internacional, o Governo dos Estados Unidos da América estabeleceu, por meio do Código Federal de Regulações, critérios e padrões de qualidade referentes ao controle do ruído ambiental aplicáveis a esse país, cujos objetivos incluem a divulgação do risco da poluição sonora, o fortalecimento do controle de fontes emissoras de ruído, o adequado planejamento do uso do solo e a adoção de medidas para a atenuação dos ruídos gerados.

Já na Europa, a norma que trata sobre a avaliação e gestão do ruído ambiental é a Diretiva nº 49/2002, publicada em 25 de junho de 2002. Essa norma define critérios a serem adotados pelos Estados-Membros da União Europeia quanto à gestão da poluição sonora. De forma geral, a Diretiva define indicadores a serem utilizados no monitoramento da poluição sonora e estabelece diretrizes para realização de diagnóstico dos níveis de ruído através da elaboração de mapas acústicos, bem como a necessidade de divulgação de informações para as comunidades envolvidas e elaboração de planos de ações, com o objetivo de manter ou reduzir os níveis diagnosticados e enquadrá-los nos padrões de qualidade estabelecidos (UNIÃO EUROPEIA, 2002).

No Brasil, a Constituição Federal, em seu Artigo 23, define que compete, de forma comum, à União, Estados e Municípios, desenvolver ações para preservar o meio ambiente e combater a poluição ambiental em qualquer uma de suas formas. Já seu Artigo 24 estabelece que o poder de legislar deve ser exercido pela União, Estados e Distrito Federal, no que se refere à proteção do meio ambiente e o controle da poluição. Aos Municípios cabe o direito de legislar de forma suplementar à legislação federal e estadual, segundo explicitado no Artigo 30 desta Constituição (BRASIL, 1988).

Contudo, o dever de preservar o meio ambiente não é responsabilidade única do Poder Público, mas de toda a coletividade, conforme é apresentado pelo Capítulo VI, Artigo 225 da Constituição Federal, que trata sobre o Meio Ambiente (BRASIL, 1988).

A Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, define como poluição qualquer degradação ambiental que possa, dentre outros fatores, prejudicar a saúde, segurança e bem-estar da população, e lançar matéria ou energia no meio ambiente acima dos padrões ambientais permitidos (BRASIL, 1981).

Neste contexto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 2, de 08 de março de 1990. Por meio desse ato, foi instituído o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, denominado de “SILÊNCIO”. O programa prevê a participação dos Ministérios Públicos, órgãos ambientais estaduais e municipais, e demais instituições que estejam interessadas, estando sob a coordenação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (CONAMA, 1990a):

Na mesma data de publicação do Programa Silêncio, o CONAMA publicou também a Resolução nº 01, que, dentre outras providências, adota os critérios e limites máximos aceitáveis de poluição sonora definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio das normas NBR 10.151/2000 e NBR 10.512/2000 (CONAMA, 1990b).

A norma ABNT NBR 10.151 estabelece critérios para a avaliação dos níveis de pressão sonora, de acordo com a finalidade de uso do solo, em ambientes externos a edificações e de ocupação humana. Também são apresentados os limites máximos permitidos, conforme o tipo da área habitada e o período do dia (ABNT, 2019a).

Já a norma ABNT NBR 10.152 estabelece níveis de ruído aceitáveis para a promoção de conforto acústicos em diversos ambientes, tais como: hospitais, escolas, hotéis, residências, auditórios, restaurantes, escritórios, igrejas, templos e locais esportivos (ABNT, 2017).

A partir da publicação da Resolução nº 02, que institui o Programa Silêncio, o CONAMA também publicou diversas normas relacionadas ao ruído ambiental. O Quadro 1 apresenta a síntese de algumas dessas normas publicadas (CONAMA, 2017).

Considerando a instituição do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que é constituído por órgãos e instituições da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, conforme Lei Federal nº 6.038/1981, tanto os Estados quanto os Municípios, dentro de suas competências e áreas de atuação, podem elaborar normas e definir padrões de qualidade ambiental, em caráter supletivo e complementar, desde que sejam respeitados os critérios e padrões estabelecidos pelo CONAMA (BRASIL, 1981).

QUADRO 1 - Síntese de importantes Resoluções do CONAMA relacionadas ao tema de ruído (CONAMA, 2017).

Nº Resolução	Ano	Síntese
001	1990	Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.
002	1990	Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora.
001	1993	Estabelece, para veículos automotores, nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado.
002	1993	Estabelece para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado.
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 arrefecimento, de escapamento e, sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído.
008	1993	Altera a Resolução nº 001/1993, estabelecendo novos limites máximo de ruído emitido por veículos em aceleração.
020	1994	Institui o Selo Ruído, como forma de indicação do nível de potência sonora, de uso obrigatório para aparelhos eletrodomésticos.
017	1995	Ratifica os limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e o cronograma para seu atendimento previsto na Resolução CONAMA nº008/1993.
230	1997	Proíbe a utilização de equipamentos que possam reduzir a eficácia do controle de emissão de ruído e poluentes.
268	2000	Estabelece método alternativo para monitoramento de ruído de motociclos.
272	2000	Define novos limites máximos para a emissão de ruídos por veículos automotores.
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.
433	2011	Dispõe sobre a inclusão no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE, e estabelece limites máximos de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas.

Nesse contexto, em Goiás, a Constituição Estadual estabelece que o Estado deve manter Sistema de Prevenção e Controle da Poluição Ambiental, a fim de alcançar os padrões de qualidade recomendados pela OMS (GOIÁS, 1989). Assim sendo, a OMS publicou, no

ano de 2018, o documento *Environmental Noise Guidelines for the Europe Region*, em que são apresentadas recomendações e valores orientativos sobre o ruído ambiental, com o objetivo de proteger a saúde humana na União Europeia. De acordo com a OMS, apesar deste documento ter um foco, a princípio, para a Europa, os valores recomendados podem ser considerados para outras regiões do mundo (WHO, 2018).

No âmbito estadual, a Lei 20.694, de 26 de dezembro de 2019, estabelece que compete ao Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMAM) a definição dos padrões de qualidade ambiental a serem adotados em Goiás, devendo ser observados os já definidos pelo CONAMA. Assim sendo, como ainda não houve o estabelecimento de limites de poluição sonora pelo CEMAM, em Goiás devem ser considerados os valores aprovados pelo CONAMA (GOIÁS, 2019).

Já a nível municipal, a poluição sonora é tratada pela Lei Complementar nº 014, de 29 de dezembro de 1992, que institui o Código de Posturas do Município de Goiânia, o qual proíbe a perturbação do sossego público e o bem-estar da vizinhança, provocado por ruídos, algazaras, sons ou barulhos de qualquer tipo, excessivos e evitáveis, além de definir os limites de ruído a serem considerados em Goiânia (GOIÂNIA, 1992). Os limites máximos de níveis de som ou ruído definidos nessa Lei são os estabelecidos pela norma ABNT NBR 10.151. Porém, a Lei 014/1992 foi modificada pela Lei Complementar nº 132, de 12 de julho de 2004, que alterou alguns dispositivos, mas manteve os limites máximos de níveis de pressão sonora aceitáveis e a adoção dos critérios da norma ABNT NBR 10.151 (GOIÂNIA, 2004).

Entretanto, em 2019, foi publicada a Lei Complementar nº 318, que alterou os valores máximos permitidos de poluição sonora para o município de Goiânia. De forma geral, houve elevação dos níveis aceitáveis. A Figura 2 apresenta uma comparação entre os valores estabelecidos pelas Leis Complementares 132/2004 e 318/2019.

Contudo, por meio de Ação Direta de Inconstitucionalidade impetrada, em 2020, pela Procuradoria-Geral de Justiça do Estado de Goiás, o Tribunal de Justiça de Goiás julgou a Lei Complementar nº 318/2019 como inconstitucional, tendo em vista que o Município não possui competência legal para adotar padrões de qualidade ambiental superiores aos estabelecidos a nível federal ou estadual. Assim sendo, para o município de Goiânia são adotados, atualmente, os valores máximos estabelecidos pela Lei Complementar Lei 132/2004, apresentados na Tabela 1.

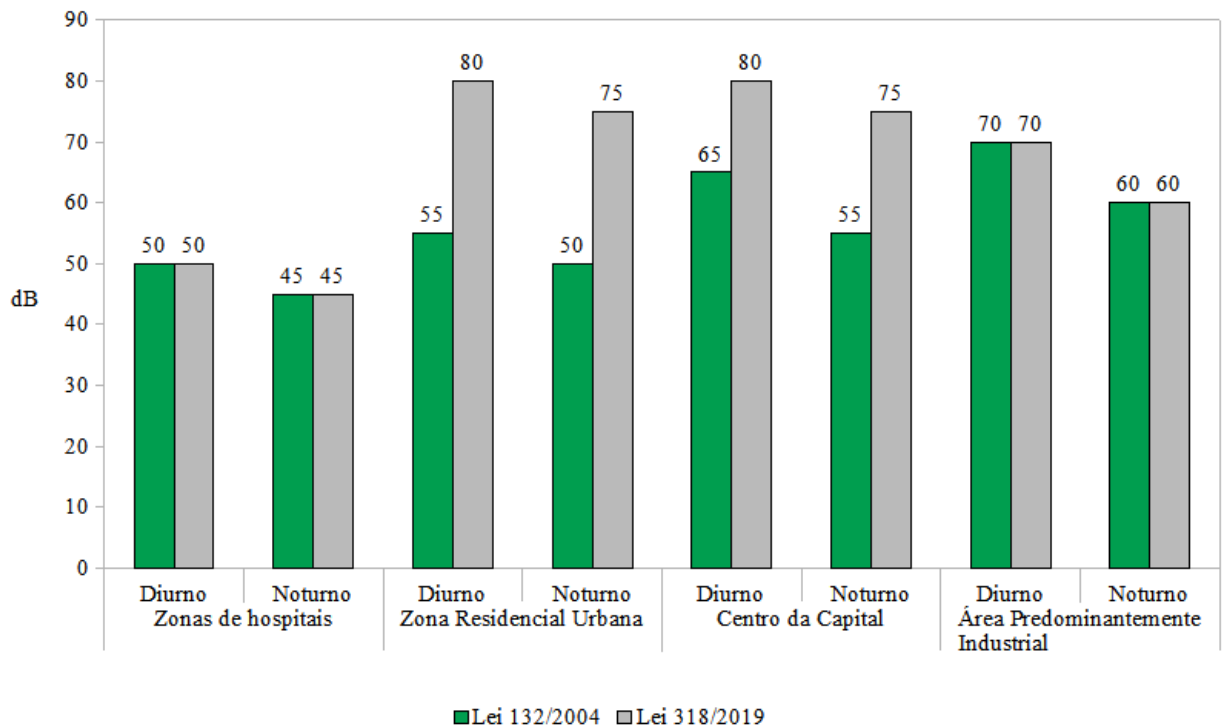


Figura 2 – Comparação dos limites máximos de ruído permitidos pelas Leis Complementares 132/2004 e 318/2019. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Tabela 1 – Limites máximos aceitáveis de som e ruído estabelecido para o município de Goiânia, pela Lei Complementar nº 132/2004. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Área	Período	Decibéis (dB)
Zonas de hospitais	Diurno	50
	Noturno	45
Zona Residencial Urbana	Diurno	55
	Noturno	50
Centro da Capital	Diurno	65
	Noturno	55
Área Predominantemente Industrial	Diurno	70
	Noturno	60

A Figura 3 apresenta um diagrama das principais normas legais relacionadas aos critérios de avaliação e limites de níveis de pressão sonora, nas esferas federal, estadual e do município de Goiânia. A hierarquia das leis é apresentada no diagrama, demonstrando que a

legislação municipal deve estar sujeita às legislações federal e estadual, e, essa última, sujeita à federal.

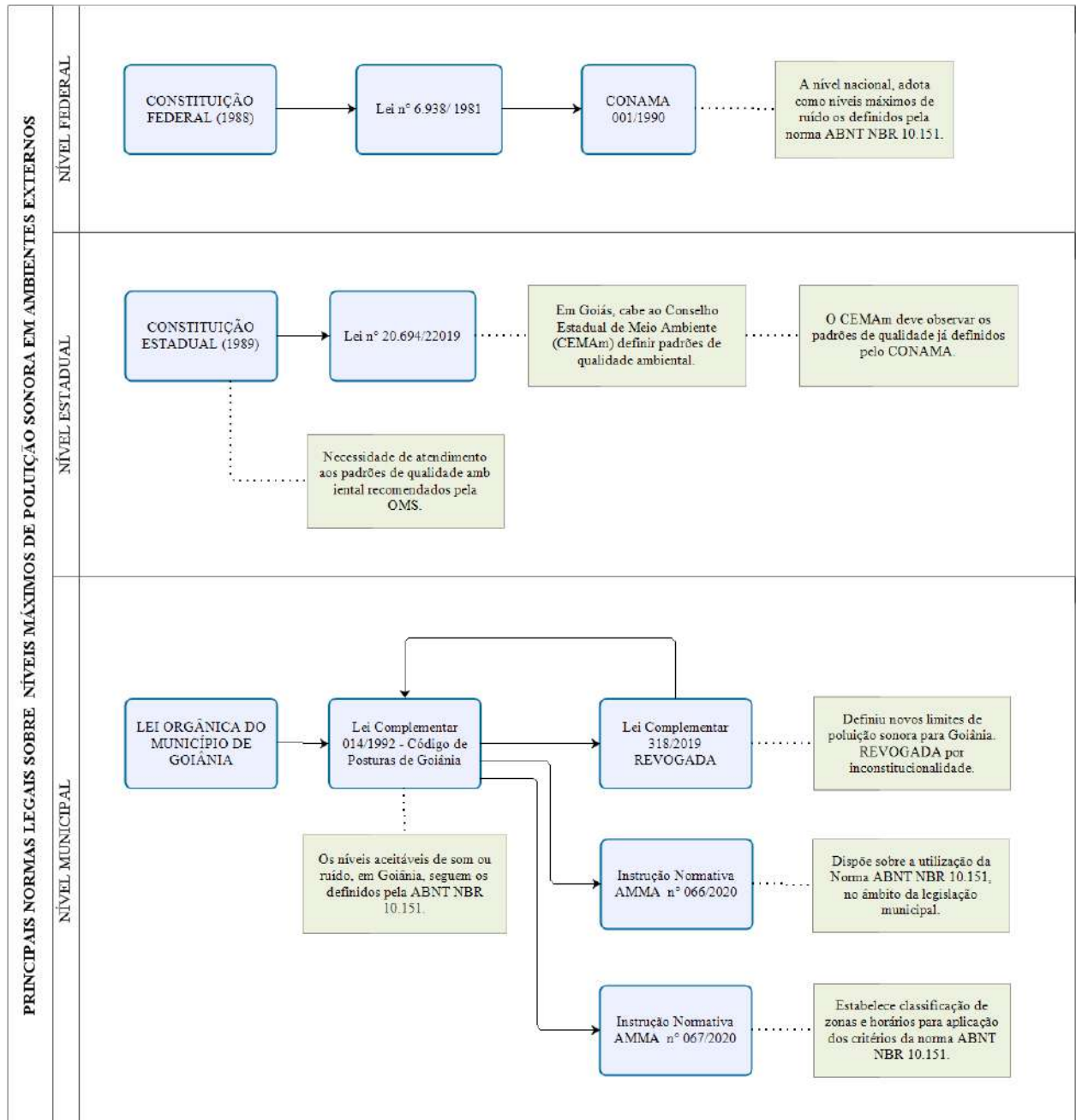


Figura 3 – Diagrama com as principais normas legais relacionadas aos critérios de avaliação e limites de níveis de pressão sonora e hierarquização, considerados nas esferas federal, estadual e municipal (Goiânia). Fonte: elaborado pelo autor (2021), com uso do software Bizagi®.



### 2.3 Estudos de avaliação de ruído proveniente do tráfego rodoviário veicular

Conforme Petrovici et al. (2016) destacam, a realização de medições de ruído e a elaboração de mapas acústicos ambientais são ferramentas importantes para a avaliação de impactos negativos da poluição sonora. Nesse sentido, Vasilyev (2017) declara que os principais procedimentos para monitorar os níveis de ruído no meio ambiente envolvem, além da utilização de medidores de pressão sonora, o uso de programas computacionais de modelagem da propagação dos ruídos no espaço físico.

De acordo com Garg e Maji (2014), a predição de ruídos é uma ferramenta essencial no planejamento das cidades, no que se refere à redução e ao controle dessa forma de degradação ambiental. Esses autores também citam que o uso de programas computacionais para a modelagem da poluição sonora teve mais destaque com a publicação da diretiva da Comissão Europeia nº 2002/49/EC, que recomenda o uso de mapas de ruído como instrumento para a avaliação do ruído ambiental.

O mapa acústico é considerado uma representação gráfica da propagação dos níveis de pressão sonora em uma região específica que se deseja avaliar e, por razões práticas, a sua elaboração é feita, de forma prioritária, com a utilização de programas computacionais. Contudo, para que o mapa tenha confiabilidade, é necessário que sejam feitas calibrações e validações por meio de medidas reais efetuadas em alguns pontos da área sob avaliação (PETROVICI et al., 2016).

Nesse contexto, diversos estudos apresentam dados de medições de níveis de pressão sonora e utilizam programas computacionais de modelagem da distribuição sonora. Dentre eles, Zannin et al. (2013) realizaram uma pesquisa baseada em medições acústicas e mapeamento de ruídos em um campus de uma universidade no Brasil. Os autores utilizaram para a elaboração do mapa de ruídos o programa computacional Predictor<sup>®</sup>, sendo que os mesmos concluíram que o mapeamento do ruído ambiental é uma ferramenta útil para a caracterização da poluição sonora, a geração de informações sobre impactos ambientais e a elaboração de cenários futuros, com a variação de fatores importantes que influenciam nos níveis de ruídos.

Outro trabalho, realizado por Fernandes e Niemeyer (2016), apresentou uma avaliação sonora das ruas do bairro de Copacabana, na cidade do Rio de Janeiro. Nesse estudo, foram promovidas medições em campo e elaboração de um mapa acústico para a região avaliada, com o uso do *software* Soundplan<sup>®</sup>. Segundo os autores, os resultados obtidos indicaram a ultrapassagem dos limites máximos permitidos pela legislação, tanto pelas medições reais como pela simulação realizada no programa computacional.

Em outro exemplo, Bástian-Monarca et al. (2016) realizaram uma pesquisa na cidade de Valdivia, no Chile, com objetivo de verificar a eficácia de simplificações realizadas nos dados de entrada para um modelo de propagação de ruído ambiental, dentro de uma perspectiva de redução de custos na elaboração do mapeamento acústico de uma área. Os autores utilizaram o programa computacional *Computer Aided Noise Abatement* (CadnaA®), concluindo que os mapas de ruído obtidos por meio da consulta a projetos rodoviários, de modelos de predição e de simplificações nos dados topográficos e fluxo de veículos demonstraram ser convenientes para serem aplicados em pequenas e grandes cidades.

Já na cidade de Goiânia, Costa e Oliveira (2016) realizaram uma simulação sobre os níveis de pressão sonora no ambiente interno de uma biblioteca pertencente a um Instituto de Ensino Superior. Com esse objetivo, foi aplicado o *software* EASE® em diferentes condições ambientais, envolvendo o funcionamento e o desligamento do sistema de ar-condicionado do teatro da instituição, localizado próximo à biblioteca. Posteriormente, foram realizadas simulações em uma sala de aula da entidade, para avaliar os níveis de poluição sonora nesse local. Os autores mencionaram que o EASE® demonstrou ser uma ferramenta útil para a estimativa do ruído nos ambientes fechados avaliados, a partir dos níveis de pressão sonora externos. Esse *software* também foi eficiente para prever o ruído produzido por atividades laboratoriais, nos ambientes fechados pesquisados, com a estimativa das possíveis fontes de ruído, através da análise do espectro sonoro gerado por esse *software*. Nesse estudo, foi verificada a importância da utilização de ferramentas computacionais na avaliação e gestão de ruídos, através da geração de informações que podem contribuir no processo da tomada de decisões e planejamento de ações para a promoção da qualidade do ambiente educacional.

Também em Goiânia, Oliveira (2017) avaliou os níveis de pressão sonora em outra área da cidade, no Setor Marechal Rondon. Segundo o autor, essa região abrigava um importante polo comercial de Goiânia, conhecido como FAMA. Ao todo, foram considerados 67 pontos distribuídos pelas vias de tráfego região, com as medições realizadas no período diurno, durante o fluxo normal de veículos. O LAeq geral calculado para os dados apresentados pelo estudo foi igual a 67,5 dB. Nesse estudo, o processo de modelagem de propagação de ruído foi realizado por meio do *software* Predictor® 8.11, com a adoção do modelo estabelecido pela norma ISO 9613. Segundo o autor, o modelo adotado apresentou boa calibração. Dessa forma, foram realizadas simulações futuras para os anos 2021, 2026 e 2036, em que foram obtidos resultados que indicaram a intensificação da poluição sonora na região, com as áreas residências sendo cada vez mais impactadas pelo ruído proveniente do aumento do tráfego veicular ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2017).

Em outro estudo, Nunes et al. (2017) realizaram a avaliação dos níveis de ruído ambiental no espaço da Praça do Trabalhador, região central de Goiânia, nos dias 10 e 12 de junho de 2016. Esta região abriga, periodicamente, a Feira Hippie, considerada uma das maiores feiras da América Latina, onde ocorrem diversas atividades como: comércio de calçados, vestuário, alimentação e produtos de artesanato. Os resultados obtidos indicaram uma significativa diferença entre os momentos de presença e ausência da Feira. No dia em que não havia a Feira, o LAeq geral determinado para a região foi de 57 dB. Já quando ocorria a Feira, este valor aumentou para 67 dB, representando um acréscimo de 17,6 % nos níveis de pressão sonora. Assim sendo, o LAeq geral, considerando todos os dados obtidos no estudo, incluindo a realização ou não da feira, foi de 64,1 dB. Apenas três pontos de medição foram utilizados nessa pesquisa, todos localizados na Praça do Trabalhador, e, segundo os autores, seja com a presença ou ausência da feira, o maior nível de poluição sonora foi registrado no local mais próximo da Avenida Independência, que apresentava alto tráfego de veículos (NUNES et al., 2017).

Já na região central de Goiânia, Lima e Silva (2017) realizaram estudo com medições dos níveis de poluição sonora em algumas das vias deste espaço, como as avenidas 85, Anhanguera, Goiás, Tocantins e região da Praça Cívica. Os autores afirmaram que, em praticamente 100% dos casos, a principal fonte de poluição na área avaliada provém do fluxo de veículos automotores. As medições foram realizadas em outubro de 2016, no período diurno, sendo considerados 21 pontos. O LAeq geral determinado para a área avaliada foi igual a 83,6 dB (LIMA e SILVA, 2017).

Em outra pesquisa, realizada em Goiânia, Costa et al. (2018) avaliaram os níveis de poluição sonora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), adotando-se como referência os limites estabelecidos pela norma NBR 10.151. Os dados foram obtidos no último sábado de fevereiro de 2015 e no primeiro sábado de março de 2015, durante as atividades de rotina no local avaliado. Para a realização das medições, definiu-se dezenove pontos ao todo. Oito pontos foram localizados na área externa e onze na área interna da instituição. Os autores adotaram a hipótese inicial de que o Parque Mutirama, localizado próximo ao IFG, era a principal fonte de ruído ambiental observada no Instituto. Os resultados obtidos na pesquisa indicaram que 4 pontos, sendo 3 na área externa e 1 na área interna, apresentaram níveis de ruído acima dos limites preconizados pela norma NBR 10.151. Os autores enfatizaram que esses pontos da área externa localizam-se em uma via pública, ao lado do IFG, com expressiva movimentação veicular, e o ponto situado na área interna, também encontra-se próximo a essa via. Esse fato sugere que a principal fonte externa do ruído percebido

do no Instituto é o tráfego de veículos, sendo que a hipótese adotada inicialmente foi refutada pelos autores da pesquisa (COSTA et al., 2018).

Reis (2014) realizou uma avaliação sobre a poluição sonora na Vila Morais, em Goiânia, às margens da Rodovia BR-153. Nesse estudo, foram considerados 4 pontos, distribuídos na Rua R12, entre a BR-153 e a Avenida Laurício Pedro Rasmussen. O autor realizou medições dos níveis de pressão sonora nos meses de agosto, setembro e novembro de 2013, nos períodos diurno e noturno. Os maiores níveis foram obtidos no ponto mais próximo da rodovia, que sofre uma influência direta do tráfego veicular desta via. O LAeq geral obtido para o período diurno foi de 73,4. Já durante a noite, o resultado foi igual a 69,8 dB.

Outro estudo, desenvolvido por Santos (2019), avaliou os níveis de pressão sonora na região da Rua 44, importante polo de comércio do país, e as adjacências do Terminal Rodoviário de Goiânia, que abriga o Goiânia Shopping. Nessa pesquisa foram considerados 34 pontos de medição, e todos os resultados medidos em campo foram superiores aos limites legais permitidos à época do estudo. Os valores de LAeq geral obtidos foram 72,0 dB e 71,1 dB para manhã e tarde, respectivamente, não havendo diferença significativa nos níveis de poluição sonora entre estes dois períodos. Também nessa pesquisa, Santos (2019) utilizou o processo de modelagem para estimar a propagação sonora na área de análise. Para tanto foram usados softwares de geoprocessamento (ArcGis® e QGIS®) e de predição acústica (iNoise®), com a adoção do modelo ISO 9613, sendo que todos os modelos foram capazes de produzir mapas de ruído ambiental para a região. O autor descreve o programa computacional iNoise® e menciona que esse *software* "deixou a desejar", pois não oferece a opção de diferenciar a composição de barreiras acústicas, para cálculos de atenuação sonora, considerando todas constituídas por um mesmo tipo de material (SANTOS, 2019).

Neste ponto, é importante ressaltar que essa limitação é inerente ao modelo ISO 9613, e não especificamente ao *software* iNoise®. A ISO 9613 considera um cálculo mais simples para determinar a atenuação sonora, e não abrange muitos detalhes da composição de barreiras acústicas. Contudo, existem modelos mais avançados, como, por exemplo, o Harmonoise, também presente como opção no iNoise®, que permite a inserção de maiores detalhes referentes às barreiras, além de utilizar mais parâmetros de atenuação (THOMAS et al., 2012). Entretanto, a aplicação do modelo Harmonoise, devido ao seu maior detalhamento, pode requerer uma maior estrutura computacional para a realização dos cálculos, o que, muitas vezes, pode dificultar seu uso para o mapeamento acústico em áreas de maiores dimensões (BORELLI et al., 2014)

### 3 CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

#### 3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico utilizado nesta pesquisa é apresentado, em forma de diagrama, no Apêndice I.

- **Caracterização da área de trabalho**

A área de trabalho foi caracterizada por meio de visita *in loco* e por análises de imagens de satélite disponibilizadas pela ferramenta computacional Google Earth Pro<sup>®</sup>, versão 7.3.4.8248, para levantamento de informações sobre as vias e edificações da região. O mapeamento do território, incluindo as vias de tráfego veicular, as barreiras, as edificações e as áreas de classificação para a aplicação dos critérios da norma ABNT NBR 10.151, foi realizado por meio do uso do *software* QGIS<sup>®</sup>, versão 3.10.3-A Corunã.

- **Medição dos níveis de pressão sonora**

Os pontos de medição foram definidos por meio da utilização de três critérios:

- i. Análise do mapa do Setor Leste Universitário, considerando as principais vias de tráfego da região;
- ii. Visita *in loco* às vias consideradas na área de estudo;
- iii. Atendimento das condições estabelecidas pela norma NBR 10.151, item 5.2 (ABNT, 2000).

Para a realização das medições, foi utilizado um Medidor de Nível de Pressão Sonora, também conhecido como Decibelímetro, classe 2, marca ICEL, modelo DL-4200, nº de série: 180116443, em conformidade com a norma IEC 61672-1, que define os requisitos de performance para instrumentos de medição sonora.

A Figura 4 apresenta o Medidor de Nível de Pressão Sonora utilizado nesse trabalho.



Figura 4 – Medidor de Nível de Pressão Sonora (Decibelímetro) utilizado nas medições. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

O Medidor foi calibrado no Laboratório Intermetro, acreditado junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), de acordo com a norma ABNT NBR ISO IEC 17025, com registro nº 0450. O Certificado de Calibração do Medidor de Nível de Pressão Sonora (Decibelímetro) é apresentado no Anexo II.

Conforme requisito apresentado pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000), com o intuito de validar as medições, foram realizadas verificações de desempenho do Medidor, antes e após cada período de medição, por meio de um Calibrador Sonoro, classe 1, marca Criffer, modelo CR-2. Esse instrumento foi calibrado no Laboratório Intermetro, acreditado junto ao INMETRO. O Certificado de Calibração é apresentado no Anexo I.

Nas verificações de desempenho, o nível referência adotado foi de 94,0 dB, na curva de ponderação A, de acordo com recomendação do fabricante do Medidor, adotando-se uma tolerância de  $\pm 1,4$  dB.

A Figura 5 apresenta o Calibrador Acústico utilizado nas verificações de desempenho do Decibelímetro.



Figura 5 – Calibrador Acústico utilizado nesse trabalho para os procedimentos de verificação do Medidor de Nível de Pressão Sonora. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

As configurações do Medidor de Nível de Pressão Sonora utilizadas neste trabalho foram as seguintes:

- i. Curva de ponderação: A;
- ii. Escala de frequência: aproximadamente entre 31,5 e 8.000 Hz;
- iii. Faixa de leitura do instrumento: 30 a 130 decibéis (dB);
- iv. Precisão do instrumento: +/- 1,4 dB;
- v. Modo de leitura: rápido (*fast*), com intervalo temporal igual a 5 segundos.

Os parâmetros: curva de ponderação, modo de leitura e intervalo temporal foram definidos conforme estabelecido pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000). A escala de frequência, faixa de leitura e precisão são configurações próprias do equipamento utilizado nas medições.

As medições foram realizadas com o Decibelímetro na posição horizontal (paralelo ao solo) e perpendicular ao eixo da via, de acordo com a recomendação do fabricante. O instrumento foi instalado em um tripé, equipado com indicador de nível para ajuste da posição paralela ao solo. A altura padrão do equipamento em relação ao solo foi de 1,2 metro, e a distância mínima de qualquer barreira refletora, como paredes e muros, foi de 2 metros, conforme as condições apresentadas pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000).

A Figura 6 apresenta um esquema representando a altura e distância consideradas nessa pesquisa e uma imagem do Medidor de Nível de Pressão Sonora instalado no campo.

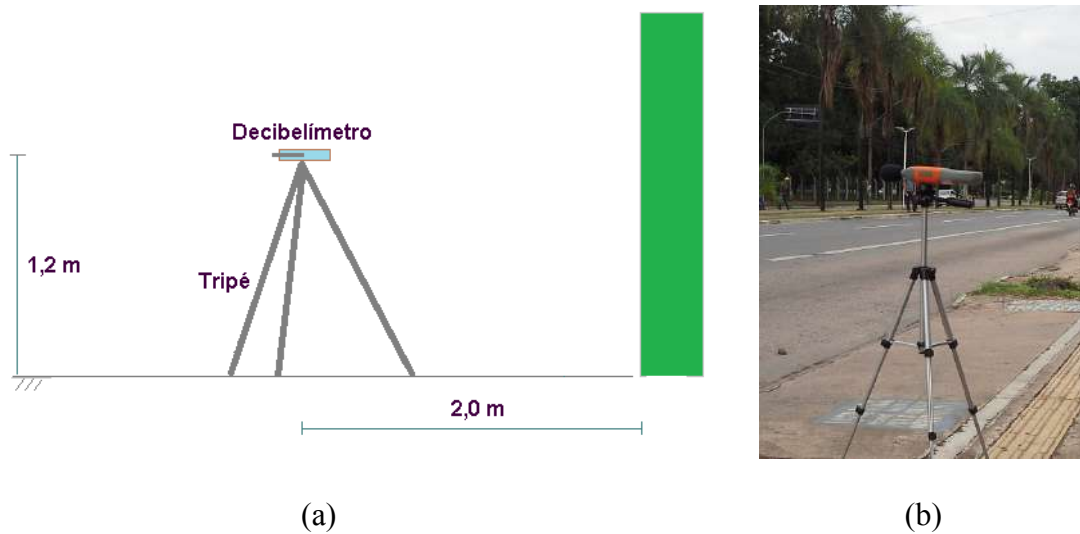


Figura 6 – (a) Esquema representativo da altura e distância mínima do decibelímetro considerada nesse trabalho, conforme norma NBR 10.151; (b) Medidor de Nível de Pressão Sonora instalado durante as medições de campo realizadas nesse trabalho. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

O tempo de medição dos níveis de pressão sonora em cada ponto foi de 10 minutos, conforme utilizado em estudos realizados por Fiedler e Zannin (2015) e Bástian-Monarca et al. (2016). Dessa forma, foram obtidos, aproximadamente, 120 dados pontuais para cada local de medição considerado nessa pesquisa. As medições foram realizadas no período vespertino, entre os dias 30 de agosto e 27 de setembro de 2018, sob condições normais de tráfego e pavimento asfáltico, e sem ocorrência de chuvas (tempo estável).

Por meio dos dados obtidos com as medições realizadas, foi calculado o nível de pressão sonora equivalente, com a utilização da expressão matemática apresentada pela Equação 2, de acordo com a norma NBR 10.151 (ABNT, 2000).

- **Classificação, fluxo e velocidade dos veículos**

Os veículos foram classificados nas seguintes categorias, tendo por referência o trabalho apresentado por Kephelopoulos et al. (2012):

- i. Motocicletas: veículos equipados com duas rodas, com potência superior a 50 cilindradas;
- ii. Leves: veículos de motor leve, como carros para transporte de passageiros, vans com massa inferior a 3,5 toneladas e utilitários;



- iii. Médios: agrupa veículos considerados de peso médio, envolvendo vans com massa superior a 3,5 toneladas, ônibus, caminhões, entre outros, que possuam dois eixos, sendo que o eixo traseiro deve acoplar dois pneus;
- iv. Pesados: veículos de trabalho pesado, como ônibus e caminhões, que apresentem três ou mais eixos;

Para estimar o fluxo médio de veículos nas vias de tráfego avaliadas dentro da área de estudo, foi adotado o método de contagem por classe de veículo. O processo foi realizado simultaneamente à realização das medições dos níveis de pressão sonora, sob as mesmas condições. Para a execução desta etapa, foi utilizado o procedimento de registro manual em formulário, conforme apresentado no Apêndice II. Onde necessária, foi utilizada a filmagem das vias, de forma a facilitar a determinação da quantidade de veículos em locais com grande fluxo de veículos. O tempo de cada medição foi de 10 minutos. O fluxo horário, por ponto, foi estimado por meio da técnica de proporção direta, a partir dos dados coletados em cada medição, conforme método apresentado por Oliveira (2017).

Quanto à velocidade média do tráfego, este parâmetro foi estimado entre os dias 01 e 04 de outubro de 2018, durante o período vespertino, por meio da indicação do velocímetro de veículo conduzido na velocidade próxima aos demais veículos que transitavam, ao mesmo tempo, em cada via da área de trabalho. Esse método é proposto no Guia de Boas Práticas para o Mapeamento Estratégico de Ruído e Produção de Dados Associados à Exposição ao Ruído, elaborado pelo Grupo de Trabalho da Comissão Europeia para Avaliação de Exposição ao Ruído. De acordo com este Guia, a incerteza associada ao método apresentado é de, no máximo, 1 dB (WG-AEN, 2006).

Ainda em relação ao fator velocidade, em estudos anteriores realizados em Goiânia, Oliveira (2017) e Santos (2019) adotaram como método de referência o valor máximo permitido na legislação. De acordo com o WG-AEN (2006), esse método apresenta uma incerteza associada igual a 2 dB. Assim sendo, a técnica adotada neste trabalho apresenta maior exatidão na determinação dos dados de velocidade do que os métodos considerados anteriormente.

- **Classificação das vias de trânsito**

As vias de trânsito da área de estudo foram classificadas conforme definições apresentadas pelo Anexo I do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997).

- **Potência de emissão sonora veicular**

Os valores adotados para esse parâmetro foram calculados de acordo com a metodologia CNOSSOS, apresentada por Kephelopoulos et al. (2012). De acordo com esses autores, a potência de emissão sonora do fluxo veicular é determinada pela Equação 5.

$$L_{w-eq} = L_w + 10 \cdot \log \left( \frac{Q_m}{1000 \cdot v_m} \right) \quad (5)$$

em que:

$L_{w-eq}$ : emissão de ruído (potência sonora) emitida pelo fluxo veicular (dB);

$L_w$ : potência sonora instantânea emitida por veículo unitário (dB);

$Q_m$ : fluxo horário de veículos;

$v_m$ : velocidade média (km/h).

Para as classes de veículos Leves, Médios e Pesados, foram utilizados os valores de  $L_w$  presentes no banco de dados do *software* iNoise<sup>®</sup>, já com valores ponderados na curva A. Para a categoria de Motocicletas, o valor de  $L_w$  foi calculado por meio da Equação 6 (Kephelopoulos et al., 2012).

$$L_{wp} = A_p + B_p \cdot \left[ \frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} \right] + \Delta L_w \quad (6)$$

em que:

$L_{wp}$ : Potência sonora de propulsão emitida por motocicleta individual, em (dB);

$A_p$  e  $B_p$ : coeficientes de propulsão;

$v_m$ : velocidade média do fluxo (km/h);

$v_{ref}$ : velocidade de referência (70 km/h);

$\Delta L_w$ : soma de coeficientes de correções.

A princípio, não foram aplicadas correções no modelo, sendo o valor de  $\Delta L_w$  igual a zero.

- **Altimetria da área de estudo**

As curvas de nível representantes da altimetria da área de estudo foram fornecidos pelo Prefeitura de Goiânia (2020), com equidistância de 5 metros.

- **Dados meteorológicos**

Os dados meteorológicos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (2018), medidos pela estação nº A002, instalada na cidade de Goiânia, com latitude -16,64° e longitude -49,22°. O período considerado foi entre os dias 30 de agosto e 27 de setembro de 2018, intervalo em que foram realizadas as medições. Os parâmetros considerados foram: temperatura, pressão e umidade do ar. Para o processo de modelagem, foi calculada a média desse período, considerando os dados relativos entre 14:00 e 17:00 h (faixa de horário da realização das medições) de cada dia no intervalo considerado, excetuando-se os finais de semana e feriado.

- **Modelagem dos níveis de ruído no trânsito da área de trabalho**

A etapa de modelagem foi realizada com o propósito de atender 2 (dois) objetivos:

- i. Produzir o mapa acústico da área de estudo, a partir dos níveis de pressão sonora medidos em campo;
- ii. Avaliar os efeitos da variação dos fatores: fluxo, velocidade e potência sonora veicular unitária nos níveis de poluição sonora da área de trabalho.

- i. Produção do mapa acústico**

Para elaborar o mapa acústico da região analisada, foi utilizado o modelo de interpolação espacial, a partir dos dados de níveis de pressão sonora equivalente obtidos nas medições em campo. A interpolação foi realizada com o uso da técnica de Krigagem Ordinária, por meio do programa computacional SAGA<sup>®</sup> (Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado), acoplado ao sistema de informação geográfica (SIG) QGIS<sup>®</sup>, versão 3.10.3-A Corunã.

A interpolação espacial é uma forma de estimar valores a partir de uma série de dados conhecidos. Com esse objetivo, diversos métodos para interpolar são conhecidos. En-

tretanto, em casos onde a distribuição espacial dos dados seja irregular, a técnica mais adequada de interpolação é o uso da Krigagem (PEIXOTO e AZEVEDO FILHO, 2020).

A Krigagem é um dos métodos geostatísticos de interpolação mais utilizados (ZUO et al., 2016), sendo considerado de alta robustez, por estar fundamentado em uma função contínua que modela o comportamento da variável de interesse em diferentes direções espaciais (MARIN-MAMANI et al., 2021). Sua aplicabilidade abrange diversas áreas do conhecimento científico, sendo mais indicado em situações em que existe uma malha irregular de pontos com valores conhecidos (HARMAN et al., 2016).

A fórmula geral que representa a Krigagem, para a interpolação de níveis de pressão sonora em uma determinada área, é apresentada pela Equação 7 (HARMAN et al., 2016).

$$L(x_o) = \sum_{i=1}^n W_i \cdot L(x_i) \quad (7)$$

em que:

$L(x_o)$ : nível de pressão sonora obtido pelo método Krigagem no ponto  $(x_o, y_o)$ ;

$W_i$ : ponderação aplicada a cada valor de pressão sonora  $L(x_i)$ , no ponto  $(x_i, y_i)$ , utilizado para calcular  $L(x_o)$ ;

$L(x_i)$ : pontos georreferenciados, localizados nas coordenadas  $(x_i, y_i)$ , com níveis de pressão sonora conhecidos;

$n$ : número de pontos utilizados na interpolação.

A questão fundamental para a aplicação da Krigagem é a determinação dos valores de ponderação  $W_i$ . Esses são calculados por meio do variograma, que é uma função de mensuração da variabilidade do nível de pressão sonora, em função da distância entre pares de valores desse parâmetro, distribuídos espacialmente. A função variograma, conhecida como  $2\gamma(h)$ , é representada pela Equação 8 (HARMAN et al., 2016).

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N_{(h)}} \sum_{i=1}^{N_{(h)}} [L(x_i) - L(x_i + h)]^2 \quad (8)$$

em que:

$2\gamma(h)$ : variograma;

$L(x_i)$ : nível de pressão sonora equivalente medido em um ponto  $x_i$  qualquer;

$L(x_i+h)$ : nível de pressão sonora medido equivalente medido em um ponto  $x_i+h$  qualquer;

$h$ : distância entre os dois pontos  $x_i$  e  $x_i+h$ ;

$N_{(h)}$ : número de pares de pontos de medição de nível de pressão sonora equivalente, separados pela distância  $h$ .

Entretanto, para cálculos das ponderações a serem utilizadas no método de Krigagem, utiliza-se o semivariograma, que corresponde à metade da função variograma, conforme apresentado na Equação 9 (GONÇALVES et al., 2020).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_{(h)}} \sum_{i=1}^{N_{(h)}} [L(x_i) - L(x_i+h)]^2 \quad (9)$$

Na Krigagem ordinária, a interpolação geoestatística é realizada por meio de combinação linear dos dados medidos, que promove a otimização dos ponderadores ( $W_i$ ), de tal forma que haja um aprimoramento da interpolação e a consequente minimização dos erros associados à Krigagem, com a condição de que a média dos desvios das estimativas sejam nulas (GONÇALVES et al, 2020).

Dessa forma, no método de Krigagem Ordinária, o sistema de equações utilizado para determinar os ponderadores ( $W_i$ ) é apresentado, na forma matricial, pela Equação 10 (HARMAN et al., 2016).

$$\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ W_n \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{(h11)} & \gamma_{(h12)} & \cdot & \cdot & \gamma_{(h1n)} & 1 \\ \gamma_{(h21)} & \gamma_{(h22)} & \cdot & \cdot & \gamma_{(h2n)} & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \gamma_{(hn1)} & \gamma_{(hn2)} & \cdot & \cdot & \gamma_{(hnn)} & 1 \\ 1 & 1 & \cdot & \cdot & 1 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \gamma_{(h1o)} \\ \gamma_{(h2o)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \gamma_{(hno)} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Na Equação 10, têm-se que a primeira matriz apresenta os ponderadores  $W$  a serem determinados e utilizados na Krigagem Ordinária. Já a segunda matriz contém os elementos correspondentes ao semivariograma dos pontos com valores medidos em campo, separados espacialmente pela distância  $h$ . Por último, a terceira matriz é constituída dos

semivariogramas entre os pontos com valores medidos e os a serem interpolados (HARMAN et al., 2016).

## **ii. Avaliação dos efeitos provocados pela variação de fatores**

Na avaliação dos efeitos provocados pela variação de fatores relacionados ao tráfego veicular na área de estudo, foram utilizados os *softwares*: iNoise Pro<sup>®</sup>, versão V2020.0, para a realização da modelagem de propagação sonora, e Chemoface<sup>®</sup>, para a aplicação da técnica de planejamento fatorial e determinação da superfície de resposta, conforme descrito por Neto et al. (2007).

No programa iNoise<sup>®</sup>, dentre as opções de modelo disponíveis, foi adotada a ISO 9613, conforme exigido pela norma brasileira ABNT NBR 10151:2019 (ABNT, 2019). A adequabilidade deste modelo à área de estudo foi verificada pela comparação entre os valores modelados e os medidos em campo, considerando-se os mesmos locais de medição. De acordo com Paiva et. al. (2019), para que a modelagem seja considerada adequada, a variação entre os valores medidos em campo e os estimados pelo modelo deve ser de, no máximo, +/- 4,6 dB. Dessa forma, foi considerado esse critério para a avaliação do *software* adotado para o procedimento de modelagem

Assim sendo, estes programas computacionais foram aplicados para estimar as alterações nos níveis de pressão sonora resultantes das variações de dois grupos de fatores, em separado. O primeiro grupo envolveu a variação nas intensidades dos seguintes parâmetros:

- i. Fluxo veicular;
- ii. Velocidade média dos veículos;
- iii. Potência sonora veicular unitária.

Já o segundo grupo abrangeu a variação das potências unitárias de emissão sonora, considerando os tipos de veículos circulantes na região, classificados para este fim, em três classes:

- i. Motocicletas;
- ii. Leves;
- iii. Médios + Pesados, unidos em uma única classe para otimizar o tempo necessário para a realização do processo de modelagem.

As variações aplicadas a estes dois conjuntos de fatores foram entre -20% e +20% dos valores de fluxo e velocidade veicular medidos em campo, e das potências de emissão sonora unitárias inicialmente adotadas do método CNOSSOS, conforme apresentado por Kephapoulos et al. (2012), e presentes no banco de dados do *software* iNoise<sup>®</sup>. Os dados estimados pelo iNoise<sup>®</sup>, a partir das variações aplicadas, foram utilizados no *software* Chemoface<sup>®</sup>, versão 1.64, para a aplicação do método de superfície de resposta, a partir de planejamento fatorial do tipo 2<sup>3</sup> (2 níveis por 3 fatores), com os valores centrados na média, a fim de verificar o efeito provocado nos níveis de pressão sonora geral (LAeq geral) da área de estudo. Assim sendo, para cada grupo de fatores, foram realizados 10 ensaios de modelagem no *software* iNoise<sup>®</sup>. Para cada ensaio foi calculado o LAeq geral a partir dos valores modelados para cada ponto considerado na área de estudo.

Com os resultados obtidos pela variação das potências unitárias de emissão sonora, conforme 2º grupo de fatores, foi realizada a projeção de cenários, por meio da modelagem de propagação acústica com o uso do programa computacional iNoise Pro<sup>®</sup>, versão V2020.0, e da interpolação dos dados modelados pela técnica de krigagem ordinária utilizando o *software* QGis<sup>®</sup>, versão 3.10.3-A Corunã.

## **3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo**

A área de estudo desta pesquisa está inserida no Setor Leste Universitário, em Goiânia/GO. Sua delimitação foi definida considerando a diversidade de atividades presentes, abrangendo a presença de relevantes centros de atendimento à saúde humana, como os Hospitais: das Clínicas, Araújo Jorge e Goiânia Leste, e de outras importantes instituições, incluindo órgãos públicos, escolas, universidades, centros religiosos, além da alta ocupação residencial. A Figura 7 apresenta a localização geográfica da área de estudo dentro de um contexto mundial. Fotografias registradas nessa região são apresentadas no Apêndice III.

Quanto ao seu sistema viário, ocorrem no seu interior e adjacências, vias de trânsito enquadradas como coletoras, arteriais e de trânsito rápido (expressa), conforme critérios de classificação do Código de Trânsito Brasileiro, sendo que, aproximadamente 90% são classifi-

cadadas como coletoras, Assim sendo, a área de estudo apresenta uma diversidade de vias, que podem impactar de diversas formas na qualidade sonora da região.

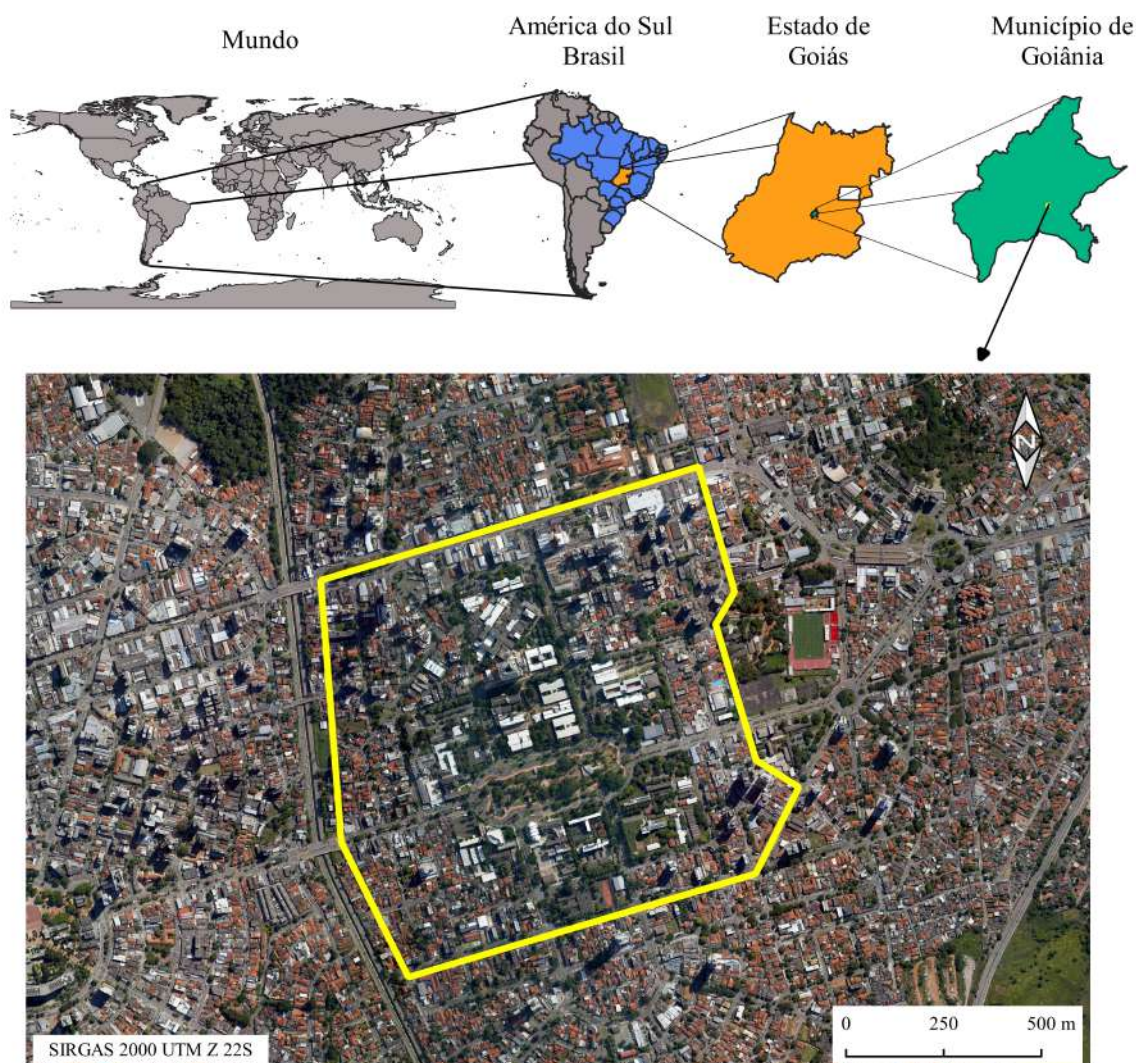


Figura 7 - Delimitação geográfica da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

A Figura 8 apresenta o sistema viário da área de estudo e vizinhanças, com a indicação dos diferentes tipos de ruas e avenidas.

Por meio da localização e classificação das vias de trânsito apresentadas na Figura 8, bem como das áreas lindeiras, foi realizada a classificação de regiões na área de estudo. A Instrução Normativa da Agência Municipal de Meio Ambiente nº 67, de 04 de março de 2020 estabeleceu a correspondência entre os tipos de áreas definidos na norma ABNT NBR 10.151



e a classificação a ser adotada no município de Goiânia. Dessa forma, o Quadro 2 apresenta os grupos de classificação.

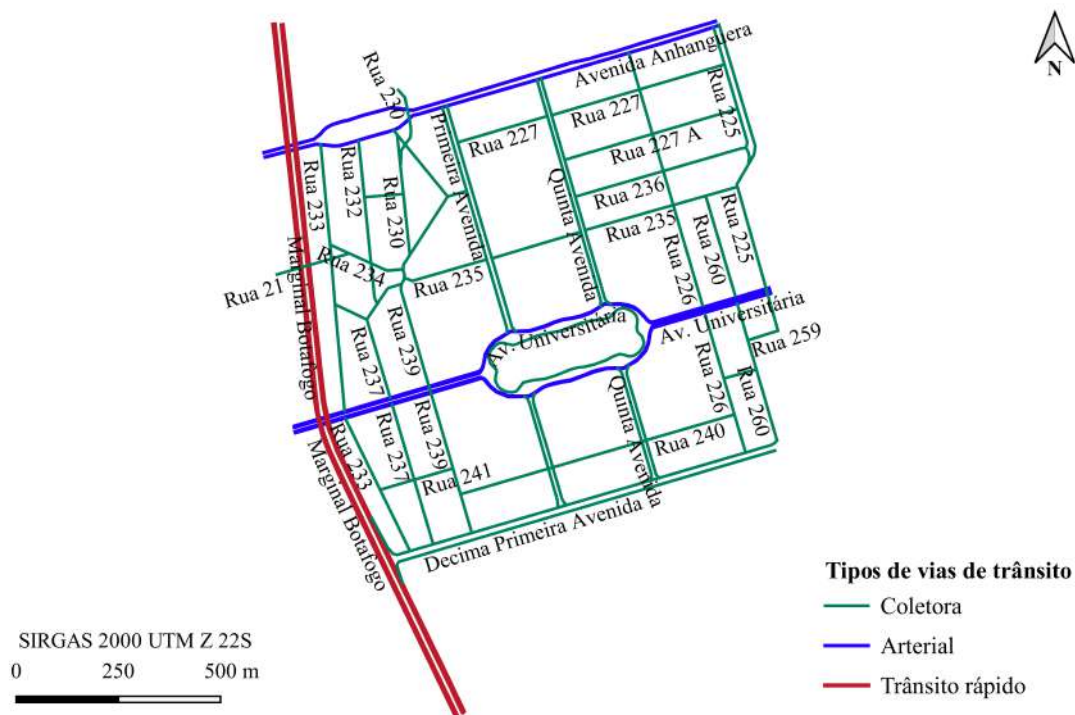


Figura 8 - Sistema viário da área de trabalho, no Setor Leste Universitário, em Goiânia (Fonte: elaborado pelo autor (2021)).

Quadro 2 - Correspondência entre os tipos de áreas definidos pela ABNT NBR 10.151 e a classificação adotada em Goiânia para aplicação dessa norma (AMMA, 2020)

<b>Tipos de área, conforme ABNT NBR 10.151</b>	<b>Classificação correspondente para Goiânia, conforme IN AMMA n° 67/2020.</b>
Áreas de sítios e fazendas	Áreas rurais do município de Goiânia, conforme Lei Complementar n° 171/2007.
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	Áreas compreendidas no raio de 200 m dos limites de hospitais, centros médicos com internação de pacientes, maternidades e casas de saúde.
Área mista, predominantemente residencial	Áreas lindeiras à via coletora e à via local, incluídas as próprias vias, e a área que não se enquadre nos demais não classificadas.
Área mista, com vocação comercial e administrativa	Áreas lindeiras às vias arteriais de 1ª e 2ª categoria, incluídas as próprias vias.
Área predominantemente industrial	Áreas lindeiras às vias expressas de 1ª, 2ª e 3ª categorias, incluídas as próprias vias.

Assim sendo, a Figura 9 apresenta a classificação das áreas na região de estudo, conforme critérios da Instrução Normativa 067/2020.

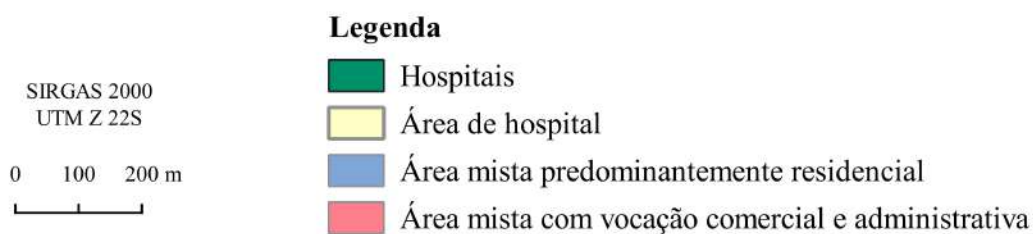
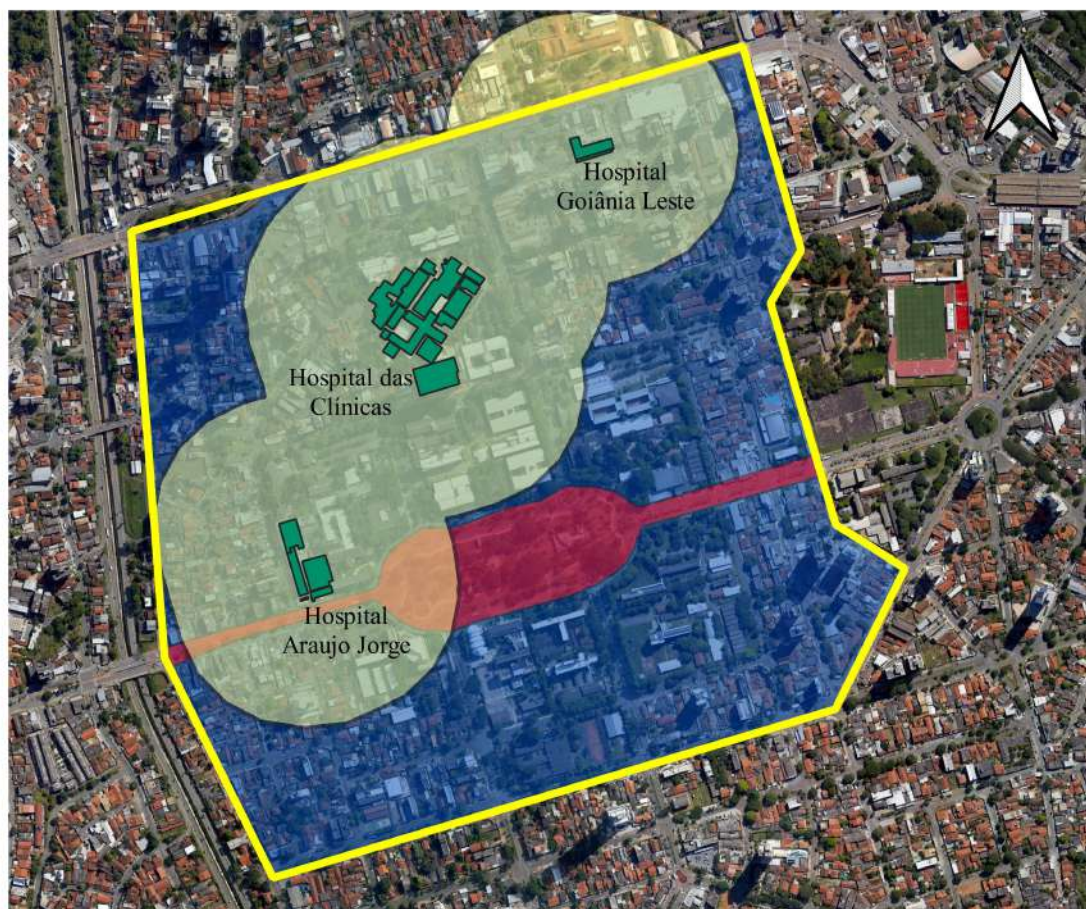


Figura 9 - Classificação dos tipos de área na região de estudo, conforme Instrução Normativa 067/2020. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Por meio da Figura 9 observa-se que a ocupação urbana da área de estudo abrange três classes diferentes. Este fato evidencia uma falta no planejamento da região, de forma a permitir que áreas que requerem baixos níveis de poluição sonora estejam ao lado de locais em que possam ocorrer ruídos mais elevados.

Dessa forma, instituições de saúde, como o Hospital Goiânia Leste e Araújo Jorge situam-se em áreas adjacentes a importantes de vias de trânsito, como a Avenida Anhanguera e Universitária, respectivamente.

Este fato, associado à questão da poluição sonora ser um dos principais fatores ambientais que afetam a saúde humana, trazem uma preocupação quanto à qualidade acústica nestes ambientes, podendo prejudicar o sossego necessário a pacientes em recuperação.

A distribuição da área ocupada pelas edificações na área de estudo é apresentada pela Figura 10.

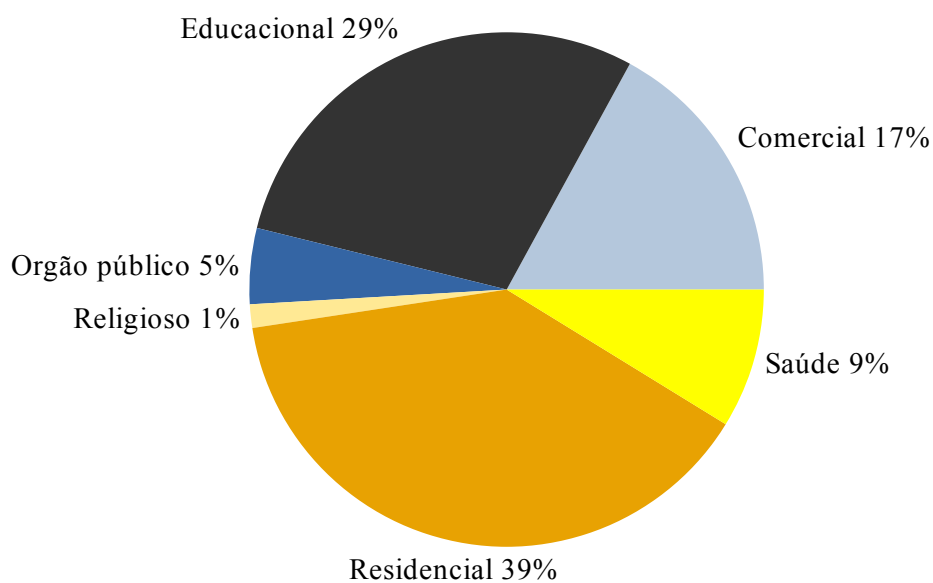


Figura 10 - Distribuição da área ocupada pelas edificações na área de estudo, em %. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Por meio da Figura 10 verifica-se que o uso residencial e educacional ocupam a maior percentagem de área na região. Também há presença significativa de edificações utilizada para fins comerciais, de saúde, órgãos públicos e religiosos. O espaço ocupado por residências também possui uma quantidade considerável de condomínios verticais, que aumenta a densidade demográfica da região e, por consequência, o número de pessoas expostas à poluição sonora.

Para melhor apresentação, os tipos de edificações foram modelados com o uso do *software* QGIS®, a partir de dados de dimensões e localização levantados em campo e por

imagens de satélite. O mapa resultante da modelagem é apresentado na Figura 11, em formato 2.5 D, de forma a considerar a área de estudo expandida, com a inclusão das quadras em seu entorno.

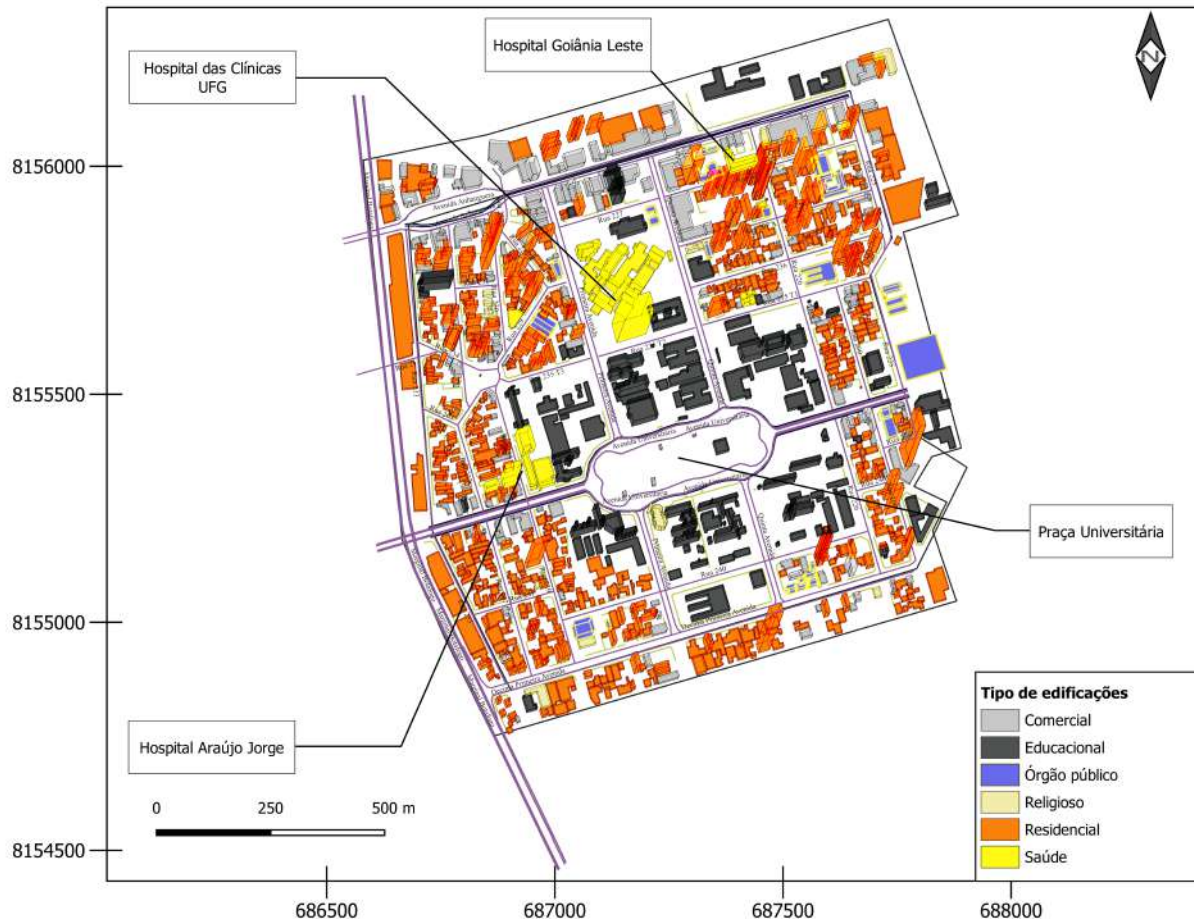


Figura 11 - Mapa da área de estudo, com modelagem da tipologia das edificações presentes na área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Na Figura 11 pode ser observada a espacialização dos tipos de edificações na área de estudo. Dessa forma, verifica-se que os Hospitais: das Clínicas, Araújo Jorge e Goiânia Leste estão localizados próximos a vias coletoras e arteriais, que podem apresentar níveis elevados de ruído proveniente de fonte veicular. Também constata-se que a ocupação residencial distribui-se em grande parte do território, e que o maior número de condomínios verticais ocorre próximo à Avenida Anhanguera, um dos principais eixos rodoviários de Goiânia.

Quanto aos espaços educacionais, estes estão mais concentrados ao redor da Praça Universitária, onde encontram-se diversas faculdades tanto da UFG como da PUC-GO.

A Figura 12 apresenta o mapa de sobreposição das edificações nos tipos de área existentes na região.

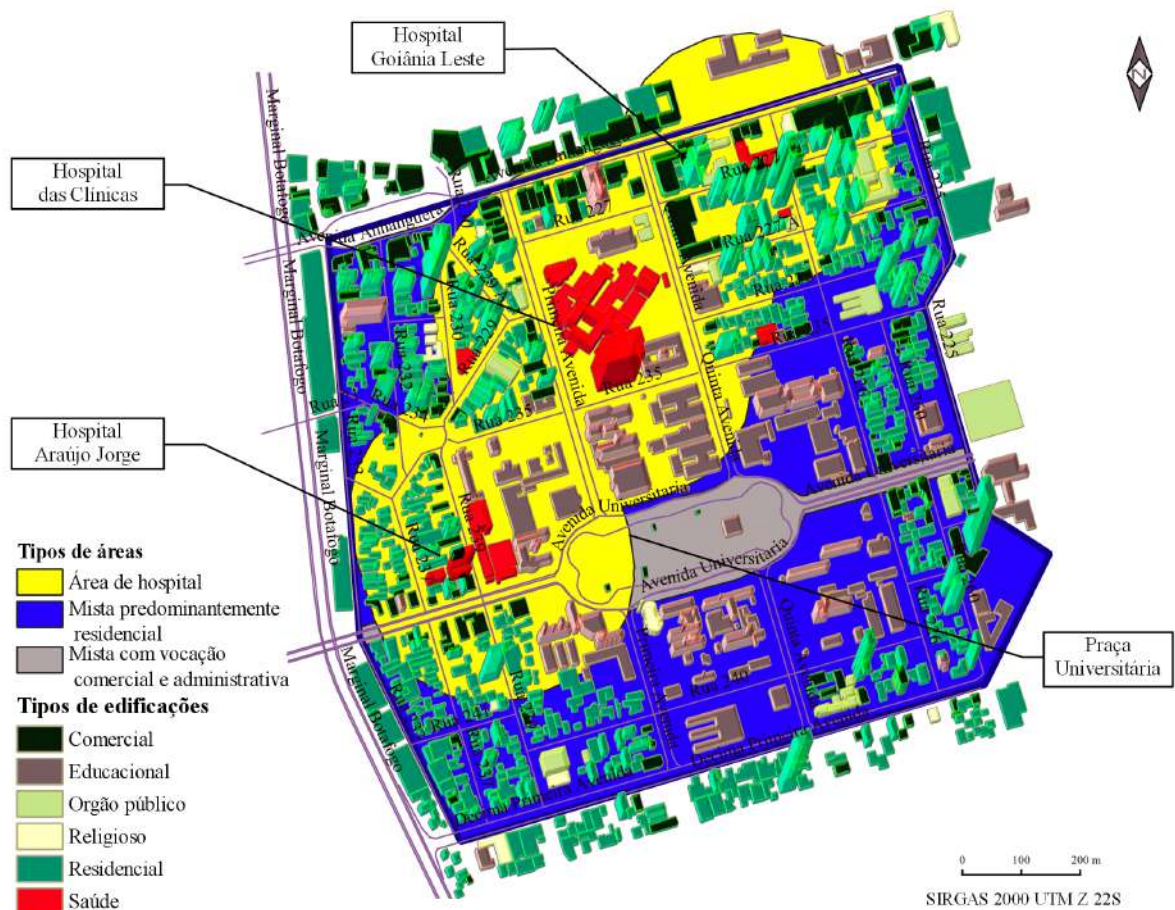


Figura 12 - Sobreposição das edificações modeladas nas classes de áreas identificadas na região de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

A Figura 12 demonstra que a região norte da área de estudo apresenta a maior proporção de seu terreno enquadrado como área de hospital. Entretanto, neste espaço observa-se também a presença significativa de residências, comércios e faculdades, além de abranger parte das Avenidas Anhangueira e Universitária. Isto confere à região uma diversidade de usos de edificações, com grande potencial de poluição sonora, acima dos valores permitidos para áreas de hospitais, que são mais restritos.

Contudo, conforme orientação da Instrução Normativa nº 67/2020 (AMMA, 2020), não é possível enquadrar uma mesma área em classes diferentes. Cada área deve ser classificada de forma a considerar a maior restrição aos níveis de poluição sonora. Assim sendo, para fins de aplicação da norma ABNT NBR 10.151, a área de hospital se sobrepõe à área mista predominantemente residencial, e essa à área mista com vocação residencial e administrativa, conforme indicado no mapa da Figura 12.

### 3.2.2 Níveis de pressão sonora medidos na área de estudo

- **Localização dos pontos de medição**

As medições dos níveis de pressão sonora, executadas entre os dias 30 de agosto e 27 de setembro de 2018, foram realizadas em 102 pontos distribuídos no interior da área de estudo. A Figura 13 apresenta o mapa com a localização espacial dos pontos de medição e suas respectivas identificações (numeração).

A distância média entre os pontos de medição foi de 80 metros, de forma a considerar todos os quadrantes da área avaliada e os tipos de áreas presentes na região classificados conforme a Instrução Normativa (IN) AMMA nº 67/2020. Dos pontos avaliados, 41 encontram-se em área de hospital (40%), 51 em área mista predominantemente residencial (50%) e 10 (10 %) em área mista com vocação comercial e administrativa.

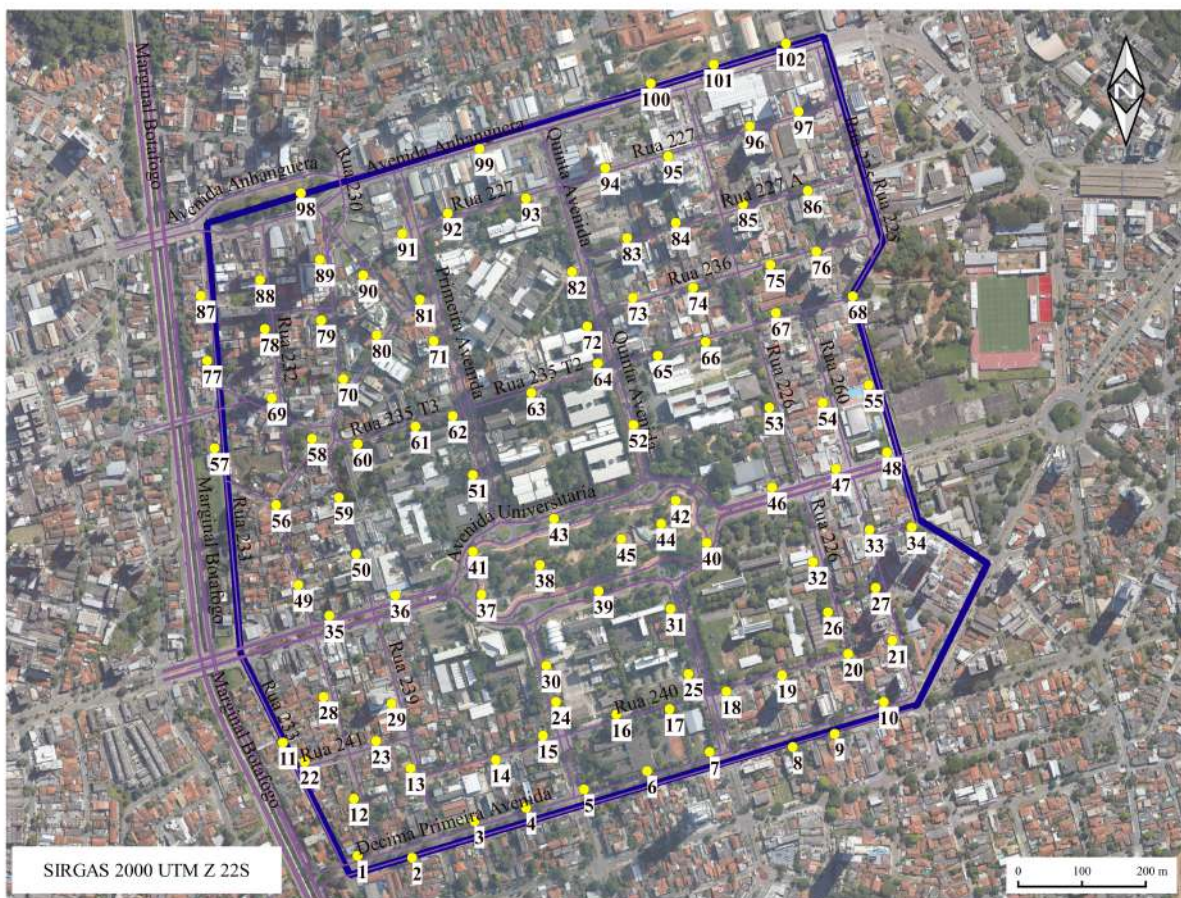


Figura 13 - Pontos de medição de níveis de pressão sonora na área de trabalho. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

• **Níveis de pressão sonora equivalente medidos e comparação com os valores normatizados**

De acordo com a IN 67/2020, os limites de níveis de pressão sonora adotados para o município de Goiânia são estabelecidos de acordo com o tipo de área e o período de medição, a partir dos critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 10.151. Esses limites são apresentados pelo Quadro 3. Os períodos diurno e noturno considerados pela IN nº 67/2020 são de 7 h às 22 h e de 22 h às 7 h, respectivamente. Para domingos e feriados, o período noturno se estende até as 9 h.

Quadro 3 - Limites máximos, em dB, permitidos para Goiânia, conforme IN nº 67/2020 a partir dos valores estabelecidos pela ABNT NBR 10.151:2000 (ABNT, 2000; AMMA, 2020)

<b>Tipo de área (ABNT NBR 10.151:2000)</b>	<b>Classificação correspondente na IN nº67/2020</b>	<b>Período diurno</b>	<b>Período noturno</b>
Área de sítios e fazendas	Área rural do município de Goiânia	40 dB	35 dB
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	Área compreendida no raio de 200 m dos limites de hospitais, clínicas médicas com internação, maternidades e casas de saúde	50 dB	45 dB
Área mista predominantemente residencial	Área limdeira à via coletora e à via local, incluídas as próprias vias, e a área que não se enquadre nos demais tipos de áreas classificadas nesta Instrução Normativa	55 dB	50 dB
Área mista, com vocação comercial e administrativa	Área limdeira às vias arteriais de 1ª e 2ª categorias, incluídas as próprias vias;	60 dB	55 dB
Área mista com vocação recreacional	Não abordada na IN nº 67/2020	65 dB	55 dB
Área predominantemente industrial	Área limdeira às vias expressas de 1ª, 2ª e 3ª categorias, incluídas as próprias vias.	70 dB	60 dB

Todas as medições de níveis de pressão sonora foram realizadas no período vespertino, entre as 14 h e 17 h. Três classes foram identificadas na área de estudo: estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, mista predominantemente residencial e mista

com vocação comercial e administrativa. Assim sendo, os limites adotados para comparação com os valores obtidos referem-se ao período diurno, para as classes de áreas mencionadas.

Os níveis de pressão sonora equivalente medidos nos pontos avaliados são apresentados na Figura 14 e no Apêndice IV.

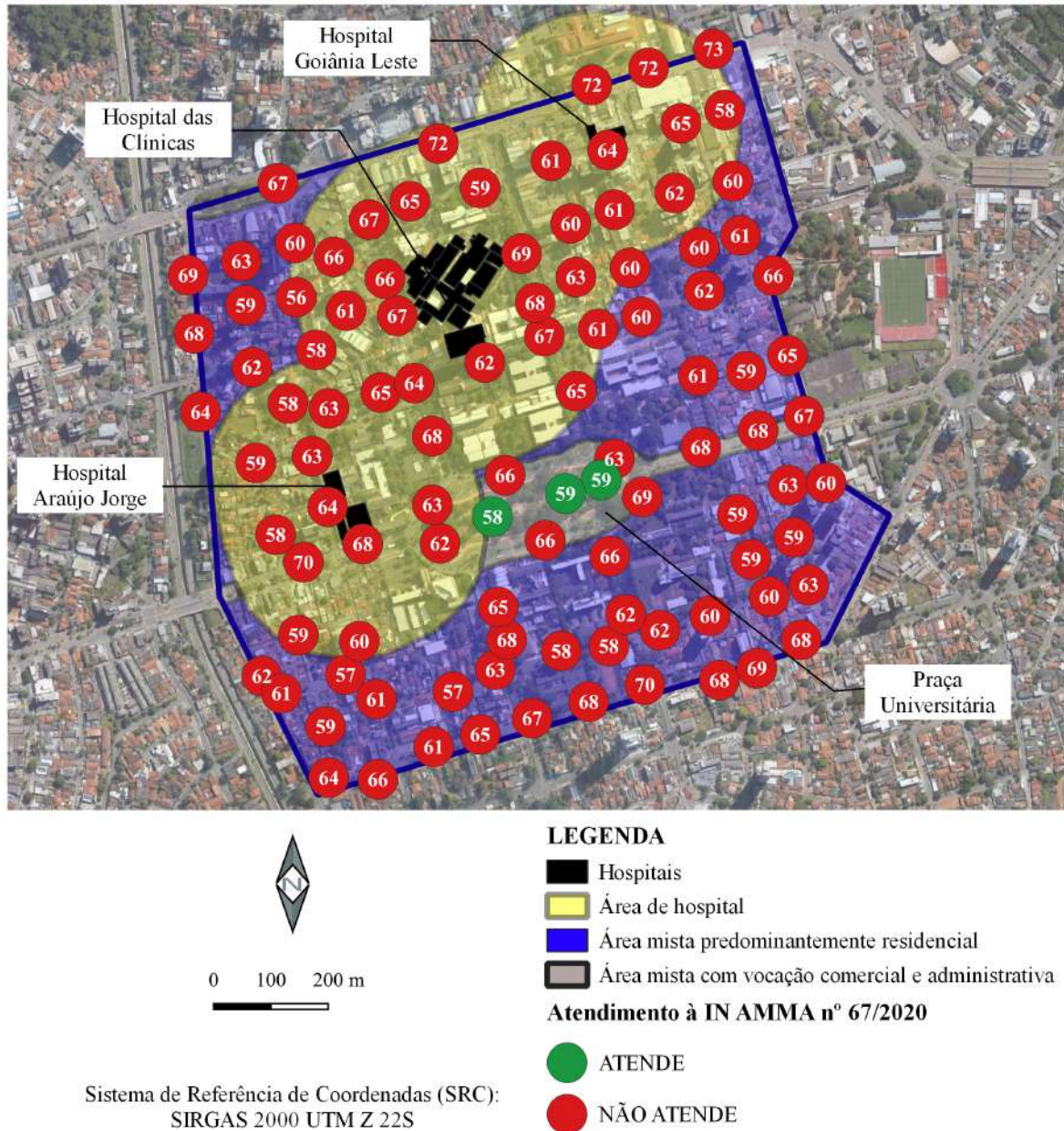


Figura 14 - Mapa dos níveis de pressão sonora equivalente determinados nos pontos de medição, em comparação com os limites adotados pela IN AMMA 67/2020. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Apenas 3 pontos apresentaram resultados abaixo dos estabelecidos na ABNT:NBR 10.151:2000. Estes 3 pontos estão localizados mais distantes das vias de trânsito, no interior



da Praça Universitária, em uma região enquadrada como área mista com vocação comercial e administrativa, em que os limites máximos de poluição sonora são mais elevados.

Uma questão importante a ser analisada é o fato da IN AMMA 67/2020 considerar somente os hospitais dentro do tipo de área de estritamente residencial urbana, ou de hospitais ou de escolas, apresentado pela ABNT NBR 10.151. Dessa forma, em muitas situações, instituições de ensino e aprendizagem, como escolas, universidades, bibliotecas e creches, que requerem maior nível de atenção por seus frequentadores, podem estar situadas em regiões onde são permitidos níveis mais altos de poluição sonora, como ocorre com a Biblioteca Marieta Telles Machado, localizada na Praça Universitária.

Quanto à região considerada como predominantemente residencial, assim como na área de hospitais, todos os valores obtidos superaram os limites da norma ABNT NBR 10.151. Esses resultados são preocupantes pois as áreas residenciais são essenciais para o descanso e sossego da população, principalmente de crianças e pessoas idosas, que permanecem por mais tempo nestes espaços. Especificamente sobre a área de hospitais, todos os pontos medidos neste espaço foram superiores aos permitidos pela ABNT NBR 10.151. Alguns dos pontos avaliados localizavam-se praticamente em frente a essas unidades de saúde, nos quais foram obtidos resultados de 64 e 68 dB para o Hospital Araújo Jorge, 62, 67 e 66 dB para Hospital das Clínicas e 64 dB para o Hospital Goiânia Leste. Esses valores indicam que nos pontos bem próximos aos hospitais, há uma extrapolação entre 24 e 36% do limite estabelecido de 50 dB para essa classe de área, conforme ABNT NBR 10.151.

Em comparação a estudos abordando o tema de ruído veicular no trânsito na cidade de Goiânia, a Figura 15 apresenta mapa com os resultados de LAeq geral obtidos em outros trabalhos. Os valores de LAeq geral estão indicados no interior dos círculos.

Por meio da análise da Figura 15 observa-se que os maiores níveis de pressão sonora foram obtidos nos estudos realizados por Lima (2016), Reis (2014) e Santos (2019), respectivamente no Setor Central (84 dB), na Vila Morais (73 dB) e na Região da Av. 44 (71 dB). O Setor Central e a Região da Av. 44 apresentam uma elevada atividade comercial que contribuem significativamente para os altos valores medidos. Já os pontos na Vila Morais localizam-se próximos à BR-153, com alta movimentação de veículos, incluindo caminhões de grande porte, com elevados índices de emissão sonora. Assim sendo, o valor de LAeq geral calculado para a área do Setor Leste Universitário, analisada neste estudo, aproximou-se mais do resultado obtido no Setor Marechal Rondon, por Oliveira (2017). Essa semelhança pode ser compreendida devido ao fato de ambos os setores apresentarem características em comum, como áreas residenciais significativas, além de contar com a presença de zonas de hospitais.

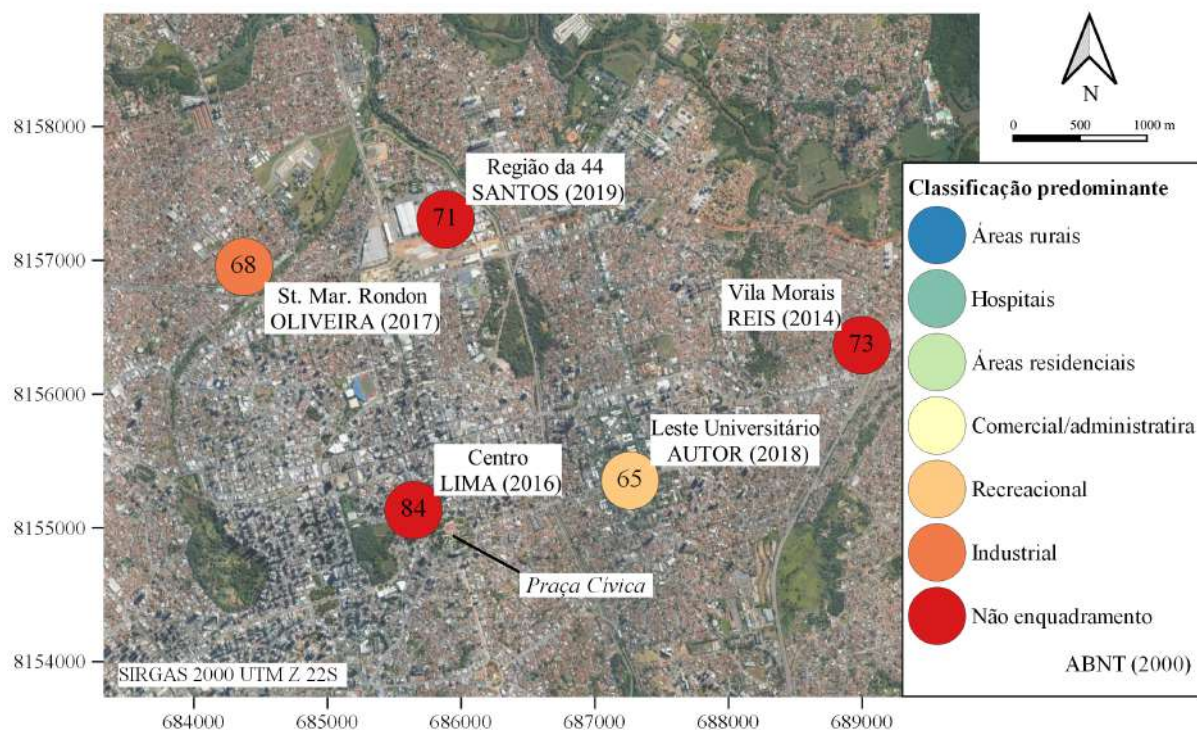


Figura 15 - Níveis de pressão sonora equivalente geral (LAEq geral) obtidos em estudos na cidade de Goiânia. Os números no interior dos círculos representam o valor de LAEq geral obtido em cada trabalho. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

### 3.2.3 Modelagem dos níveis de poluição sonora gerados pelo trânsito rodoviário na área de estudo

- **Mapa de interpolação dos dados medidos**

A partir dos dados de níveis de pressão sonora equivalente determinados nos pontos de medição na área de estudo, foi produzido o mapa de ruído ambiental provocado pelo trânsito de veículos rodoviários nessa região. Este mapa foi elaborado com o uso da técnica de interpolação por krigagem ordinária. O mapa obtido é apresentado pela Figura 16.

O mapa de ruído ambiental da área de estudo apresentado na Figura 16 indica que a região com maiores níveis detectados de pressão sonora está localizada principalmente ao longo da Avenida Anhanguera, com valores entre 68 e 72 dB. Esta via de tráfego apresenta, como diferenciais, uma maior atividade comercial em sua extensão e a presença do sistema de transporte público coletivo Bus Rapid Transit (BRT) Leste Oeste, popularmente conhecido como Eixo Anhanguera. Em decorrência deste sistema, há o fluxo de ônibus articulados e bi-articulados utilizados no transporte público, que apresentam elevadas emissões de ruído de

motor. A substituição destes ônibus por veículos mais modernos, com menores emissões de níveis de potência sonora é uma alternativa para promover a redução dos ruídos existentes nesta região.

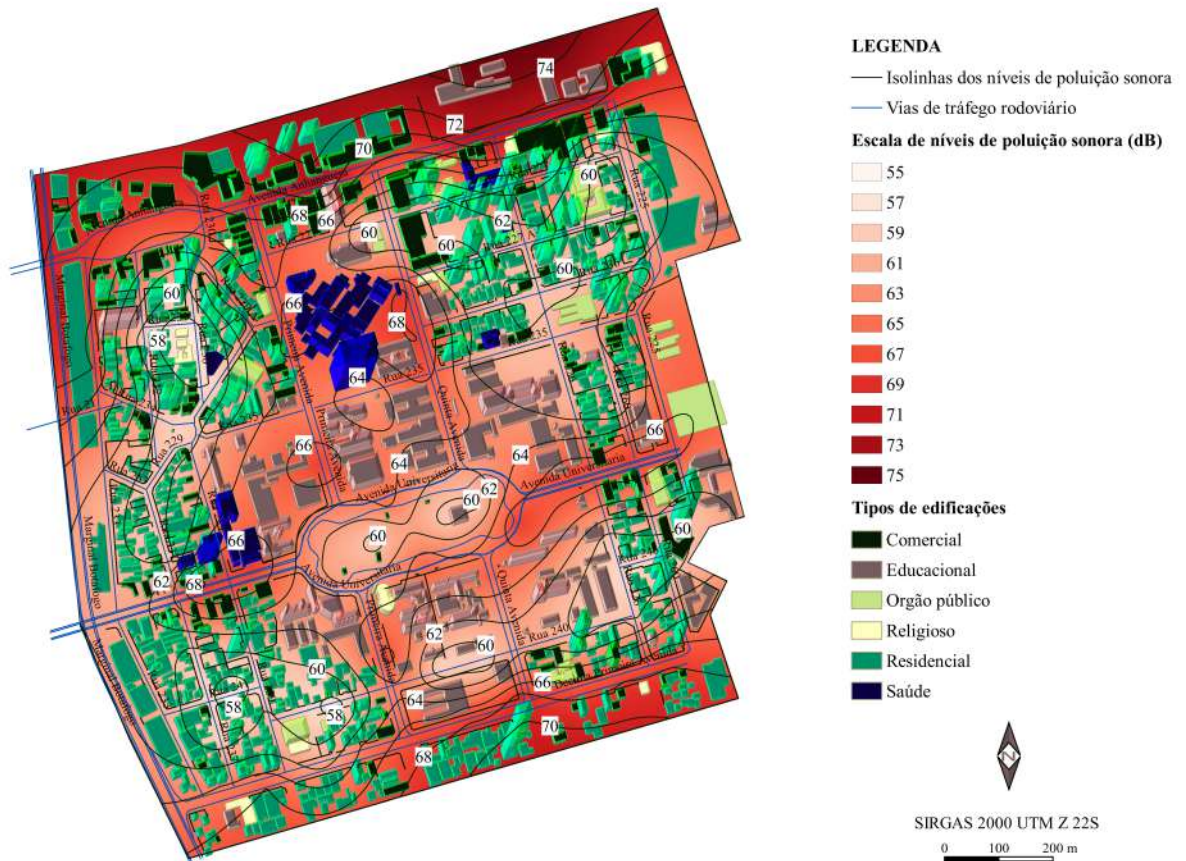


Figura 16 - Mapa de ruído ambiental produzido por interpolação dos níveis de pressão sonora equivalente medidos, a partir da técnica de krigagem ordinária (Fonte: elaborado pelo autor, 2021).

As áreas com menores níveis mapeados de poluição sonora ocorrem nos setores residenciais. Nesses espaços foi observada uma menor circulação de veículos pesados, como ônibus e caminhões que, associada a menores fluxos veiculares em comparação a regiões comerciais ou administrativas, contribuem para a redução dos valores de ruído ambiental observados nesses locais.

Quanto às áreas externas dos hospitais, o mapa de interpolação dos dados apontam para uma degradação da qualidade sonora destes espaços provocada pela circulação de veículos nas vias próximas. Este fato indica a necessidade de uma maior atenção para mitigar esta questão, principalmente nos espaços internos de hospitais que se encontram próximos a vias com movimentação significativa de veículos e que haja pessoas internadas em tratamento de

saúde. Além dos estabelecimentos de políticas públicas de controle da poluição sonora, uma alternativa que pode contribuir é o uso de materiais isolantes sonoros, que protejam os interiores dos hospitais do ruído ambiental externo.

Assim como nas áreas de hospitais, os locais externos das instituições destinadas à educação na área de estudo também apresentam degradação da qualidade sonora promovida pelo fluxo de veículos nas vias de tráfego. As principais faculdades estão situadas próximas à Praça Universitária, ao longo da Avenida Universitária e da 1ª e 5ª Avenidas. Importante ressaltar que os níveis de poluição sonora observados nessas regiões podem ser consequência das próprias atividades educacionais, devido ao alto fluxo de estudantes que frequentam estes espaços.

Em relação aos espaços religiosos, destaca-se duas instituições localizadas na área de trabalho. A primeira é a Paróquia São João Evangelista, situada na Avenida Universitária, ao lado da Praça Universitária. Neste ponto, o mapa de interpolação indica níveis consideráveis de ruído ambiental, sendo esses decorrentes do fluxo de veículos na Avenida Universitária e na 1ª Avenida, adjacentes a esta unidade religiosa. Entretanto, a existência de isolantes sonoras na construção deste edifício permite o maior silêncio e sossego em seu interior, fundamentais para as atividades espirituais desenvolvidos no local.

A segunda instituição destacada é a Convenção Batista Goiana, situada na via R230. Neste local, os níveis de poluição sonora foram relativamente menores que em outros pontos da área de estudo. O fato desta unidade religiosa estar inserida em uma região basicamente residencial, com poucos comércios ao redor, contribuiu para uma menor poluição sonora decorrente do trânsito, quando comparada à área externa da Paróquia São João Evangelista, na região da Praça Universitária.

- **Parâmetros de modelagem da propagação sonora veicular**

- i. **Fluxo veicular médio**

O fluxo veicular médio foi determinado simultaneamente às medições de níveis de pressão sonora realizadas na área da pesquisa. Os dados horários foram calculados por proporção direta, a partir dos valores de fluxo obtidos durante as medições (10 minutos).

As Figuras de 17 e 18 apresentam os mapas do fluxo veicular nas vias de tráfego da região para as motocicletas e veículos leves, respectivamente.

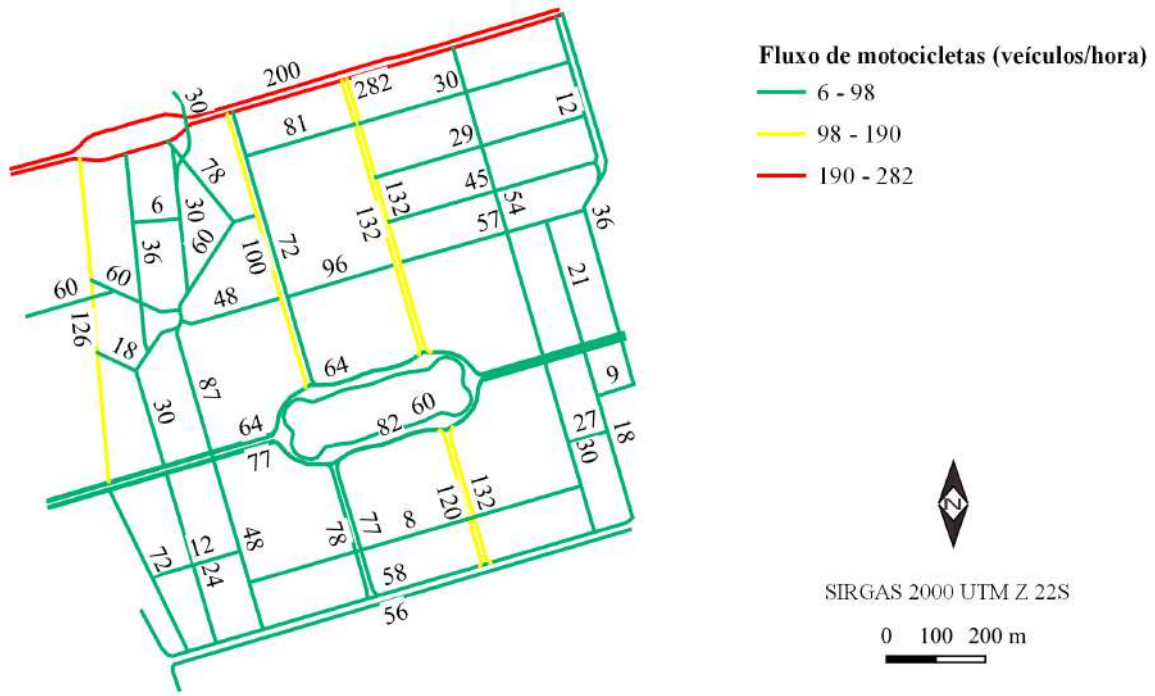


Figura 17 - Mapa representativo do fluxo de motocicletas, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor, (2021).

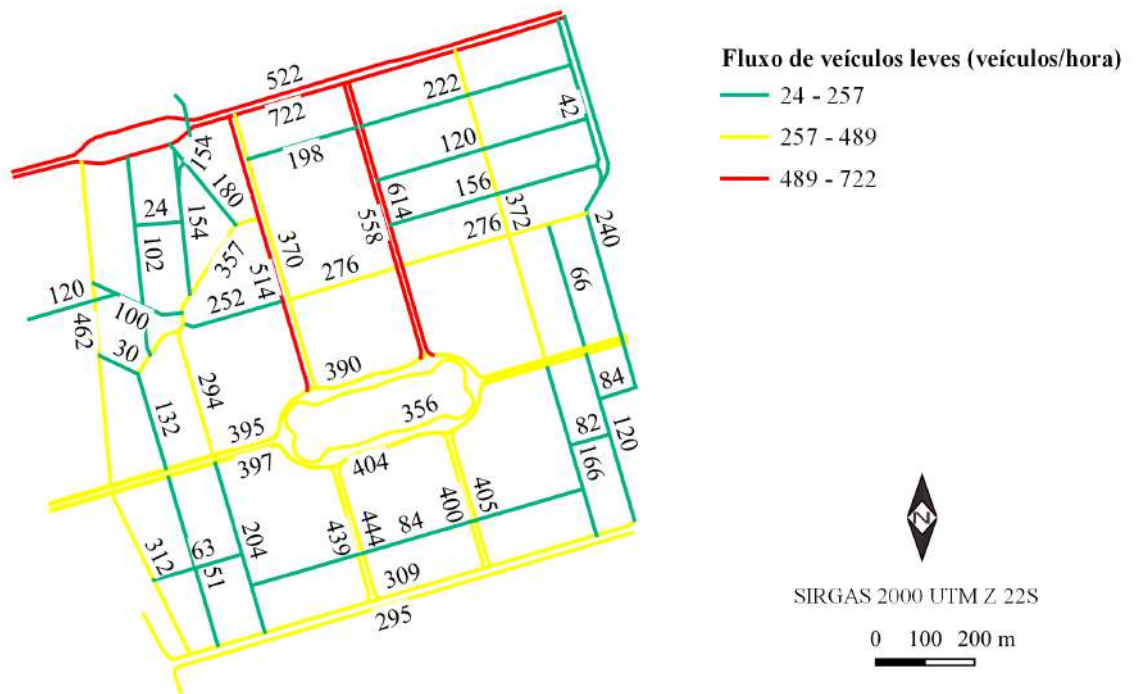


Figura 18 - Mapa representativo do fluxo de veículos leves, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Conforme a Figura 17, observa-se que o maior fluxo de motocicletas está localizado na Avenida Anhanguera, ao norte da área de estudo. Esta via é um importante canal de ligação rodoviário que se estende ao longo do eixo leste-oeste de Goiânia. Dessa forma, o número de motocicletas observado nesta via foi expressivo. Também destaca-se o fluxo de motocicletas na Primeira Avenida e Quinta Avenida, bem como na Rua 233.

Por meio da Figura 18, observa-se que, assim como no fluxo de motocicletas, a Avenida Anhanguera também apresenta um volume mais significativo de veículos leves, juntamente com a Primeira e a Quinta Avenida. Essas últimas são importantes eixos de ligação da região da Praça Universitária até a Avenida Anhanguera, o que contribui para os fluxos mais elevados obtidos nestas vias.

A Figura 19 apresenta o fluxo de veículos tipo médios nas vias de tráfego da área de estudo. O maior fluxo de veículos médios também foi observado na Avenida Anhanguera. A 11ª Avenida também apresentou uma quantidade significativa, principalmente por se tratar de via para algumas linhas do transporte coletivo público.

Já a Rua 239 caracteriza-se pela presença de alguns restaurantes e lanchonetes, em decorrência do Hospital Araújo Jorge, que atrai o fluxo de caminhões na região. E a Rua 225 é um via de ligação entre a Avenida Universitária e a Avenida Anhanguera, que, normalmente, permite melhor trânsito para caminhões entre essas avenidas, sem necessidade de trafegar na região da Praça Universitária.

A Figura 20 apresenta o fluxo nas vias de tráfego destinadas exclusivamente para a circulação de ônibus do transporte público coletivo.

Quanto às vias destinadas exclusivamente para ônibus de transporte público, existem dois sistemas na área de trabalho: o Eixo Leste-Oeste, na Avenida Anhanguera, e o Eixo da Avenida Universitária. Este apresentou um fluxo maior de veículos, justificável por conter também maior número de linhas de transporte.

Já o Eixo Leste-Oeste, apresentou uma quantidade menor de veículos, tendo em vista que há apenas uma linha de transporte nesta via exclusiva. Entretanto, o Eixo da Avenida Anhanguera caracteriza-se por utilizar veículos de porte pesado, articulados ou biarticulados, com potência de emissão sonora acima dos outros tipos de veículos que circulam pela área de estudo.

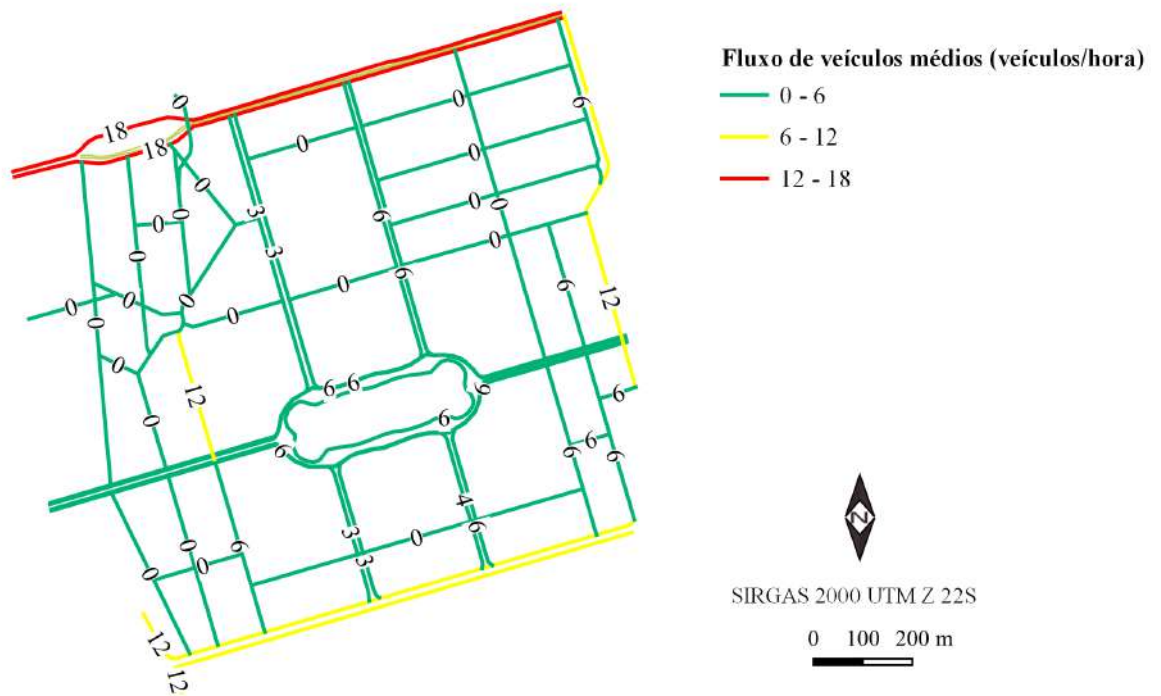


Figura 19- Mapa representativo do fluxo de veículos médios, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

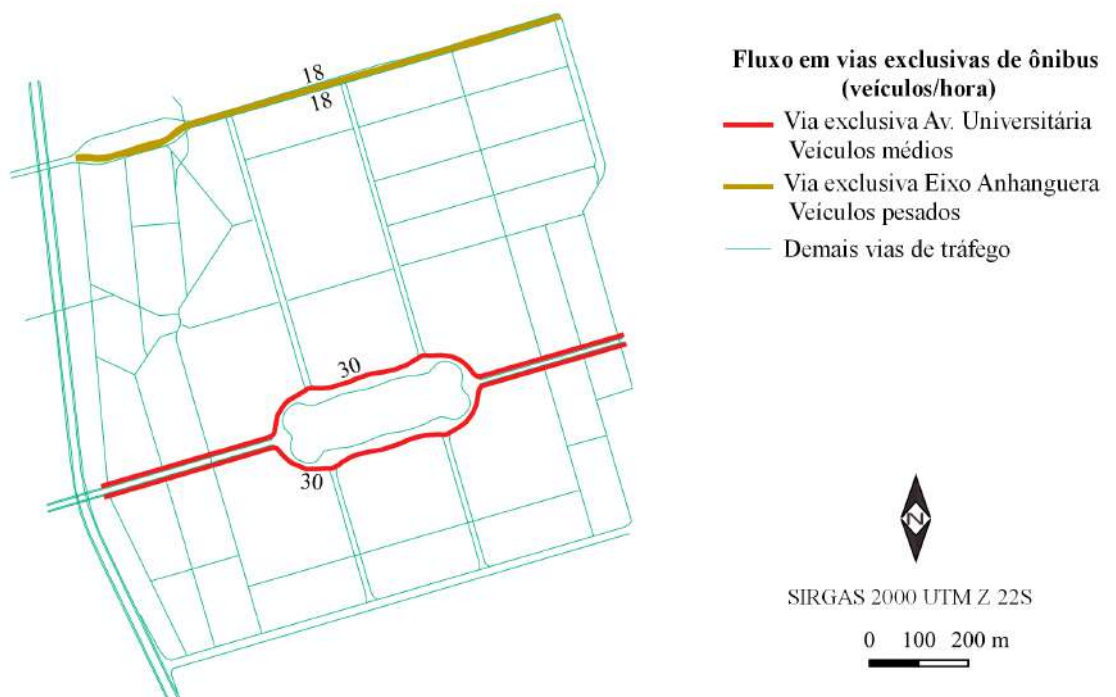


Figura 20- Mapa representativo do fluxo nas vias exclusivamente destinadas a ônibus, em veículos por hora, nas vias de tráfego da área de estudo (Fonte: elaborado pelo autor, 2021).

## ii. Velocidade veicular média

A Figura 21 apresenta a velocidade média dos veículos obtidas nas vias de tráfego da área de trabalho.

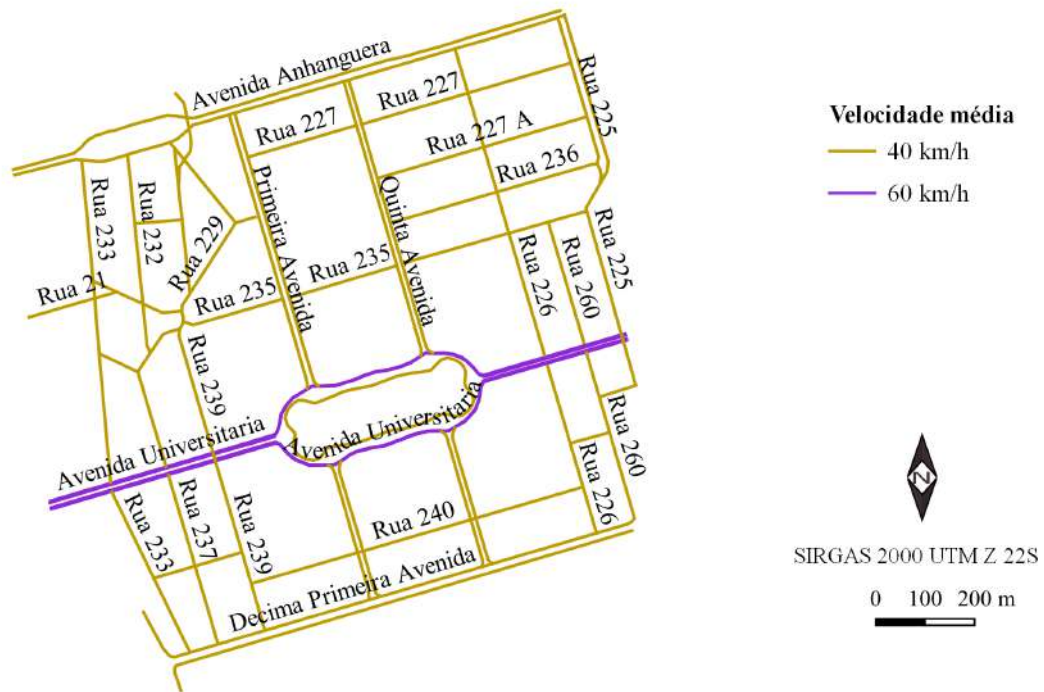


Figura 21 - Mapa da velocidade média de tráfego veicular nas vias da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Conforme apresentado na Figura 21, a via com maior velocidade média de veículos é a Avenida Universitária, onde o limite máximo permitido é de 60 km/h, com presença de fiscalização eletrônica. Também há faixa exclusiva para ônibus e sinalização semafórica sincronizada na maioria de seus cruzamentos, o que facilita o desenvolvimento de maiores velocidades.

Já a Avenida Anhanguera têm seu tráfego prejudicado pela presença das vias do BRT Eixo Leste-Oeste, que provoca um menor espaço para as vias laterais, onde há somente duas faixas e, muitas vezes, uma delas é utilizada como estacionamento. Esse fato contribui para justificar a menor velocidade observada no local.

As demais vias da área de estudo apresentam em seu trajeto cruzamentos com outras vias sem sinalização semafórica, o que requer maior precaução dos condutores, fato este que pode explicar as velocidades observadas nessas vias.



Os dados de velocidade e fluxo médio de veículos medidos nas vias da área de estudo são apresentados no Apêndice V.

### iii. Dados meteorológicos

Os valores médios de temperatura, umidade e pressão atmosférica, calculados a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (2018), para o período vespertino (14:00-17:00 h), entre os dias 30 de agosto e 27 de setembro de 2018, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados meteorológicos de Temperatura, Pressão e Umidade (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2018).

<b>Parâmetro meteorológico</b>	<b>Valor médio</b>	<b>Desvio padrão</b>
Temperatura (K)	306,83	2,77
Umidade relativa do ar (%)	24,99	10,75
Pressão atmosférica (kPa)	95,41	0,17

### iv. Altimetria da área de estudo

As Figuras 22 e 23 apresentam, respectivamente, o mapa das curvas de nível, com equidistância de 5 m, disponibilizadas pela Prefeitura de Goiânia (2020), e de projeção no solo das altitudes da área de estudo.

Por meio das Figuras 22 e 23 verifica-se que a maior declividade na região analisada está na direção noroeste-sudeste, com uma variação aproximada de 60 m, que corresponde a um valor de 4,4 cm.m<sup>-1</sup>. De acordo com a classificação apresentada por Pereira et al. (2021), essa declividade corresponde a um terreno classificado com suave ondulado.

Já a menor declividade é observada na direção nordeste-sudoeste, com valor de, aproximadamente, 1,5 cm.m<sup>-1</sup>, com classificação plana, conforme enquadramento apresentado por Pereira et al. (2021). Assim sendo, de forma geral, a área de estudo apresenta um terreno plano a suave ondulado.

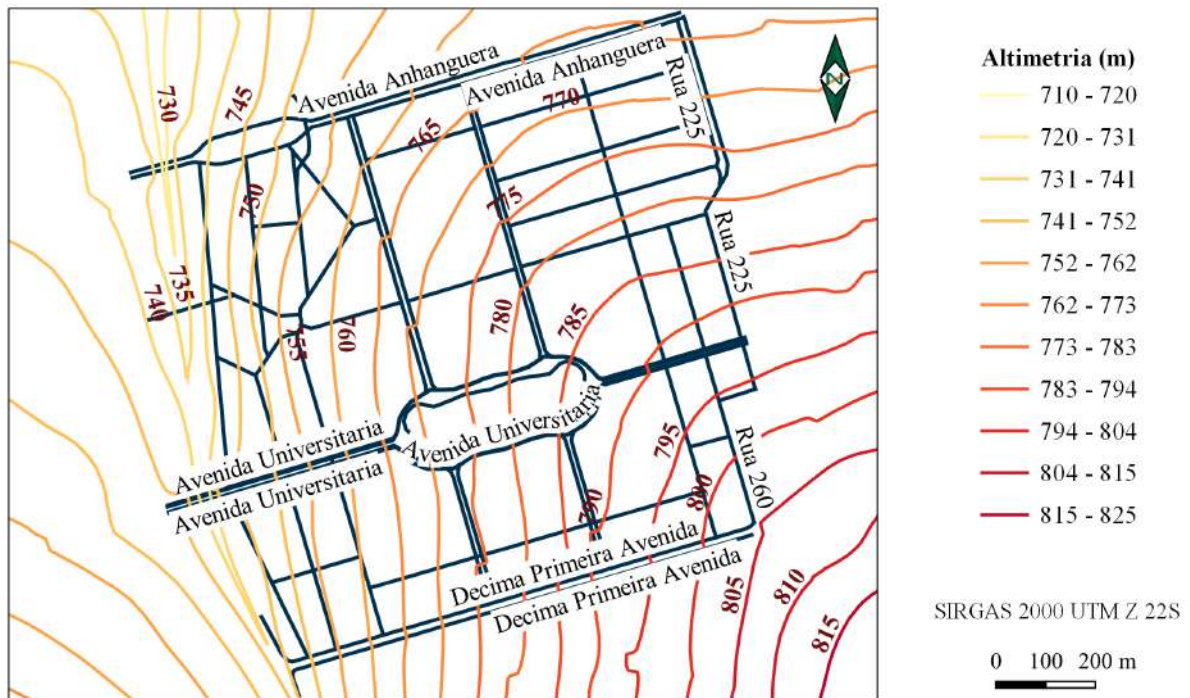


Figura 22 - Mapa das curvas de nível altimétricas da área de estudo. Fonte: Prefeitura de Goiânia (2020), adaptado pelo autor (2021).

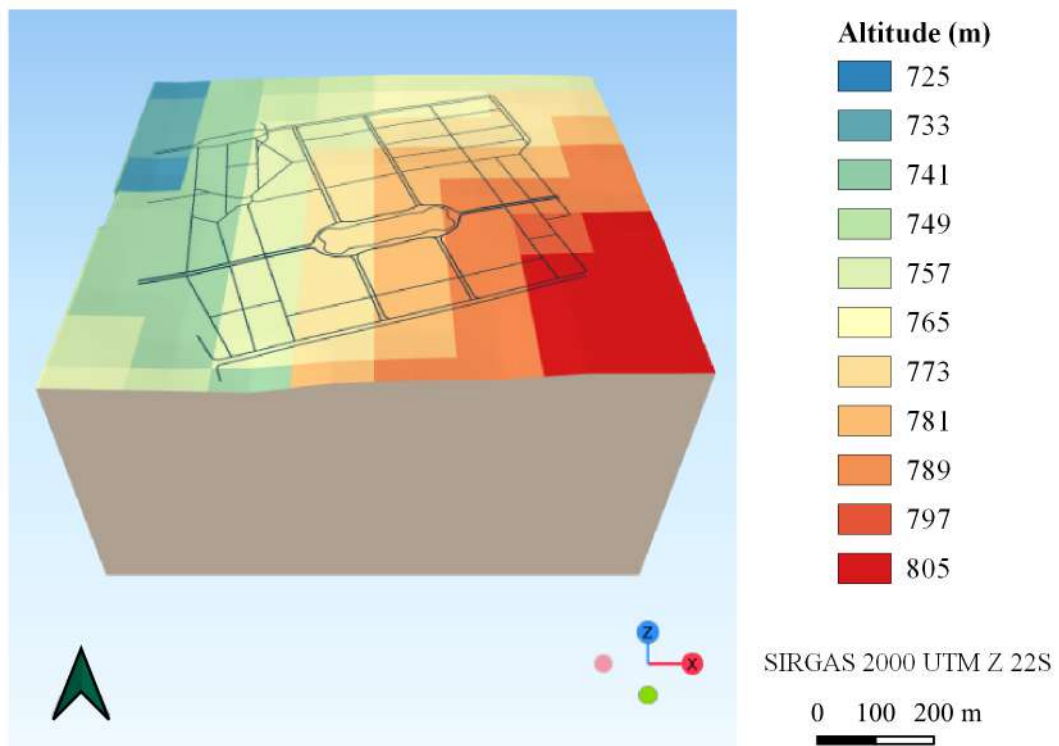


Figura 23 - Projeção no solo das altitudes da área de estudo. Fonte: Prefeitura de Goiânia (2020), adaptado pelo autor (2021).

### v. Potência de emissão sonora por unidade veicular

A Tabela 3 apresenta os valores da potência sonora, emitida por unidade de veículo (Lw), distribuídos por banda de oitava, na faixa entre 31 e 8.000 Hz, para as categorias de veículos tipo Motocicletas, Leves, Médios e Pesados, utilizadas inicialmente na modelagem de propagação sonora veicular, por meio do *software* iNoise®.

Tabela 3 – Potência sonora de emissão veicular unitária, em dB, na curva de ponderação A, adotadas inicialmente no *software* iNoise®. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Tipo de veículo	31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Motocicletas	61,96	67,89	79,41	80,70	86,39	91,41	90,80	87,93	81,97
Leves	62,72	68,72	71,82	78,06	85,33	93,28	91,45	84,06	73,92
Médios	69,37	75,37	79,36	88,78	94,06	98,33	95,25	88,51	80,72
Pesados	72,23	78,23	83,87	92,14	98,35	100,68	96,77	91,48	83,54

A Figura 24 apresenta, graficamente, os valores dessas potências sonoras, por unidade de veículo, utilizadas como dados de entrada para a modelagem de propagação sonora.

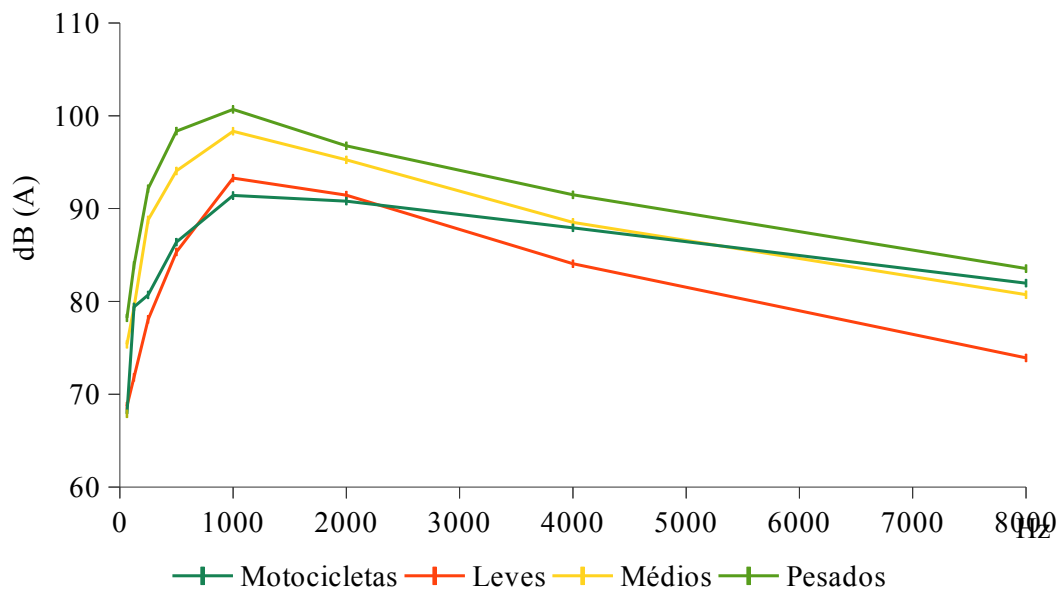


Figura 24 - Potências individuais de emissão sonora, por tipo de veículo, adotadas inicialmente no *software* iNoise®, conforme variação das frequências. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

## vi. Modelagem da propagação sonora veicular na área de estudo.

A modelagem de propagação sonora na área de estudo, a partir das emissões veiculares, foi realizada tendo-se como dados de entrada os seguintes parâmetros: fluxo e velocidade média por tipo de veículos, dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica), edificações e barreiras, altimetria e potência sonora veicular unitária.

O ambiente com os dados de parametrização foi construído com o uso do programa computacional QGIS® e exportado para o *software* iNoise® para a execução do procedimento de modelagem.

A Figura 25 apresenta o gráfico da variação dos dados de níveis de pressão sonora equivalentes modelados inicialmente pelo iNoise®, sem ajustes realizados, em relação aos valores medidos em campo.

De acordo com Paiva et al. (2019), a variação máxima permitida para que a modelagem seja considerada adequada é de  $\pm 4,6$  dB. Conforme apresentado pela Figura 25, observa-se que todos os dados modelados inicialmente pelo *software* iNoise® ficaram acima do limite superior aceitável, evidenciando que a modelagem não apresentou, a princípio, resultados satisfatórios. Entretanto, é válido ressaltar que os dados de potência sonora utilizados nesta primeira modelagem referem-se a valores adotados na Europa, por meio do método CNOS-SOS.

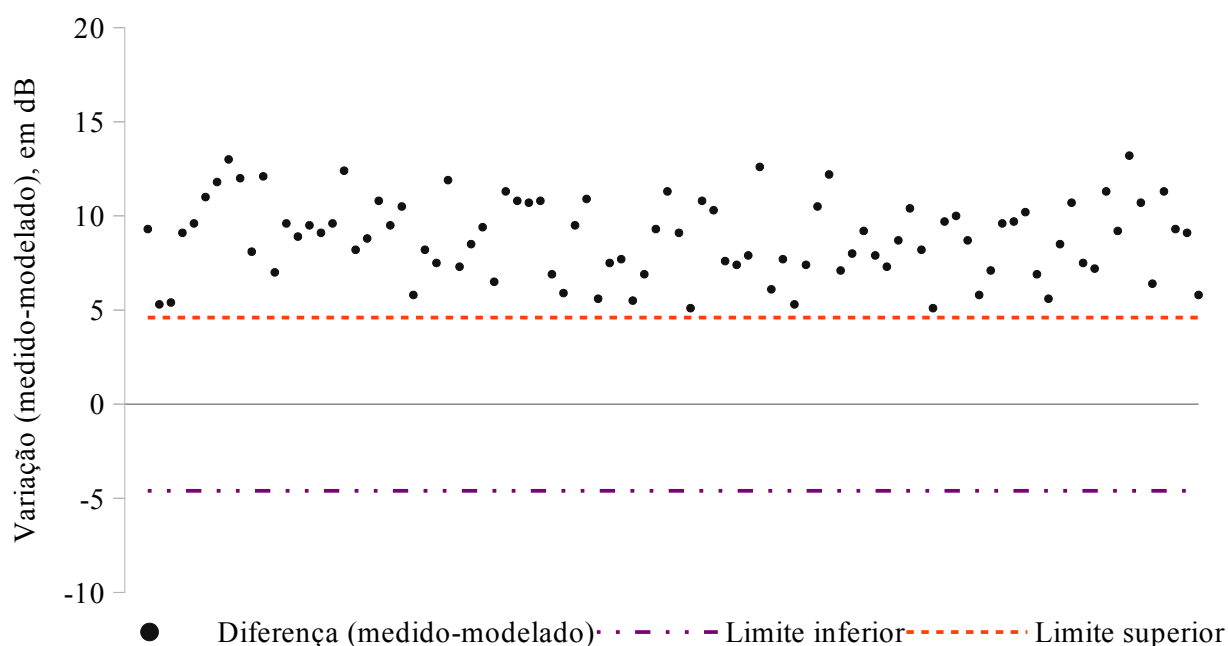


Figura 25 - Gráfico de variação entre os valores de níveis de pressão sonora equivalente obtidos na modelagem inicial (sem ajustes) e os dados medidos em campo, na área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Assim sendo, realizou-se a variação dos fatores: potência de emissão sonora unitária, fluxo e velocidade veicular, por meio da técnica de planejamento fatorial, com o uso do *software* Chemoface<sup>®</sup>, a fim de avaliar o impacto destes parâmetros na qualidade sonora da área de estudo e estimar o melhor ajuste dos dados de entrada para uso na modelagem.

A Tabela 4 apresenta a matriz do planejamento fatorial utilizado para a realização da sequência de ensaios, com as respectivas variações nas intensidades dos fatores abordados e o nível de pressão sonora equivalente geral (L<sub>Aeq</sub> geral) modelado a partir de cada conjunto de variação realizada.

A partir das variações e valores de L<sub>Aeq</sub> geral apresentados na Tabela 4, foi aplicada, por meio do *software* Chemoface<sup>®</sup>, a técnica de modelagem por planejamento fatorial para avaliar quais os fatores, dentre os avaliados, que mais influenciam nos índices de ruído ambiental decorrentes do tráfego rodoviário na área da pesquisa.

Tabela 4 - Matriz do planejamento fatorial com respectivas variações aplicadas nas intensidades dos fatores analisados e o nível de pressão sonora equivalente (L<sub>Aeq</sub> geral) modelado. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Nº do ensaio de modelagem	Variação dos fatores analisados (em %)			L <sub>Aeq</sub> geral (dB) modelado
	Fluxo	Velocidade	Emissão	
1	-20	-20	-20	37,4
2	20	-20	-20	39,1
3	-20	-20	20	73,8
4	20	-20	20	75,6
5	-20	20	-20	35,6
6	20	20	-20	37,4
7	-20	20	20	72,1
8	20	20	20	73,8
9	0	0	0	55,5
10	0	0	0	55,5

Dessa forma, a Figura 26 apresenta o efeito de cada fator e as interações entre eles sobre o nível de pressão sonora geral da área de estudo.

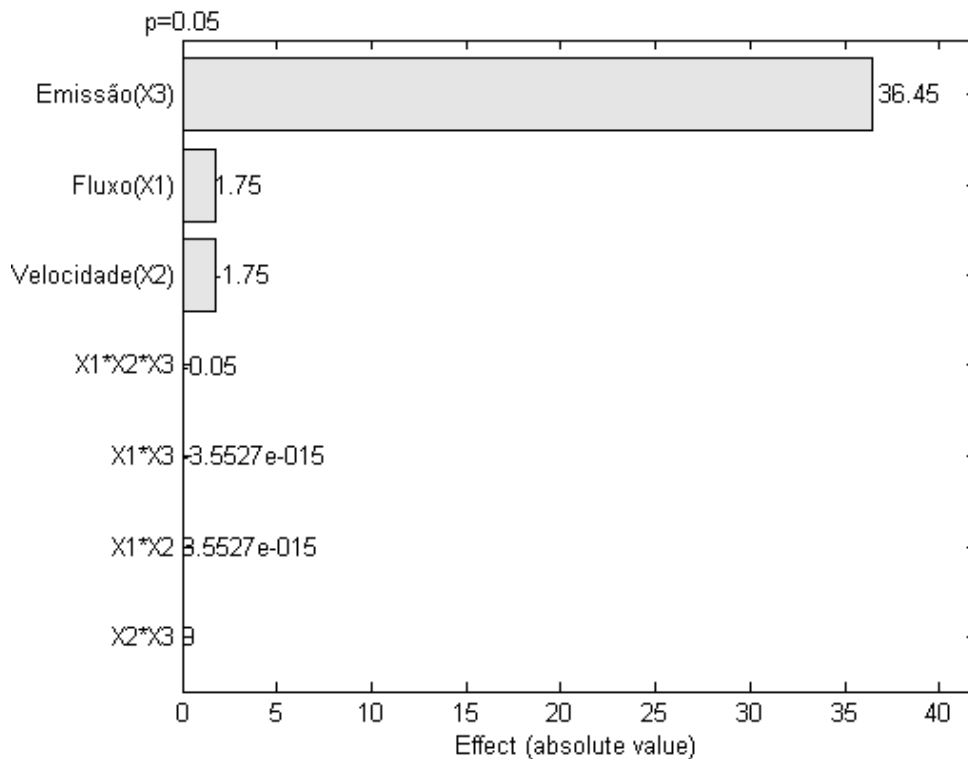


Figura 26 - Efeitos dos fatores e de suas interações sobre o nível de pressão sonora geral (LAeq geral) da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do software Chemoface®.

Por meio da Figura 26 observa-se, de forma bem significativa, que o fator com maior efeito sobre o LAeq geral da área de estudo foi a potência de emissão sonora por unidade veicular (Emissão). A velocidade e o fluxo médio de veículos nas vias da área de estudo também apresentaram um determinado efeito sobre o LAeq geral, porém com intensidade bem inferior ao apresentado pela potência de emissão sonora unitária. Já as interações entre os fatores analisados apresentaram efeitos bem inferiores aos observados para os fatores isoladamente.

Inicialmente foi verificado se a superfície de resposta apresenta comportamento linear dentro da faixa de variação dos fatores aplicada (+/- 20%). Nesse sentido a função calculada pelo *software* Chemoface® é apresentada pela Equação 11.

$$\text{LAeq(geral)} = 55,58 + 0,0438 \cdot f - 0,0437 \cdot v + 0,9113 \cdot p \quad (11)$$

em que:

LAeq (geral): nível de pressão sonora equivalente geral modelado pelo *software* iNoise® para a área de estudo (dB);

f: variação do fluxo veicular horário médio nas vias de tráfego da área de estudo (%);

v: variação da velocidade média veicular na área de estudo (%);  
 p: variação da potência de emissão sonora veicular unitária (%).

A partir dos dados de LAeq (geral) calculados por meio da Equação 11 e dos dados obtidos com variações do planejamento fatorial apresentado pela Tabela 4, foi elaborada a curva de ajuste para verificação do comportamento linear. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) calculado foi de 1,0000, indicando uma linearidade satisfatória entre os dados analisados. A Figura 27 apresenta a curva de ajuste obtida, evidenciando que a função linear apresentou ajuste adequado para ser considerada dentro da faixa de variação deste estudo.

Para a aplicação da metodologia de superfície de resposta, considerou-se somente o fator de potência sonora veicular, por apresentar impacto de 36,45 dB no resultado de LAeq (geral), acima do erro máximo permitido para a modelagem (+/- 4,6 dB). O fluxo e a velocidade média veicular apresentaram efeitos iguais a 1,75 dB e -1,75 dB respectivamente, ambos inferiores ao erro máximo aceitável (+/- 4,6 dB), não sendo considerados neste estudo.

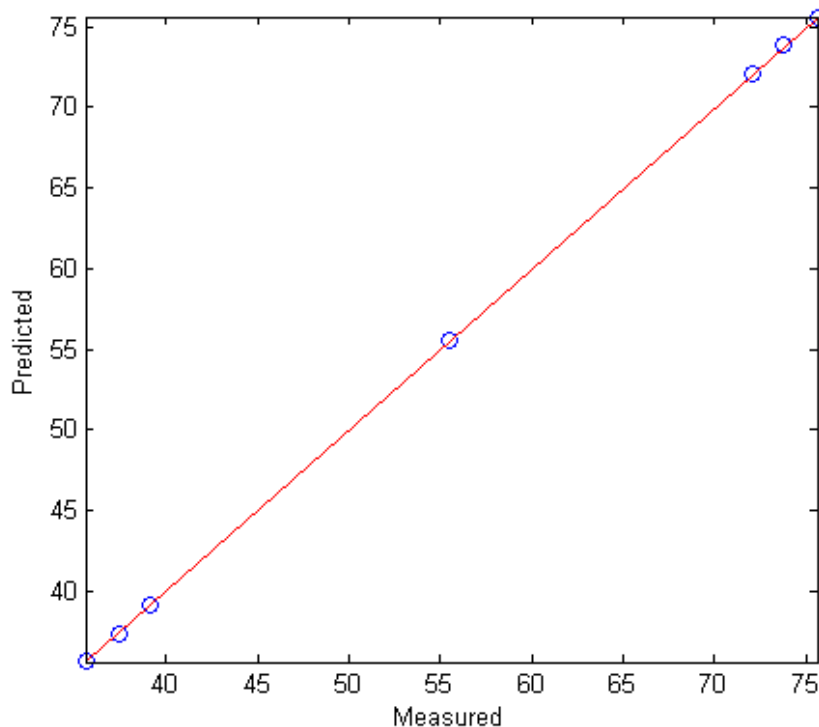


Figura 27 - Curva de ajuste entre os pontos obtidos no planejamento fatorial (Measured) e os calculados por meio da Equação 11 (Predicted). Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do uso do *software Chemoface*®.

Dessa forma, a função de modelagem da superfície de resposta simplificada para a área de estudo, é apresentada pela Equação 12.

$$LAeq(\text{geral})=55,58+0,9113 \cdot p \quad (12)$$

O nível de pressão sonora geral, calculado a partir dos dados medidos em campo, foi de 65,1 dB. Assim sendo, a função da superfície de resposta apresentada pela Equação 12 deve permitir obter a porcentagem ótima da variação da potência sonora veicular, de forma a maximizar a aproximação da resposta (LAeq geral) do nível de pressão sonora geral calculado a partir dos dados de campo.

Neste sentido, a Figura 28 apresenta, graficamente, os valores de LAeq geral obtidos a partir de variações na potência sonora por unidade de veículo, com a aplicação da Equação 12.

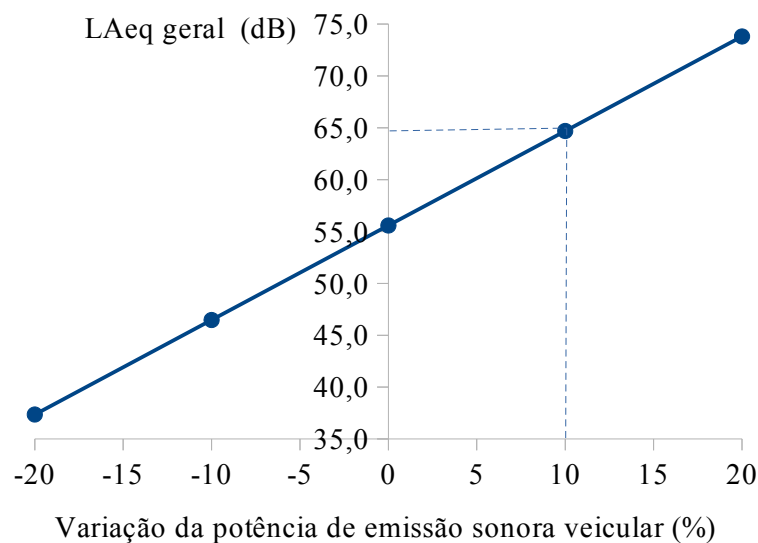


Figura 28 - Gráfico do LAeq geral (dB) em função da variação da potência emissão sonora veicular individual (%). Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Por meio da Figura 28 verifica-se que com a variação de potência de emissão sonora unitária igual a 10 %, obtém-se um valor de LAeq geral muito próximo do nível de pressão sonora geral obtido nas medições em campo (65,1 dB).

Dessa forma, há a indicação de que o aumento em 10 % nos valores de potência de emissão sonora por unidade veicular, adotados inicialmente do método CNOSSOS, permi-



tirá a adequação deste parâmetro na modelagem realizada pelo *software* iNoise<sup>®</sup> para a área de trabalho.

Assim sendo, utilizando os valores de potência sonora por unidade veicular, ajustados em 10% em relação aos dados iniciais, foi realizada nova modelagem com o uso do *software* iNoise<sup>®</sup>. A diferença entre os níveis de pressão sonora equivalente modelados para cada ponto de medição na área de trabalho e os dados medidos em campo, bem como a comparação com a variação máxima permitida para a aceitação do modelo ( $\pm 4,6$  dB), são apresentados na Figura 29.

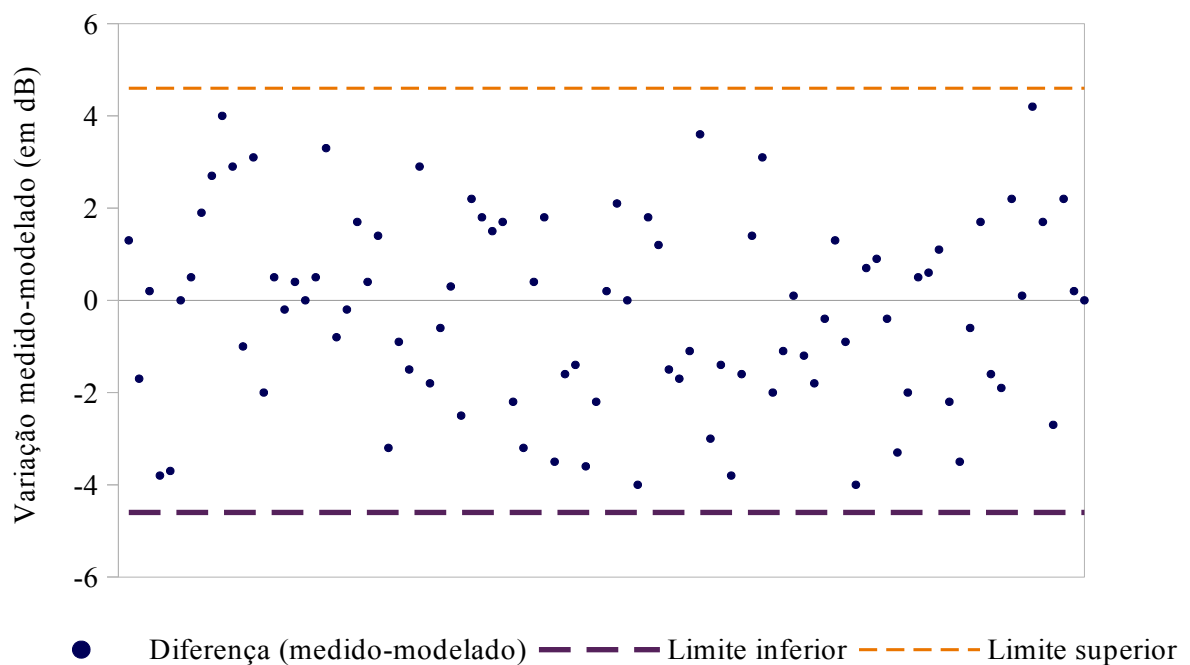


Figura 29 - Gráfico da variação entre os níveis de pressão sonora equivalente medidos em campo e modelados pelo software iNoise, após ajuste de 10 % nos níveis de potência sonora veicular utilizados na modelagem. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Conforme apresentado no Figura 29, a partir do ajuste realizado nos dados de entrada de potência sonora veicular unitária, o método de modelagem apresentado pela norma ISO 9613, utilizado pelo *software* iNoise<sup>®</sup> mostrou-se adequado para a aplicação na área de estudo. Entretanto, constatou-se que as potências sonoras por unidade veicular, apresentadas pelo método CNOSSOS, aplicadas na Europa e consideradas inicialmente neste trabalho, não se mostraram adequadas para a área de estudo.

Diante desses resultados, a Tabela 5 apresenta o conjunto de potências sonoras por unidade veicular, mais adequado para ser aplicado na área considerada nesta pesquisa, obtido da elevação, em 10 %, dos valores iniciais adotados do método CNOSSOS.

Tabela 5 - Valores de potências de emissão sonora veicular unitárias, em dB, na curva de ponderação A, ajustados para +10%, que se apresentaram mais adequados para aplicação na modelagem de propagação sonora veicular na área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

<b>Tipo de veículo</b>	<b>31 Hz</b>	<b>63 Hz</b>	<b>125 Hz</b>	<b>250 Hz</b>	<b>500 Hz</b>	<b>1 kHz</b>	<b>2 kHz</b>	<b>4 kHz</b>	<b>8 kHz</b>
Motocicletas	68,16	74,68	87,35	88,77	95,03	100,55	99,88	96,72	90,17
Leves	68,99	75,59	79,00	85,87	93,86	102,61	100,60	92,47	81,31
Médios	76,31	82,91	87,30	97,66	103,47	108,16	104,78	97,36	88,79
Pesados	79,45	86,05	92,26	101,35	108,19	110,75	106,45	100,63	91,89

A Figura 30 apresenta, graficamente, as potências sonoras por unidade veicular, ajustadas em +10%, que se apresentaram mais adequadas na modelagem de propagação dos níveis de poluição sonora veiculares na área de estudo, realizada por meio do *software* iNoise®.

Na Figura 30 observa-se que, de forma geral, todos os tipos de veículos apresentam maiores potências em frequência próxima a 1000 Hz. Os Pesados apresentam os maiores níveis de potência sonora, atingindo, em 1000 Hz, valor acima de 110 dB. Em seguida, encontra-se o tipo Médios.

A necessidade de um ajuste de +10 % nos níveis das potências, indicam uma maior emissão da frota veicular em circulação na área considerada neste estudo, em relação aos valores considerados na Europa. Este fato evidencia possíveis diferenças em fatores tais como tecnologia e tempo de uso dos veículos, sistemas de controle de emissões, tipo de pavimento das vias e comportamento de condutores.

A Figura 31 indica os valores das potências sonoras estabelecidas para a área de estudo, em comparação com os limiares de audição e de desconforto apresentados por BIS-TAFA (2011).

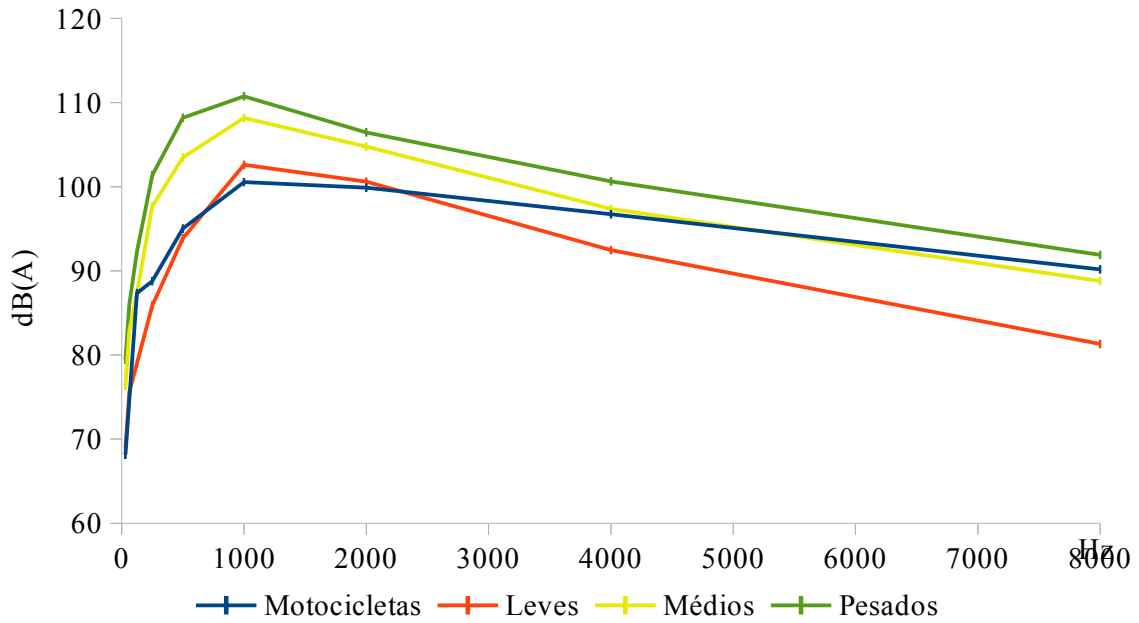


Figura 30 - Gráfico das potências sonoras individuais ajustadas em +10% do valor inicial adotado, identificadas como mais adequadas para a área de trabalho pela modelagem realizada com o software iNoise<sup>®</sup>. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

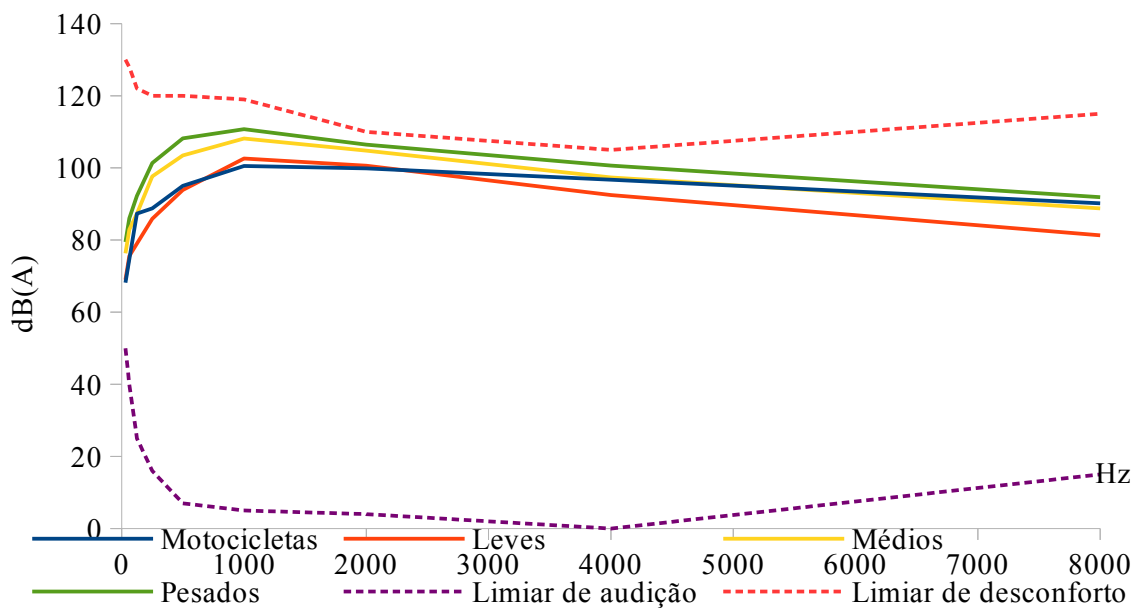


Figura 31 - Potências sonoras veiculares individuais ajustadas para a área de trabalho, em comparação com os limiares de audição e de desconforto. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Por meio da Figura 31 observação que todas as curvas que representam as potências de emissão individual de todos os tipos de veículos encontram-se acima do limiar de audição e, portanto, são normalmente percebidas pela população humana. Entretanto, nenhuma

curva atinge o limiar de desconforto, embora na faixa entre, aproximadamente, 1000 e 4000 Hz há uma maior aproximação de todas as curvas a este limiar, principalmente referente aos tipos de veículos Pesados.

#### vii. Avaliação dos efeitos provocados pela variação de fatores fluxo médio, velocidade média e potência sonora veicular unitária

Os fatores de influência avaliados nesta modelagem foram: fluxo, velocidade e potência de emissão sonora por unidade veicular na área de estudo. Estes parâmetros foram considerados por permitirem uma análise do impacto provocado por suas variações e indicar possíveis ações de melhoria da qualidade sonora da região abordada. Esta avaliação foi realizada pela utilização da matriz apresentada na Tabela 5, com uso do método de planejamento fatorial, descrito por Neto (2007), por meio do *software* Chemoface®.

A Figura 32 apresenta graficamente a superfície de resposta de LAeq geral da área considerada nessa pesquisa, em função da variação dos fatores fluxo médio e potência de emissão sonora veicular unitária.

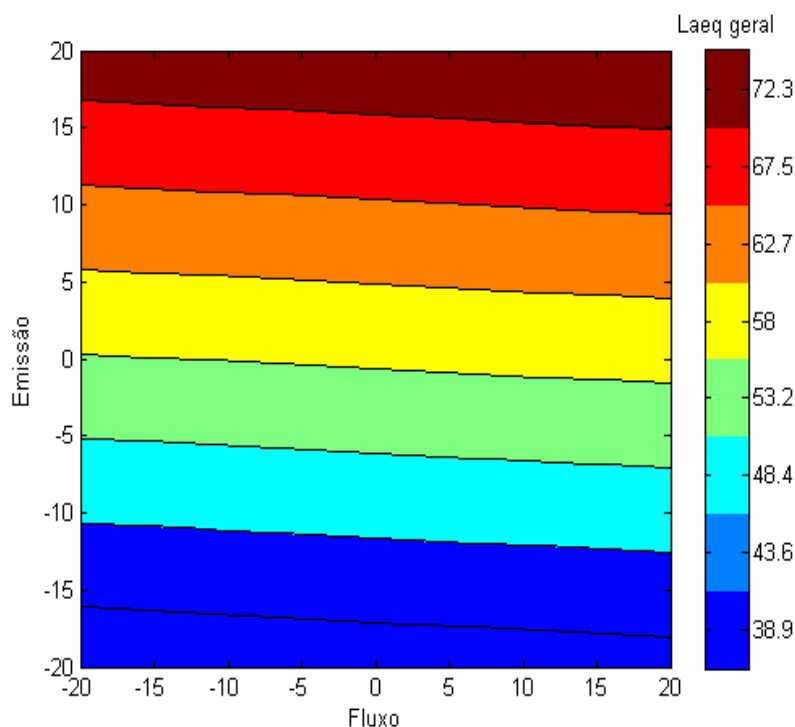


Figura 32 - Gráfico dos efeitos provocados no LAeq geral da área de estudo, em decorrência da variação na intensidade dos fatores de fluxo médio (Fluxo) e potência de emissão sonora veicular unitária (Emissão). Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do *software* Chemoface®.

Por meio da Figura 32 verifica-se que a potência unitária de emissão sonora (Emissão) apresenta impacto com intensidade maior que o fluxo no LAeq geral da área de estudo. A redução da potência de emissão em 20 % dos valores iniciais promovem uma queda de 19,1 dB do LAeq geral. Já para o fator de fluxo veicular, para a mesma faixa de redução em porcentagem, o impacto no LAeq geral é bem menor, com uma queda de 0,9 dB, estando dentro da faixa de erro aceitável para a modelagem (+/- 4,6 dB).

Já comparando-se os fatores velocidade média e potência sonora veicular unitária, a Figura 33 apresenta a superfície de resposta entre estes dois parâmetros.

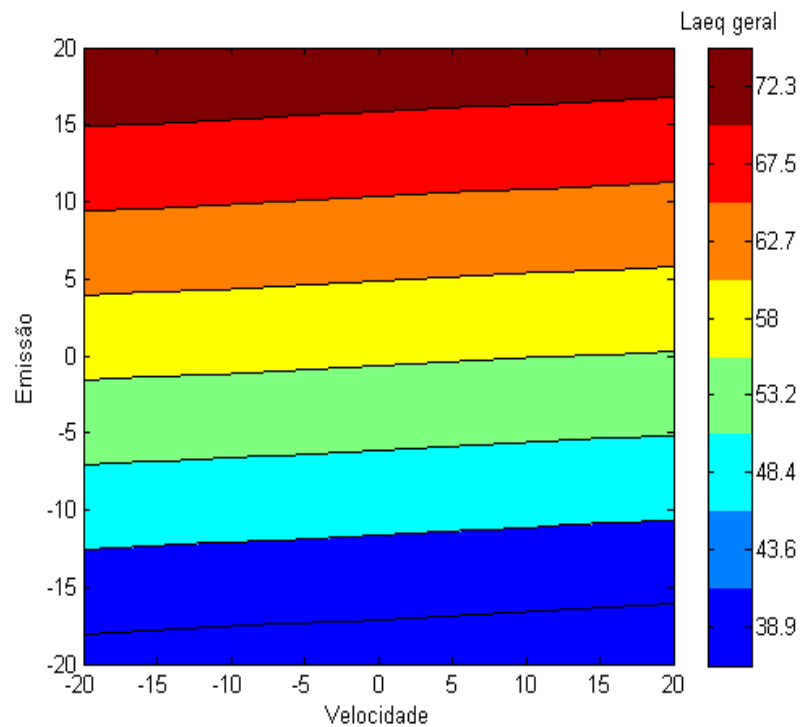


Figura 33 - Gráfico dos efeitos provocados no LAeq geral da área de estudo, em decorrência da variação na intensidade dos fatores de velocidade média (Velocidade) e potência de emissão sonora veicular unitária (Emissão). Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do software Chemoface®.

Conforme apresentado na Figura 33, constata-se também que a potência de emissão sonora veicular unitária provoca efeito bem superior na resposta de LAeq geral da área de estudo que a velocidade média, considerando a mesma taxa de variação. Em relação ao fator velocidade média, quando ocorre uma diminuição da intensidade deste parâmetro, há um pequeno acréscimo no LAeq geral, de cerca de 0,9 dB. Porém, este resultado está abaixo do limite de erro permissível para a modelagem, sendo considerado insignificante neste estudo.

De todos os três fatores avaliados por meio do método de superfície de resposta, com a aplicação da técnica de planejamento fatorial, o parâmetro que apresentou maior efeito sobre o LAeq geral da área de estudo foi a potência de emissão sonora por unidade veicular. A velocidade e o fluxo veicular apresentaram pequeno efeito, dentro dos limites de erro adotados para a modelagem, sendo considerados insignificantes. Assim sendo, é importante avaliar a influência dos diferentes tipos de veículos e suas emissões na qualidade sonora da região avaliada.

#### **viii. Avaliação dos efeitos provocados pela variação das potências unitárias de emissão por tipos de veículos**

A Tabela 6 apresenta a matriz de planejamento fatorial utilizado para a análise dos efeitos da variação das potências de emissões sonoras por tipo de veículos e os dados de LAeq geral modelados com o uso do *software* iNoise<sup>®</sup>, para cada combinação de variação. Para esta análise, os veículos tipos médios e pesados, que englobam, de forma geral, ônibus e caminhões, foram considerados em conjunto, com o intuito de tornar mais razoável o número de modelagens e a capacidade e o tempo de uso computacional necessária para este fim.

As porcentagens de variação da potência sonora unitária foram efetuadas tendo como referência os valores do método CNOSSOS, inicialmente adotados neste estudo, apresentados por Kephelopoulos et al. (2012), e presentes no banco de dados do *software* iNoise<sup>®</sup>.

Tabela 6 - Matriz de planejamento fatorial com os respectivos resultados de LAeq geral modelados a partir das variações de potência de emissão para cada tipo de veículo.

<b>Variação das potências de emissão sonora (em %)</b>			<b>Laeq geral (dB) modelado</b>
<b>Motocicletas</b>	<b>Leves</b>	<b>Médios+Pesados</b>	
-20	-20	-20	37,3
20	-20	-20	65,6
-20	-20	20	63,4
20	-20	20	67,6
-20	20	-20	72,6
20	20	-20	73,4
-20	20	20	73,1
20	20	20	73,8
0	0	0	55,5
0	0	0	55,5

A partir das variações de potência unitária de emissão sonora e dados de LAeq geral modelados, foi construída a superfície de resposta, para cada par de fatores, considerando as interações entre eles, com a utilização do programa computacional Chemoface®. Dessa forma, a Figura 34 apresenta a superfície obtida considerando a variação da potência de emissão para motocicletas e veículos leves, sem variação para os veículos médios+pesados.

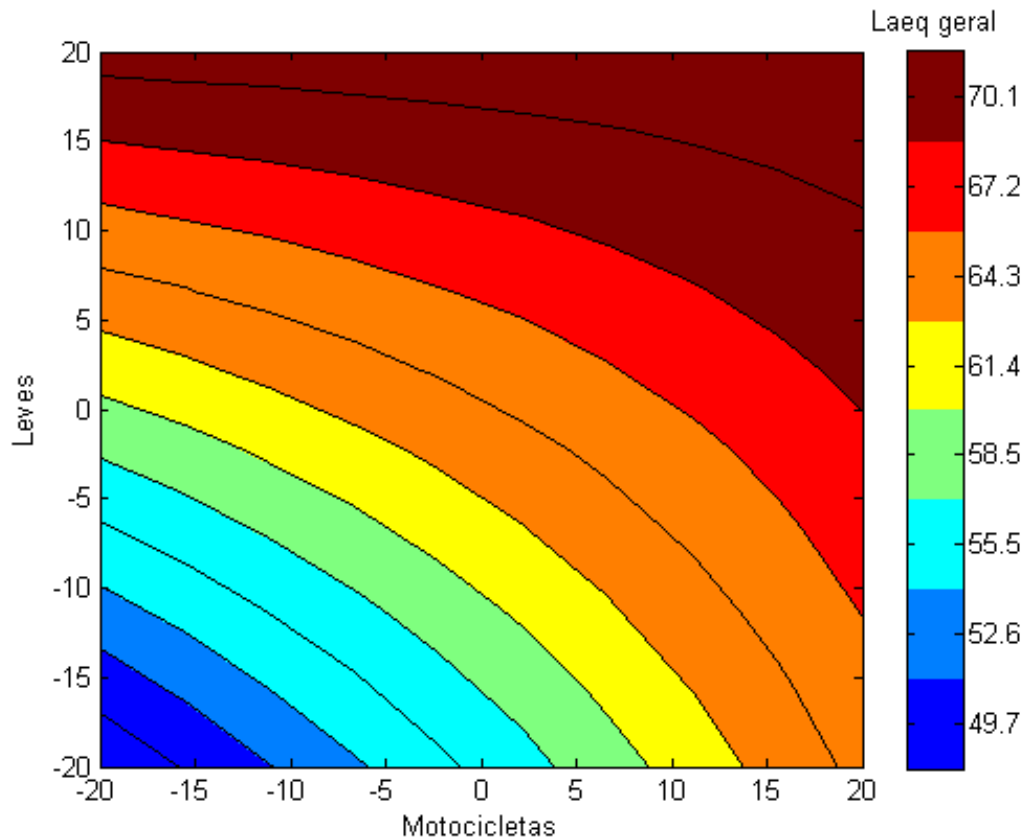


Figura 34 - Superfície de resposta de LAeq geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências de emissão sonora unitárias de motocicletas e veículos leves, sem variação para os veículos tipo médio+pesados. Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do software Chemoface®.

Por meio da Figura 34 evidencia-se que a redução das potências de emissão de veículos leves em 20% abaixo dos valores adotados inicialmente (0 %) promove uma queda nos níveis de pressão sonora geral da área de trabalho, de cerca de 64,3 dB para 55,5 dB. Esse resultado é maior que a diminuição do LAeq geral provocada pela redução, na mesma porcentagem, das emissões de motocicletas, que promove níveis de ruído em torno de 58,5 dB. Contudo, quando há a diminuição das potências de emissão destes dois fatores, de forma simultâ-

nea, observa-se uma maior redução do LAeq geral, com a obtenção de níveis de, aproximadamente, 50 dB.

Em relação às potências unitárias de emissão sonora para motocicletas e veículos médios+pesados, a Figura 35 apresenta a superfície de resposta obtida pela variação em +/- 20% destes fatores, mantendo-se sem alteração a potência de emissão dos veículos leves.

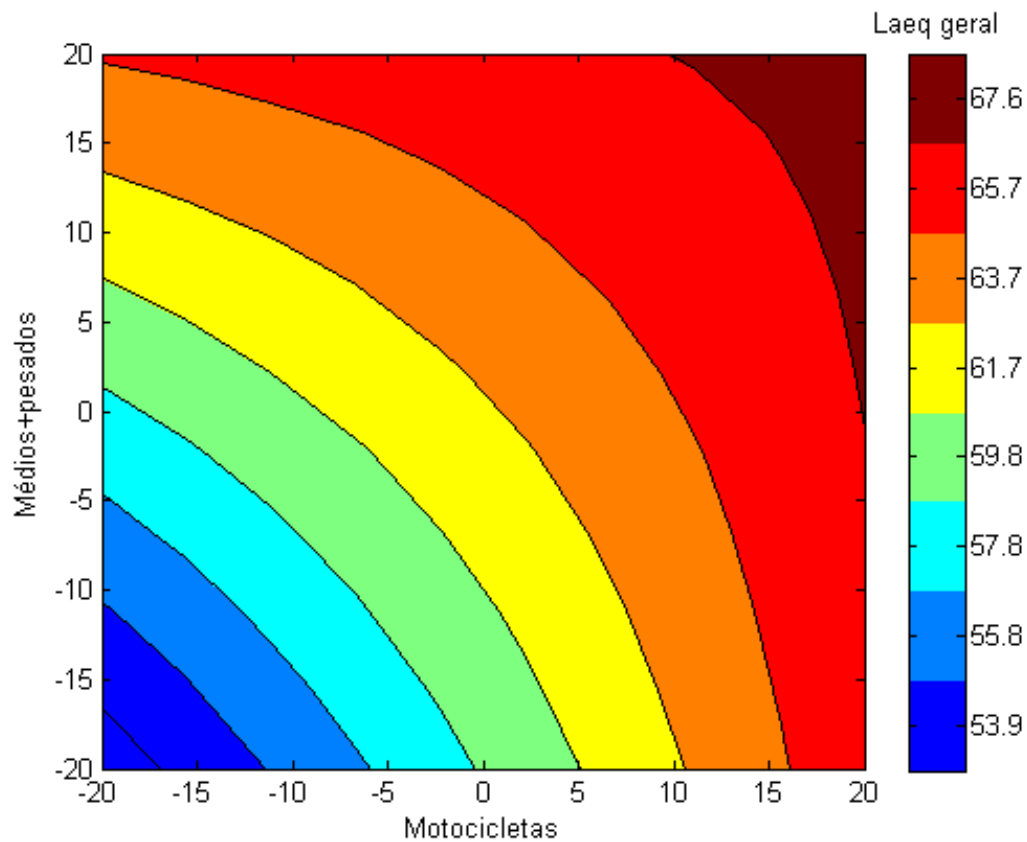


Figura 35 - Superfície de resposta de LAeq geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências de emissão sonora unitárias de motocicletas e veículos médios+pesados, sem variação para os veículos tipo leves. Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do software Chemoface®.

Na Figura 35 observa-se uma significativa interação entre as potências de motocicletas e veículos médios+pesados, observa-se também uma interação entre estes dois fatores. A redução simultânea em 20% dos dois fatores indica uma queda do LAeq geral da área de trabalho para um valor abaixo de 55 dB, melhorando, de forma geral, a qualidade sonora da região. Entretanto, esse LAeq geral é maior que a observada pela redução simultânea, na mesma porcentagem, dos parâmetros motocicletas e veículos leves, em que foi obtido valor igual a 50 dB, aproximadamente. Esse fato indica que os veículos leves apresentam maior efeito so-



bre os níveis de pressão sonora da área de estudo, que pode ser justificado pelo maior fluxo de veículos deste tipo nas vias de tráfego.

Já a Figura 36 apresenta a superfície de resposta do LAeq geral obtida por meio das variações, em +/- 20%, promovidas nas potências de emissão sonora dos veículos leves e médios+pesados, sem alterar a potência de emissão das motocicletas.

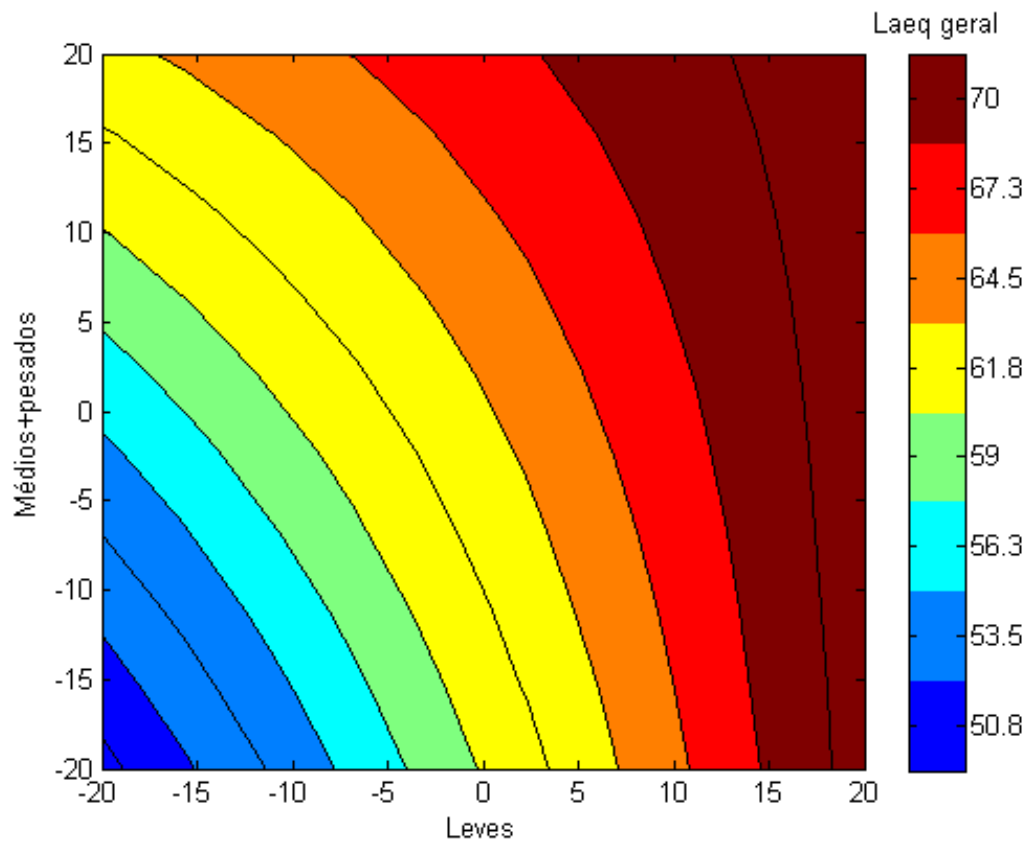


Figura 36 - Superfície de resposta de LAeq geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências individuais de emissão de veículos leves e médios+pesados, sem variação para motocicletas. Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do software Chemoface®.

Na análise da Figura 36 há a indicação que a redução das potências de emissão dos veículos leves promovem uma queda no valor de LAeq geral maior que a observada para os veículos médios+pesados. Entretanto, observa-se uma interação entre estes dois fatores, sendo que a redução do LAeq geral provocada pela diminuição de um dos fatores é bem mais acentuada quando ocorre, simultaneamente, a diminuição do outro. Nessa situação, é alcançado nível de pressão sonora geral para a área de estudo igual a 50 dB, aproximadamente.

Diante das evidências de existência de interação entre os fatores, a Figura 37 apresenta a superfície de resposta para as potências de emissão de motocicletas e veículos leves,

fixando-se uma redução de 20% nos valores de potências de emissão dos veículos médios+pesados.

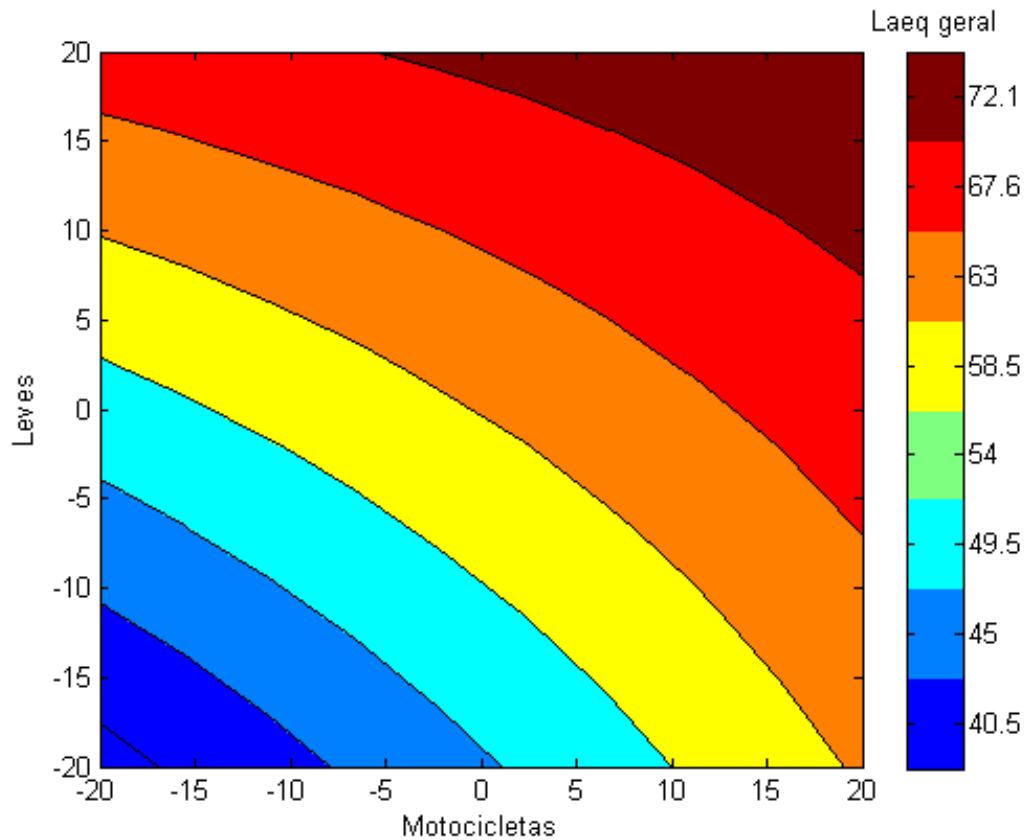


Figura 37 - Superfície de resposta de Laeq geral modelado, considerando as variações dos fatores: potências de emissão de veículos leves e motocicletas, fixando-se a redução em 20 % das potências individuais de emissão sonora dos veículos médio+pesados. Fonte: elaborado pelo autor (2021), por meio do software Chemoface®.

Por meio da Figura 37, constata-se que um decréscimo, em 20%, das potências de emissão sonora de todos os tipos de veículos que trafegam pelas vias da área de estudo, pode promover uma grande redução no LAeq geral, atingindo valor inferior a 40 dB. Este resultado é consideravelmente inferior ao limite máximo legal mais restritivo para a área de estudo, que é de 50 dB em áreas próximas a hospitais, clínicas médicas com internação, maternidades e casas de saúde.

Todos os dados modelados por meio do *software* iNoise® são apresentados no Apêndice VI.

## ix. Projeção de cenários

Diante das evidências sobre os efeitos provocados pela variação das potências unitárias de emissão sonora veicular, foi realizada uma projeção de cenários de forma a considerar três situações:

1º) **Cenário 1:** construído a partir dos dados de níveis de pressão sonora medidos em campo, em 2018, na área de estudo (diagnóstico inicial), apresentado na Figura 38;

2º) **Cenário 2:** elaborado com a elevação em 9 % das potências de emissão sonora, por unidade de veículo, estimadas para a área de trabalho, tendo como referência o diagnóstico inicial registrado em 2018, apresentado na Figura 39;

3º) **Cenário 3:** produzido a partir da redução em 27 % das potências de emissão sonora por veículo, estimadas para a área de trabalho, tendo como referência o diagnóstico inicial de 2018, apresentado na Figura 40.

### CENÁRIO 1 - DIAGNÓSTICO INICIAL DE 2018

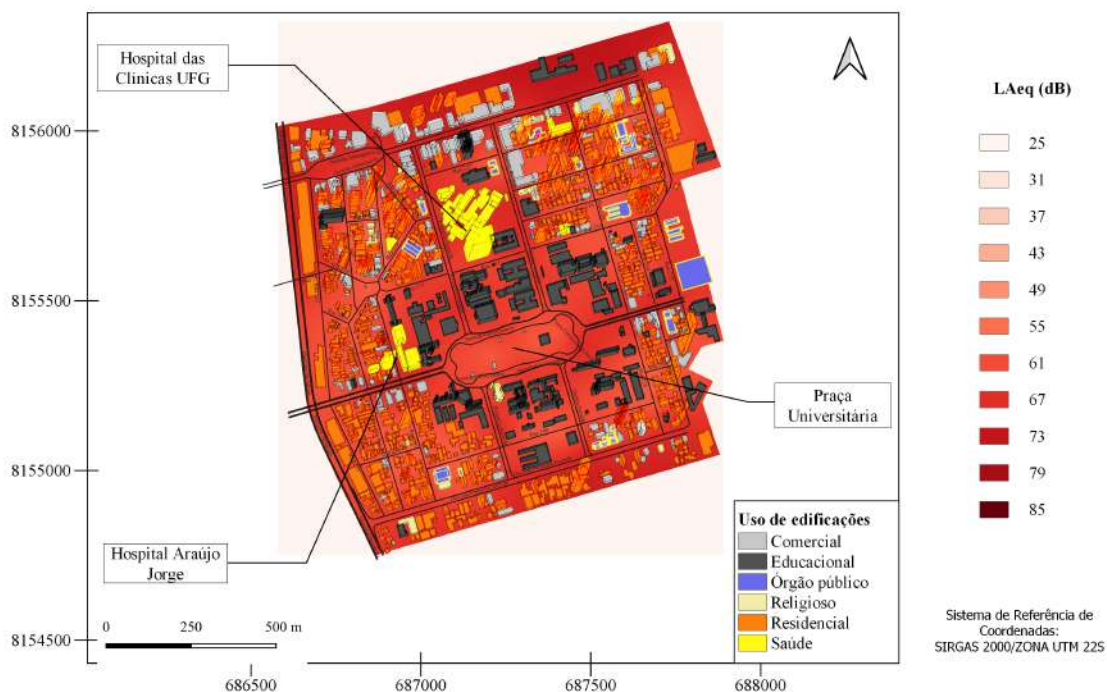


Figura 38 - Cenário 1: diagnóstico inicial registrado para a área de trabalho, em 2018. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

## CENÁRIO 2 - AUMENTO EM 9 % DAS POTÊNCIAS DE EMISSÃO SONORA

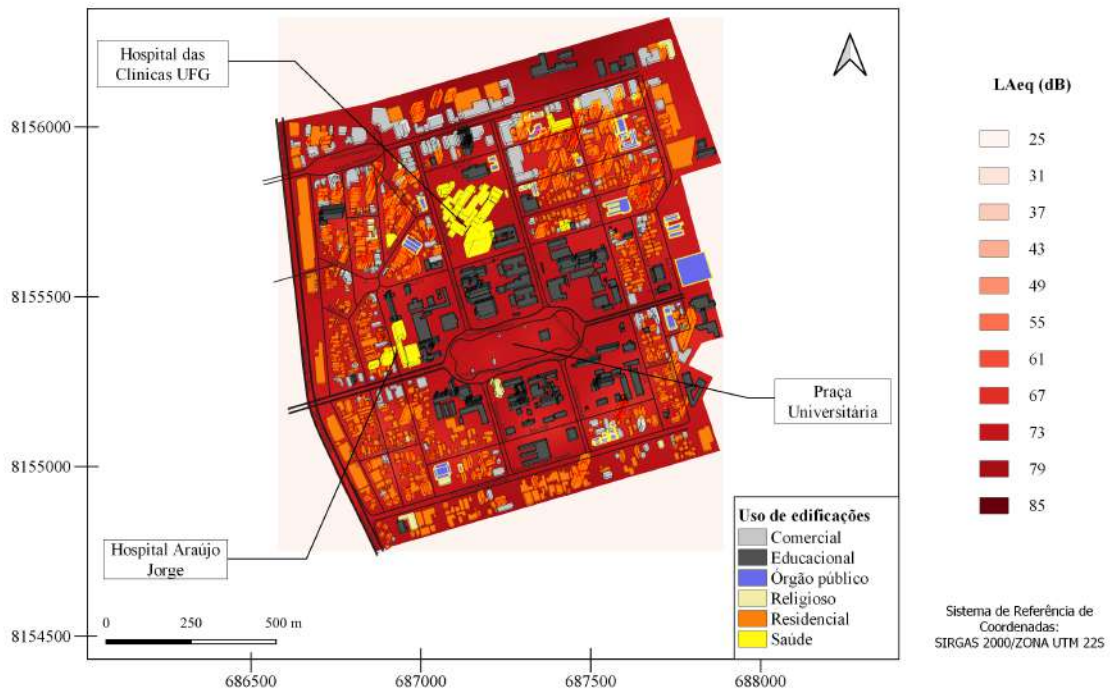


Figura 39 - Cenário 2: elaborado a partir do aumento em 9 % das potências de emissão veicular individual, tendo por referência o diagnóstico inicial de 2018. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

## CENÁRIO 3 - REDUÇÃO DE 27 % DAS POTÊNCIAS DE EMISSÃO SONORA

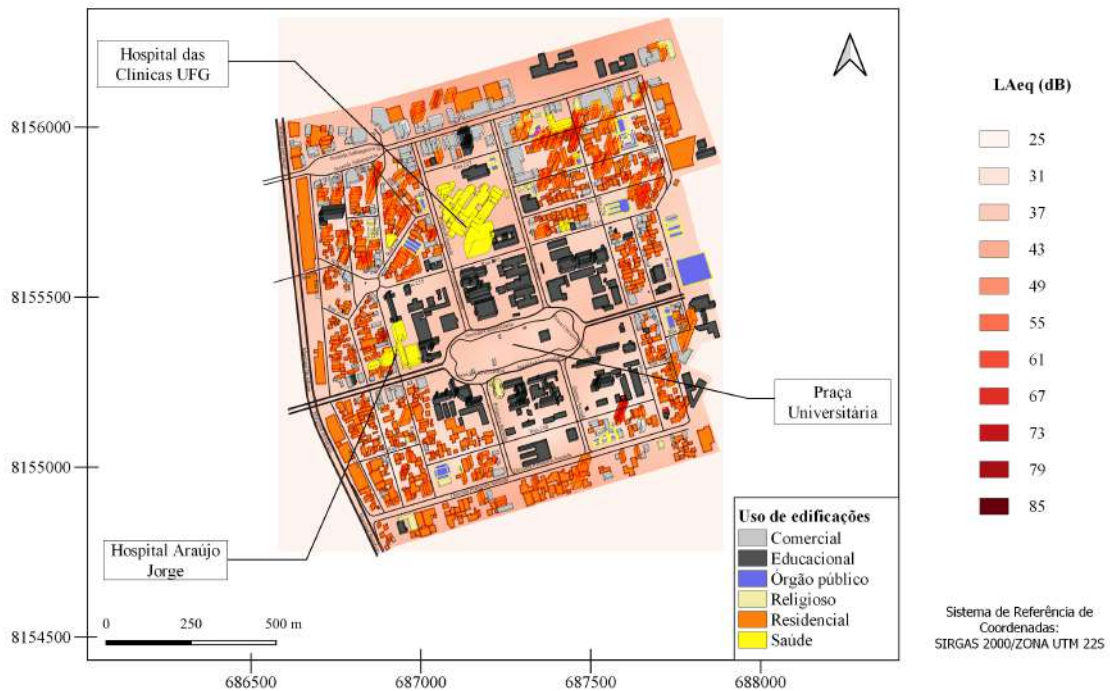


Figura 40 - Cenário 3: elaborado a partir da redução em 27 % das potências de emissão veicular individual, tendo por referência o diagnóstico inicial de 2018. Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Em relação aos cenários apresentados, verifica-se que um aumento em 9 % das potências unitárias emitidas por todos os tipos de veículo, conforme apresentado pela Figura 39 (Cenário 2) provoca um agravamento generalizado nos níveis de poluição sonora em todos os setores da área de estudo. Tanto regiões hospitalares, residenciais, assim com a Praça Universitária, onde concentram-se as unidades de ensino superior, estariam imersas em níveis de pressão sonora acima de 70 dB. Na Avenida Anhanguera, os resultados atingiriam níveis próximos a 80 dB. Esses valores projetados apresentam potencial de provocar graves efeitos adversos na população, impactando, de forma negativa, o bem-estar das pessoas que habitam ou usam a região para fins educacionais, comerciais ou de saúde.

Por outro lado, a redução das potências de emissão de cada unidade veicular, em 27 %, promove uma melhoria acentuada na qualidade sonora ambiental da região, como pode ser observado na Figura 40 (Cenário 3). Nesse cenário, as áreas hospitalares ficam sujeitas a níveis de pressão sonora abaixo de 40 dB, de forma a atender os requisitos normativos para Goiânia. Também nas zonas residenciais, de forma geral, os valores atingem índices menores que 40 dB, o que promoveria maior conforto e qualidade de vida para a população residente. Até mesmo na Avenida Anhanguera, em que foram apresentados os valores mais altos no diagnóstico inicial, próximos a 70 dB, ocorre uma redução significativa no Cenário 3, com resultados obtidos abaixo de 45 dB.

Diante desse quadro, é importante a tomada de ações para a mitigação e melhoria da situação evidenciada. A participação de todos os setores da sociedade é importante para expandir a efetividade destas ações. Nesse sentido, é válido ressaltar que, conforme a Constituição Federal do Brasil (BRASIL, 1988), a proteção do meio ambiente é responsabilidade de todos. Atitudes como educação no trânsito e realização de manutenções periódicas nos veículos são essenciais para a redução dos níveis de poluição sonora.

Contudo, o Estado também tem um papel importante neste contexto, devendo adotar uma política pública com o objetivo de promover ações de educação, monitoramento e controle ambiental, exercendo dessa forma, o seu dever constitucional de proteger o meio ambiente e atuar no combate à poluição em qualquer uma de suas formas.

Conforme indicado pelos cenários simulados computacionalmente, a falta de ações de melhoria e de controle dos níveis de ruído na região, indicada por um aumento em 9 % nos níveis de potência de emissão sonora por veículo, provoca uma degradação da qualidade acústica em praticamente todos os espaços da área de estudo.

Por outro lado, reduções nas potências de emissão sonora por unidade veicular, podem provocar uma melhoria generalizada na qualidade sonora do meio urbano avaliado. A redução destes níveis podem ser alcançadas, principalmente, através da adoção efetiva de uma política pública que envolva, por exemplo:

- Melhor comportamento dos condutores de veículos, por meio de ações de educação ambiental;
- Pavimentação das vias com materiais que promovam menor emissão sonora pelos veículos em circulação;
- Implementação de controle eficiente das emissões de ruído veiculares.

Nesse sentido, é importante destacar a implementação do Programa de Inspeção e Manutenção dos veículos em uso no estado de Goiás. Esse programa, previsto na Resolução CONAMA n° 418/2009, é uma ferramenta que tem por objetivo avaliar as condições dos veículos em uso, e dessa forma exercer um melhor controle sobre os níveis de poluição provenientes fontes veiculares (CONAMA, 2009). Contudo, mesmo diante da importância deste Programa, o mesmo ainda não encontra-se implementado em Goiás.

#### 4 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição sonora é um dos principais fatores ambientais que impactam negativamente a qualidade de vida da população nas cidades. Dentre as principais fontes de emissão dessa forma de degradação do ambiente urbano, está o tráfego de veículos rodoviários.

Neste contexto, este estudo abordou os níveis de ruído no trânsito de uma área de estudo no Setor Leste Universitário, em Goiânia/GO. O espaço avaliado destaca-se por apresentar uma diversidade de atividades e instituições, tais como hospitais e centros de ensino, além de uma significativa área residencial. O tráfego da região é composto por diversos tipos de veículos, desde motocicletas até veículos pesados, como a frota de ônibus articulados e bi-articulados da linha BRT Eixo Anhanguera, com grande potencial de emissão sonora.

Dessa forma, foram realizadas as medições de níveis de pressão sonora em 102 pontos distribuídos pela área de estudo. Os resultados obtidos, em sua grande maioria, ultrapassaram os limites máximos permitidos pela legislação, assim como em outros estudos realizados sobre a poluição sonora no trânsito de Goiânia.

Especificamente na região avaliada, este fato é preocupante pois evidencia um nível de qualidade sonora inadequado em áreas de hospitais, faculdades, escolas e espaços residenciais. Essa condição pode promover incômodos e prejuízos à saúde das pessoas que habitam ou utilizam dessa região para diversas finalidades.

Assim sendo, esta pesquisa não limitou-se a apresentar um diagnóstico da poluição sonora proveniente no trânsito da área de estudo, mas também investigar os principais fatores que afetam o ruído ambiental na região e indicar ações que possam promover uma melhoria na qualidade acústica do local.

Com esse objetivo, foram realizadas simulações computacionais para avaliar quais os parâmetros mais críticos para a poluição sonora na região. Os resultados indicaram que dentre três fatores analisados: potência de emissão sonora por veículo, fluxo médio e velocidade média, o primeiro foi que mais impactou nos níveis de ruído ambiental do local. Esta evidência indica que um programa planejado para promover qualidade acústica na área abordada deve considerar ações que promovam a redução dos níveis de emissão sonora por veículo, para maior efetividade no alcance da mitigação da poluição sonora diagnosticada neste estudo.

Diante dos resultados apresentados por este estudo, há evidências de que a poluição sonora é um problema existente na área de estudo, assim como também em outros locais de Goiânia. A solução desse problema requer a aplicação de uma política pública que envolva a participação de todos. Assim sendo, com a adoção de medidas, como atitudes comportamentais mais adequadas por parte dos motoristas, somadas ações como melhoria das condições de pavimento e controle mais efetivo das emissões veiculares, será possível atingir um nível de qualidade sonora ambiental capaz de promover o bem-estar da população e o desenvolvimento sustentável de toda a região.



## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, ABNT, 2017.
- ABNT = ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10151: Acústica – Medição e Avaliação de Níveis de Pressão Sonora em Áreas Habitadas – Aplicação de Uso Geral**. 2ª ed. Rio de Janeiro. ABNT, 2019.
- ALMEIDA, S. M. B.; TRIGUEIRO, J. V. S.; CAVALCANTI, M. G. S. Poluição sonora e o mapeamento do ruído urbano: revisão de literatura. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 10, p. 80776-80787, 2020.
- AMMA - AGÊNCIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº 066, de 21 de fevereiro de 2020, que dispõe sobre a aplicação da Norma Brasileira nº 10.151, de 31 de maio de 2019, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, no âmbito da legislação Municipal**. Prefeitura de Goiânia, Superintendência da Casa Civil e Articulação Política, Goiânia, 2020.
- AMMA - AGÊNCIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº 067, de 04 de março de 2020, que regulamenta os tipos de áreas da Tabela 1 da ABNT NBR nº 10151:2000 para fins de aplicação da legislação nas ações de controle e fiscalização da emissão de pressão sonora**. Prefeitura de Goiânia, Superintendência da Casa Civil e Articulação Política, Goiânia, 2020.
- BASTIÁN-MONARCA, N.; SUÁREZ, H.; ARENAS, J. P. Assessment of methods for simplified traffic noise mapping so small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile. **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 439-448, 2016.  
DOI: <https://doi-org.ez122.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.scitotenv.2016.01.139>
- BESSA, J. C. A.; LIMA, A. M. M.; JUNIOR, J. A. S. Avaliação da poluição sonora e zoneamento de ruído em área piloto no município de Manaus/AM. **Engevista**, v. 9, n. 2, p. 409-426, 2017.
- BIASI, J. A.; NERCOLINI, R. V.; BUSS, M. V.; SUCKOW, J. E. Ruído causado pelo tráfego veicular: Qual é a aplicabilidade e eficiência da NBR 1015/2000 comparada à norma alemã RLS-90? **Unesc & Ciência**, v. 9, n. 1, p. 77-84, 2018.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2ª edição, São Paulo, Blucher, 2011.
- BORELLI, D.; REPETTO, S.; SCHENONE, C. Noise Mapping of the Flyover Highway comparison of different methods. **Noise Mapp**, v. 1, 2014, p. 59-73.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1981.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1988.
- BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro**. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1997.

BRINK, M.; SCHAFFER, B.; PIEREN, R.; WUNDERLI, J. M. Conversion between noise exposure indicators Leq24h, LDay, LEvening, LNight, Ldn and Lden: Principles and practical guidance. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 221, p. 54-63, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.003>

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 02, de 08 de março de 1990**, que dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - <<SILÊNCIO>>. Diário Oficial da União, n. 63, seção 1, p. 6408, abr. 1990a.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 01, de 08 de março de 1990**, que dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Diário Oficial da União, n. 63, seção 1, p. 6408, abr. 1990b.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 418, de 25 de novembro de 2009**, que 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. Brasília, 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Tópico: Resoluções e outros atos**. Formulário de pesquisa eletrônica: Tipo: Resoluções CONAMA, Texto: ruído. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **A frota de veículos nos municípios em 2018**. Estudos Técnicos/Trânsito, CNM, 2018.

COSTA, J. J. L.; OLIVEIRA, L. N. Simulações semi-empíricas em acústica: inovação tecnológica na predição de níveis de pressão sonora no interior de edificações. **Revista GEINTEC**, v. 6, n. 2, p. 3128-3142, 2016. Disponível em: <<http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/908/693>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

COSTA, J. J. L.; NASCIMENTO, E. O.; OLIVEIRA L. N.; CALDAS, L. V. E. Pressure sound level measurements at an educational environment in Goiânia, Goiás, Brazil. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 975, 012055, 2018. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/975/1/012055/pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

FERNANDES, W. C.; NIEMEYER, M. L. Sound analysis of Copacabana neighborhood traffic routes, Rio de Janeiro. In: International Congress on Acoustics, 22., 2016, Buenos Aires. **Proceedings of the 22th International Congress on Acoustics**, Buenos Aires, FIA - Ibero-American Federation of Acoustics, 2016, p. 1-9. Disponível em: <<https://www.icacommission.org/Proceedings/ICA2016BuenosAires/papers/FIA2016-0095.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

FIEDLER, P. E. K.; ZANNIN, P. H. T. Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs - Noise maps and measurements. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 51, 2015, p. 1-9.

GARG, N.; MAJI, S. A critical review of principal traffic noise models: Strategies and implications. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 46, p. 68-81, 2014.

GOIÂNIA. **Lei Complementar nº 014, de 29 de dezembro de 1992**, que institui o Código de Posturas do Município de Goiânia e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Goiânia, Secretaria Municipal da Casa Civil, 1992.

GOIÂNIA. **Lei Complementar nº 132, de 12 de julho de 2004**, que modifica os dispositivos do Art. 49, da Lei Complementar nº 014, de 29 de dezembro de 1992. Prefeitura Municipal de Goiânia, Secretaria Municipal da Casa Civil, 2004.

GOIÂNIA. **Lei Complementar nº 318/2019**, que modifica os dispositivos do Art. 49, da Lei Complementar nº 014, de 29 de dezembro de 1992. Prefeitura Municipal de Goiânia, Secretaria Municipal da Casa Civil, 2019.

GOIÂNIA. **Dados Abertos**. Prefeitura de Goiânia, 2020. Disponível em: <<http://www.dadosabertos.-goiania.go.gov.br/it/dataset/altimetria/resource/cd7c2d28-d0c2-4711-9af5-e9284b947562>>. Acesso em: 03 abr 2020.

GOIÁS. **Constituição do Estado de Goiás**. Governo do Estado de Goiás, Secretaria de Estado da Casa Civil, Goiânia, 1989.

GOIÁS. **Lei nº 20.694, de 26 de dezembro de 2019**, que dispõe sobre normas gerais para o Licenciamento Ambiental do Estado de Goiás e dá outras providências. Governo do Estado de Goiás, Secretaria de Estado da Casa Civil, Goiânia, 2019.

GONÇALVES, D. R.; MOURA JUNIO, J. R. V.; PEREIRA, P. E. C. Monitoramento da integridade estrutural baseado em impedância eletromecânica utilizando o método de Krigagem Ordinária. **Holos**, ano 36, v. 2, e. 9480, 2020..

HARMAN, B. I.; KOSEOGLU, H.; YIGIT, C. O. Performance evaluation of IDW, Kriging and multi-quadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. **Applied Acoustics**, v, 112, 2016, p. 147-157.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Programa Cidades**. 2021. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações e Dados - Estações automáticas: Goiânia**. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 21 out. 2018

KEPHALOPOULOS, S.; PAVIOTTI, M.; ANFOSSO-LÉDÉE, F. **Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)**. EUR 25379 EN, Luxemburgo, Publications Office of the European Union, 2012.

LIMA I. F.; SILVA, M. P. **Impacto ambiental sonoro e visual na região central do município de Goiânia - GO**. 2017. Trabalho apresentado no XVII Simpósio de Geografia Física e Aplicada, Campinas, 2017.

LIMA, J. C.; SILVA, J. T.; OLIVEIRA, S. R. S.; BARBOSA, R. V. T.; OITICICA, M. L. G. Clima urbano e poluição sonora: revisão da literatura a partir da abordagem integrada. **The Journal of Engineering and Exact Science - jCEC**, v. 07, n. 01, 2021.

MARIN-MAMANI, G.; MARIN-PAUCARA, E.; BOLIVAR-ESPINOZA, N.; ENRIQUEZ-MAMANI, V.; CURRO-PEREZ, F. Modelamiento kriging del comportamiento vertical de ruido ambiental mediante mapas temáticos durante festividades culturales en Puno y Juliaca, Perú. **Tecnologia en Marcha**, v. 34-3, 2021, p. 3-14.

MASUM, M. H.; PAL, S. K.; AKHIE, A. A.; RUVA, I. J.; AKTER, N.; NATH, S. Spatiotemporal monitoring and assessment of noise pollution in an urban setting. **Environmental Challenges**, v. 5, p. 1-11, 2020.

MENESES, T. C. B.; ARAÚJO, V. D.; ARAÚJO, B. D. Estudo piloto do mapa de ruído de tráfego veicular da área de influência da rodovia transamazônica (BR 230) na região metropolitana de João Pessoa/PB. **Braz. J. of Develop**, v. 6, n. 11, p. 92522-92532, 2020.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S., BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos**. 3ª ed., Campinas, Unicamp, 2007.

NUNES, D. V.; VENCIO, S. A. B.; FARIA, A. G. F.; CARVALHO, M. L. U.; COELHO, S. L. **Um estudo da paisagem sonora da Praça do Trabalhador e a Feira Hippie em Goiânia-GO**, 2017. Trabalho apresentado no XXVII Encontro da SOBRAC Sociedade Brasileira de Acústica, Brasília, 2017.

OLIVEIRA F. L. **Mapeamento acústico e avaliação de ruído urbano no Setor Marechal Rondon, em Goiânia/GO**. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias de Processos Sustentáveis), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Goiânia, 2017.

OYEDEPO, S. O.; ADEYEMI, G. A.; OLAWOLE O. C.; OHIJEAGBON, O. I.; FAGBEMI, O. K.; SOLOMON, R.; ONGBALI, S. O., BABALOLA, O. P.; DIRISU, J. O.; EFEMWENKIEKIE, U. K.; ADEKEYE, T.; NWAOKOCHA, C. N. A GIS – based method for assessment and mapping of noise pollution in Ota metropolis, Nigeria. **MethodsX**, v. 6, p. 447-457, 2019.

PAIVA, K.M.; CARDOSO, M. R. A.; ZANNIN, P. H. T. Exposure to traffic noise: Annoyance, perception and associated factors among Brazil's adult population. **Science of the Total Environment**, n. 650, p. 978-986, 2019.

PEIXOTO, N. G. M.; AZEVEDO FILHO, M. A. N. Modelagem do ruído de tráfego rodoviário urbano: uma revisão da literatura. In: **Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte**. 34º, 100% Digital, 16 a 21 nov. 2020. Anais [...]. Editora: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2020, p. 488-499. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/58445>>. Acesso em: 06 jul. 2021.

PEREIRA, M. A. B.; ALVES, W. S.; PILATTI, H. S. C.; MOURA, D. M. B.; MORAIS, W. A.; SILVEIRA, J. H. P. (org). **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Indaiá (Rio Verde, Goiás) por meio de geotecnologias**. Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia, v. 6, Belo Horizonte, Poisson, 2021.

PETROVICI, A.; TOMOZEI, C.; NEDEFF F.; IRIMIA, O.; PANAINTE-LEHADUS, M. Review on the road traffic noise assessment. **Journal of Engineering Studies and Research**, v. 22, n. 1, p. 81-89, 2016.

REIS, A. F. Análise da dispersão de poluentes de origem veicular na BR-153 e sua relação com o uso do solo em área urbana do município de Goiânia. Dissertação apresentada no Curso de Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente, Universidade Federal de Goiás, 2014.

SANTOS, A. P.; OLIVEIRA A. S.; CARNEIRO, E. R.; CARVALHO, S. R. L. Aspectos relevantes sobre a poluição sonora. **Textura**, v. 10, n. 19, p. 105-115, 2017.

SANTOS, R. G. **Modelagem dos níveis de pressão sonora em uma região central urbana do município de Goiânia/GO**. Dissertação de Mestrado Profissional em Tecnologias de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, IFG, 2019.

SEMDUS – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano Sustentável. **Anuário Estatístico de Goiânia**. Goiânia, Prefeitura de Goiânia, 2013. Disponível em: <[https://www.goiania.go.gov.br/shtml/seplam/anuario2013/html/d\\_bairros.html](https://www.goiania.go.gov.br/shtml/seplam/anuario2013/html/d_bairros.html)>. Acesso em: 03 jun 2021.

SHALINI, K.; KUMAR, B. Study of Road Traffic Noise Sound Pressure Levels in Varanasi City, India. **International Journal of Applied Engineering Research**, v. 13, n. 8, 2018, p. 6248-6552.

SINGH, P. K.; GUPTA, R. K.; MISHRA, V. K.; MISHRA, A. K. A comparative study of ambient noise levels at commercial, residential and silent zone in Gorakhpur. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 3, n. 4, 2016, p. 774-778.

THOMAS, P.; BOES, M. VAN RENTERGH, T.; BOTTELDOOREN, D.; HORNIKX, M.; DESMET, W.; NILSSON, M. **Auralisation of a car pass-by behind a low finite-length vegetated noise barrier**. 2012. Trabalho apresentado na European Conference on Noise Control (Euronoise), Praga, Rep. Checa, European Acoustics Association, 2012.

UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente**, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 2002.

VASCONCELOS, D. B.; BRASILEIRO, T. C.; ARAÚJO, B. C. D.; NUNES, A. M. A.; SILVA, M. F.; JUNIOR, J. A. Mapeamento acústico: análise do ruído urbano no bairro do centro em Arapiraca-AL. **Braz. Ap. Sci. Rev.**, v. 4, n. 3, p. 2115-2125, 2020.

VASILYEV, A. V. New methods and approaches to acoustic monitoring and noise mapping of urban territories and experience of its application in conditions of Samara region of Russia. **Procedia Engineering**, v. 176, p. 669-674, 2017.

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª edição, São Paulo, Cengage Learning, 2013. p. 375-390.

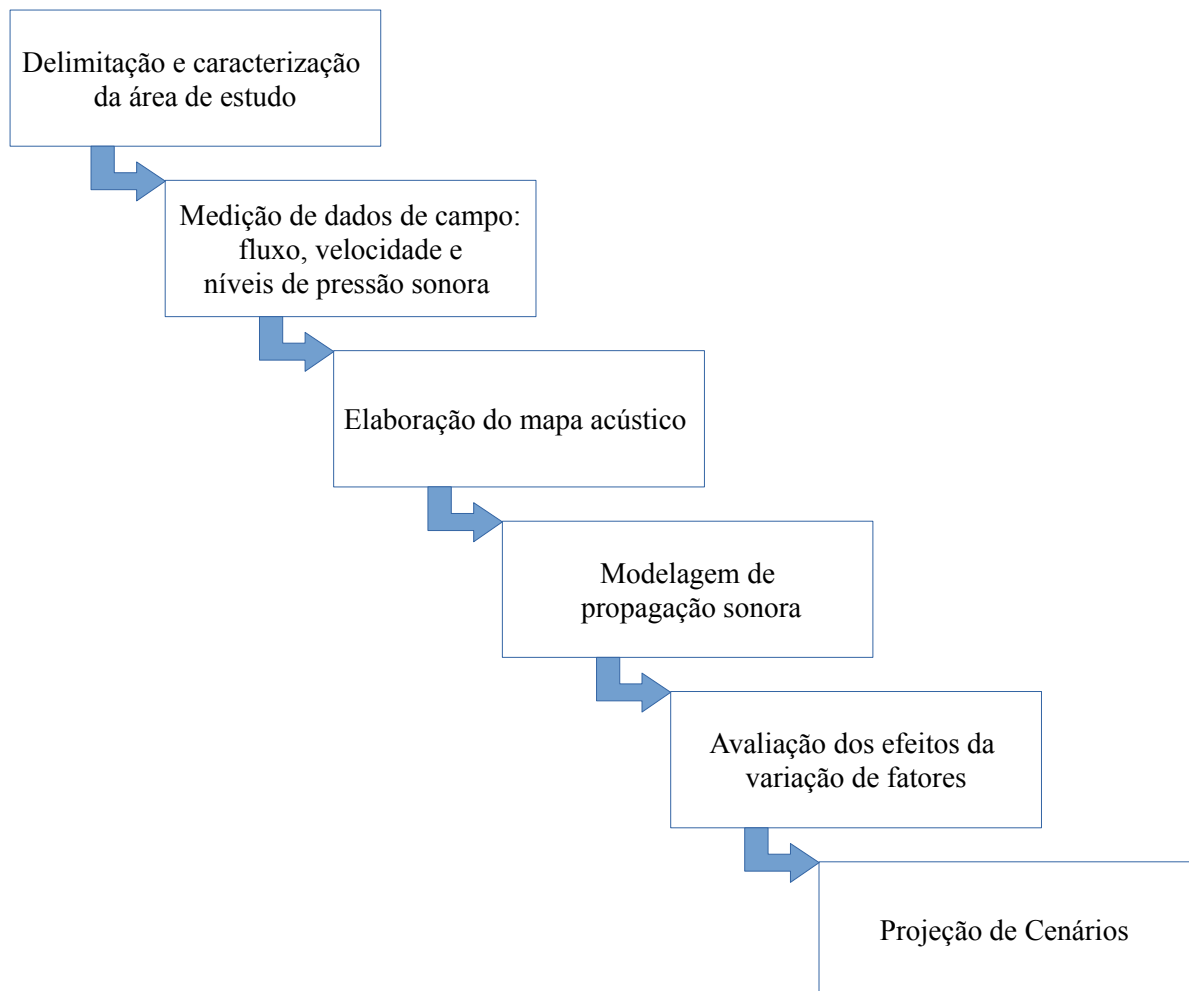
WG - AEN. **Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure: Position Paper, Final Draft**. 2ª versão, Bruxelas, Bélgica, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2006.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental Noise Guidelines for the European Region**. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2018.

ZANNIN, P. H. T.; ENGEL, M. S.; 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**, v. 31, p. 317-327, 2013.

ZUO, J.; XIA, H.; LIU, S.; QIAO, Y. Mapping urban environmental noise using smartphones. **Sensors**, v. 16, 2016, p. 1692-1710.

**APÊNDICES**

**APÊNDICE I - DIAGRAMA DE PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

**APÊNDICE II - FORMULÁRIO DE REGISTRO DE DADOS DE CAMPO**

Nº Ponto:		Referência:		Data: / /	
Decibelímetro - Marca:		Modelo:		Nº de série:	
Intervalo de medição: ( ) 5 s - Modo de medição: ( ) Fast ( ) Slow - Ponderação: ( ) A ( ) C					
<b>Verificação inicial:</b>		Valor verificado (dB):		Valor ajustado (dB):	
Medição	<b>Hora INÍCIO:</b>	Velocidade média (km/h):			
<b>Fluxo de veículos</b>					
Automóveis:					
Motocicletas					
Ônibus:					
Caminhões:					
Medição	<b>Hora FIM:</b>	<b>Verificação final (dB):</b>			
Observações:					



### APÊNDICE III - REGISTRO FOTOGRÁFICO



Fluxo de veículos na Av. Anhanguera, próximo à Praça do Botafogo



Decibelímetro na Praça do Botafogo



Fachada do Hospital Araújo Jorge, bem próxima à via de tráfego veicular



Sede atual do Hospital das Clínicas



Nova sede do Hospital das Clínicas



Fluxo veicular na Avenida Universitária



Avenida Universitária



Contorno da Praça Universitária



11ª Avenida



Interior da Praça Universitária



Biblioteca da Praça Univeritária



Fluxo veicular na Primeira Avenida



Fluxo veicular na Quinta Avenida



Visão da Praça Universitária

**APÊNDICE IV – DADOS DE LAEQ MEDIDOS EM CAMPO**

Ponto	Logradouro	Coordenadas geográficas		LAeq medido em campo (dB)
		Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	
1	11ª Avenida	8154880.84	686923.48	64,2
2	11ª Avenida	8154877.80	687009.14	66,4
3	11ª Avenida	8154934.85	687106.89	60,5
4	11ª Avenida	8154956.35	687187.85	64,9
5	11ª Avenida	8154984.92	687278.73	66,9
6	11ª Avenida	8155013.73	687377.60	67,7
7	11ª Avenida	8155043.59	687475.67	69,8
8	11ª Avenida	8155051.42	687605.95	67,7
9	11ª Avenida	8155072.02	687671.74	68,5
10	11ª Avenida	8155122.02	687748.80	67,6
11	R 233	8155058.42	686806.56	61,6
12	R 237	8154970.38	686917.71	58,7
13	R 239	8155017.98	687006.58	61,0
14	R 240	8155031.34	687140.36	56,7
15	R 240	8155069.36	687214.43	62,6
16	R 240	8155102.43	687329.51	58,1
17	R 240	8155110.99	687412.81	58,4
18	R 240	8155138.50	687501.99	62,0
19	R 240	8155163.72	687589.43	59,6
20	R 226	8155197.38	687693.01	59,8
21	R 260	8155218.02	687762.17	63,2
22	R 241	8155028.45	686840.89	60,5
23	R 241	8155060.77	686952.67	57,0
24	Primeira Avenida	8155122.12	687234.73	67,6
25	Quinta Avenida	8155166.18	687442.26	62,3
26	R 226	8155262.77	687661.19	58,9
27	R 246	8155300.97	687736.05	58,6
28	R 237	8155130.09	686870.37	59,1
29	R 239	8155119.43	686976.82	59,8
30	Primeira Avenida	8155179.06	687219.41	64,5
31	Quinta Avenida	8155268.02	687414.50	65,8
32	R 226	8155341.45	687637.75	59,1
33	R 259	8155392.33	687726.68	63,2

34	R 259	8155396.09	687792.48	59,5
35	Avenida Universitária	8155257.48	686879.27	69,6
36	Avenida Universitária	8155289.39	686982.84	68,0
37	Praça Universitária	8155290.43	687117.97	61,9
38	Praça Universitária	8155336.89	687209.42	58,2
39	Praça Universitária	8155295.88	687301.55	66,3
40	Praça Universitária	8155371.63	687471.18	68,9
41	Praça Universitária	8155357.77	687104.49	62,5
42	Praça Universitária	8155437.81	687422.38	62,9
43	Praça Universitária	8155409.46	687231.48	65,6
44	Praça Universitária	8155401.52	687399.62	59,3
45	Praça Universitária	8155377.51	687337.09	59,0
46	Avenida Universitária	8155458.49	687573.48	67,5
47	Avenida Universitária	8155487.49	687673.83	68,0
48	Avenida Universitária	8155513.35	687753.68	67,0
49	R 237	8155305.69	686830.48	58,4
50	R 239	8155354.28	686921.54	64,2
51	Primeira Avenida	8155477.95	687104.28	68,0
52	Quinta Avenida	8155556.54	687356.13	65,2
53	R 226	8155583.72	687569.24	61,1
54	R 260	8155591.17	687652.98	59,2
55	R 225	8155619.11	687725.03	65,2
56	R 237	8155430.99	686795.82	59,4
57	R 233	8155519.99	686699.32	63,6
58	R 229	8155535.06	686852.29	58,1
59	R 239	8155442.78	686894.40	62,5
60	R 235	8155526.47	686923.72	62,9
61	R 235	8155553.91	687014.29	64,6
62	Primeira Avenida	8155570.37	687072.92	63,8
63	R 235	8155606.49	687196.00	61,7
64	Quinta Avenida	8155652.89	687300.12	66,7
65	R 235	8155665.20	687394.55	61,0
66	R 235	8155686.43	687469.47	60,4
67	R 235	8155732.05	687579.56	61,6
68	R 225	8155758.21	687700.03	65,6
69	R 232	8155598.20	686789.25	61,8
70	R 229	8155628.57	686901.28	58,1

71	Primeira Avenida	8155688.26	687042.94	66,6
72	Quinta Avenida	8155710.89	687283.92	67,8
73	R 236	8155755.92	687355.39	63,0
74	R 236	8155771.83	687449.88	60,2
75	R 236	8155807.56	687570.85	59,5
76	R 236	8155828.48	687643.02	61,3
77	R 233	8155657.25	686687.90	68,3
78	R 232	8155706.81	686778.16	59,1
79	R 230	8155720.60	686866.51	56,4
80	R 229	8155697.23	686953.67	61,4
81	Primeira Avenida	8155752.88	687021.47	65,5
82	Quinta Avenida	8155796.67	687259.84	69,0
83	R 227A	8155849.53	687346.08	59,5
84	R 227A	8155873.45	687422.58	60,6
85	R 227A	8155902.97	687528.03	62,2
86	R 227A	8155923.63	687629.44	59,5
87	R 233	8155758.90	686677.73	68,7
88	R 232	8155783.66	686770.81	63,2
89	R 230	8155815.61	686864.61	59,7
90	R 229A	8155791.06	686932.36	66,0
91	Primeira Avenida	8155856.23	686993.73	66,7
92	R 227	8155888.19	687065.02	65,3
93	R 227	8155911.60	687187.77	59,0
94	R 227	8155959.31	687311.96	60,7
95	R 227	8155977.71	687410.60	64,0
96	R 227	8156024.64	687538.65	65,4
97	R 227	8156047.71	687615.17	58,4
98	Praça Botafogo	8155919.86	686834.67	66,9
99	Avenida Anhanguera	8155989.38	687114.82	72,3
100	Avenida Anhanguera	8156091.85	687383.28	72,2
101	Avenida Anhanguera	8156121.46	687482.20	71,7
102	Avenida Anhanguera	8156154.56	687595.41	72,6

---

## APÊNDICE V – DADOS DE VELOCIDADE E FLUXO MÉDIO DE VEÍCULOS

Descrição da via	Velocidade média (km/h)	Fluxo médio (veículos/h)			
		Motocicletas	Leves	Médio	Pesados
Avenida Anhanguera pista norte	40	200	522	18	18
Avenida Anhanguera pista sul	40	282	722	18	18
Avenida Universitária pista norte faixa direita	60	64	390	6	0
Avenida Universitária pista norte faixa esquerda	60	64	395	6	0
Avenida Universitária pista sul faixa direita	60	77	397	6	0
Avenida Universitária pista sul faixa esquerda	60	82	404	6	0
11ª Avenida pista sul	40	56	295	12	0
11ª Avenida pista norte	40	58	309	12	0
Praça Universitária - anel interno	40	60	356	6	0
1ª Avenida Pista Oeste Trecho entre Av Anhanguera e Praça Universitária	40	100	439	3	0
1ª Avenida Pista Leste Trecho entre Av Anhanguera e Praça Universitária	40	72	514	3	0
1ª Avenida Pista Oeste Trecho entre Praça Universitária e 11ª Avenida	40	78	370	3	0
1ª Avenida Pista Leste Trecho entre Praça Universitária e 11ª Avenida	40	77	444	3	0

5ª Avenida Pista Oeste Trecho entre Av Anhanguera e Praça Universitária	40	132	558	6	0
5ª Avenida Pista Leste Trecho entre Av Anhanguera e Praça Universitária	40	132	614	6	0
5ª Avenida Pista Oeste Trecho entre Praça Universitária e 11ª Avenida	40	120	400	4	0
5ª Avenida Pista Leste Trecho entre Praça Universitária e 11ª Avenida	40	132	405	6	0
R21	40	60	120	0	0
Rua 225 Pista Leste	40	36	240	12	0
Rua 225 Pista Oeste	40	12	42	6	0
R 226 Trecho entre 11ª Avenida e Av Universitária	40	30	166	6	0
R 226 Trecho entre Av Universitária e Av Anhanguera	40	54	372	0	0
R 227 Trecho entre R 225 e 5ª Avenida	40	30	222	0	0
R 227 Trecho entre 5ª Avenida e 1ª Avenida	40	81	198	0	0
R 227 A	40	29	120	0	0
R 229	40	60	357	0	0
R 229A	40	78	180	0	0
R 230	40	30	154	0	0
R230 Contorno Praça Botafogo	40	30	154	0	0
R 231	40	6	24	0	0
R 232	40	36	102	0	0

R 233 Trecho entre 11ª Avenida e Av Universitária	40	72	312	0	0
R 233 Trecho entre Av Universitária e Av Anhanguera	40	126	462	0	0
R 234	40	60	100	0	0
R 235 Trecho entre R225 e 5ª Avenida	40	57	276	0	0
R 235 Trecho entre 5ª Avenida e 1ª Avenida	40	96	276	0	0
R 235 Trecho entre 1ª Avenida e R 229	40	48	252	0	0
R 236	40	45	156	0	0
R 237 Trecho entre 11ª Avenida e Av Universitária	40	24	51	0	0
R 237 Trecho entre Av Universitária e R 229	40	30	132	0	0
R 239 Trecho entre 11ª Avenida e Av Universitária	40	48	204	6	0
R 239 Trecho entre Av Universitária e R 229	40	87	294	12	0
R 240	40	8	84	0	0
R 241	40	12	63	0	0
R246	40	27	82	6	0
R 259	40	9	84	6	0
Rua 260 Pista Sul	40	18	120	6	0
Rua 260 Pista Norte	40	21	66	6	0
R 263	40	18	30	0	0

---



**APÊNDICE VI – DADOS DE LAEQ MODELADOS PELO SOFTWARE INOISE®**

- **Variação nos níveis de fluxo, velocidade e potência de emissão sonora por veículo (Emissão)**

Variação (em %)										
Fluxo	0	0	-20	+20	-20	+20	-20	+20	-20	+20
Velocidade	0	0	-20	-20	-20	-20	+20	+20	+20	+20
Emissão	0	0	-20	-20	+20	+20	-20	-20	+20	+20
Ponto	LAeq modelado (dB)									
1	56,8	56,8	38,7	40,4	75,2	76,9	36,9	38,6	73,4	75,1
2	57,1	57,1	39,0	40,7	75,5	77,3	37,2	39,0	73,8	75,5
3	55,2	55,2	37,1	38,8	73,6	75,3	35,3	37,0	71,8	73,6
4	59,5	59,5	41,4	43,1	77,9	79,6	39,6	41,3	76,1	77,8
5	57,8	57,8	39,7	41,5	76,2	77,9	37,9	39,7	74,4	76,2
6	58,1	58,1	40,0	41,7	76,5	78,2	38,2	40,0	74,7	76,5
7	58,8	58,8	40,7	42,5	77,1	78,9	38,9	40,7	75,4	77,1
8	55,9	55,9	37,8	39,5	74,3	76,0	36,0	37,8	72,6	74,3
9	55,5	55,5	37,4	39,1	73,9	75,6	35,6	37,3	72,1	73,9
10	55,6	55,6	37,5	39,2	74,0	75,7	35,7	37,4	72,3	74,0
11	53,5	53,5	35,6	37,3	71,8	73,6	33,8	35,5	70,1	71,8
12	46,6	46,6	28,7	30,5	64,9	66,7	27,0	28,7	63,2	64,9
13	54,0	54,0	35,9	37,7	72,3	74,1	34,1	35,9	70,5	72,3
14	47,1	47,1	29,2	31,0	65,6	67,4	27,4	29,3	63,8	65,6
15	53,7	53,7	35,6	37,4	72,0	73,8	33,9	35,7	70,2	72,0
16	48,6	48,6	30,6	32,4	66,9	68,7	28,8	30,6	65,2	67,0
17	49,3	49,3	31,3	33,1	67,7	69,5	29,6	31,4	65,9	67,7
18	52,4	52,4	34,4	36,1	70,7	72,5	32,6	34,4	69,0	70,8
19	47,2	47,2	29,3	31,1	65,7	67,5	27,5	29,3	63,9	65,7
20	51,6	51,6	33,5	35,3	70,0	71,8	31,8	33,5	68,3	70,0
21	54,4	54,4	36,2	38,0	72,8	74,5	34,4	36,2	71,0	72,7
22	49,7	49,7	31,6	33,4	68,0	69,7	29,8	31,6	66,2	68,0
23	47,5	47,5	29,4	31,2	65,8	67,5	27,7	29,4	64,0	65,8
24	57,1	57,1	39,0	40,8	75,4	77,2	37,3	39,1	73,6	75,4

25	56,5	56,5	38,4	40,2	74,7	76,5	36,7	38,4	73,0	74,8
26	50,7	50,7	32,6	34,4	69,2	70,9	30,9	32,6	67,4	69,1
27	51,1	51,1	33,0	34,7	69,6	71,3	31,3	33,0	67,8	69,5
28	47,2	47,2	29,3	31,1	65,6	67,4	27,6	29,3	63,8	65,6
29	52,5	52,5	34,5	36,2	71,0	72,7	32,7	34,5	69,2	70,9
30	56,0	56,0	37,9	39,7	74,3	76,1	36,2	37,9	72,5	74,3
31	56,4	56,4	38,4	40,2	74,8	76,5	36,7	38,4	73,0	74,8
32	52,6	52,6	34,6	36,3	71,0	72,7	32,8	34,5	69,3	71,0
33	51,9	51,9	33,7	35,5	70,4	72,1	32,0	33,7	68,6	70,3
34	48,7	48,7	30,6	32,3	67,2	69,0	28,8	30,6	65,5	67,2
35	58,9	58,9	40,7	42,5	77,4	79,1	38,9	40,7	75,6	77,4
36	57,2	57,2	39,0	40,8	75,7	77,4	37,3	39,0	73,9	75,6
37	55,0	55,0	37,0	38,8	73,5	75,3	35,3	37,0	71,8	73,5
38	52,3	52,3	34,5	36,2	71,0	72,7	32,7	34,5	69,2	71,0
39	56,8	56,8	38,8	40,6	75,4	77,1	37,1	38,8	73,6	75,3
40	58,0	58,0	39,9	41,6	76,4	78,1	38,1	39,9	74,6	76,4
41	56,9	56,9	38,8	40,6	75,3	77,1	37,1	38,8	73,5	75,3
42	55,4	55,4	37,3	39,0	73,8	75,5	35,5	37,3	72,0	73,8
43	57,9	57,9	39,8	41,5	76,3	78,0	38,0	39,8	74,5	76,3
44	53,8	53,8	35,8	37,5	72,3	74,1	34,0	35,8	70,6	72,3
45	52,1	52,1	34,2	35,9	70,7	72,5	32,4	34,2	69,0	70,7
46	58,2	58,2	39,9	41,7	76,6	78,4	38,2	39,9	74,8	76,6
47	56,7	56,7	38,5	40,3	75,1	76,9	36,8	38,5	73,4	75,1
48	57,9	57,9	39,6	41,4	76,3	78,0	37,9	39,6	74,5	76,3
49	53,3	53,3	35,2	37,0	71,6	73,3	33,5	35,3	69,8	71,5
50	53,4	53,4	35,3	37,0	71,7	73,4	33,5	35,2	70,0	71,7
51	57,7	57,7	39,6	41,4	76,0	77,7	37,9	39,6	74,2	76,0
52	57,6	57,6	39,5	41,3	75,9	77,6	37,7	39,5	74,1	75,9
53	53,7	53,7	35,7	37,5	72,0	73,8	33,9	35,7	70,3	72,0
54	51,3	51,3	33,1	34,8	69,8	71,4	31,4	33,1	68,0	69,7
55	52,6	52,6	34,4	36,1	71,0	72,7	32,6	34,3	69,2	70,9
56	53,3	53,3	35,3	37,1	71,6	73,4	33,6	35,3	69,8	71,6
57	55,9	55,9	37,9	39,7	74,2	76,0	36,2	37,9	72,4	74,2
58	52,8	52,8	34,8	36,5	71,1	72,8	33,0	34,7	69,3	71,1
59	55,1	55,1	37,0	38,7	73,5	75,2	35,2	37,0	71,7	73,4

60	52,4	52,4	34,4	36,2	70,7	72,5	32,6	34,4	68,9	70,7
61	52,4	52,4	34,4	36,1	70,7	72,4	32,6	34,4	68,9	70,7
62	56,7	56,7	38,6	40,4	74,9	76,7	36,9	38,6	73,2	75,0
63	53,7	53,7	35,7	37,5	72,0	73,8	34,0	35,7	70,2	72,0
64	57,5	57,5	39,4	41,2	75,8	77,5	37,7	39,4	74,0	75,8
65	53,1	53,1	35,1	36,8	71,4	73,2	33,3	35,1	69,7	71,4
66	53,1	53,1	35,1	36,8	71,3	73,1	33,3	35,1	69,6	71,3
67	52,9	52,9	34,8	36,5	71,1	72,9	33,0	34,8	69,4	71,1
68	55,2	55,2	37,1	38,8	73,6	75,4	35,3	37,0	71,9	73,6
69	53,6	53,6	35,6	37,3	71,8	73,6	33,8	35,6	70,1	71,8
70	53,0	53,0	35,0	36,7	71,3	73,1	33,2	35,0	69,5	71,3
71	56,9	56,9	38,8	40,6	75,1	76,9	37,0	38,8	73,4	75,2
72	57,8	57,8	39,8	41,5	76,2	77,9	38,0	39,8	74,4	76,1
73	54,3	54,3	36,3	38,0	72,5	74,3	34,5	36,3	70,8	72,5
74	54,4	54,4	36,4	38,1	72,7	74,4	34,7	36,4	70,9	72,7
75	52,4	52,4	34,4	36,1	70,6	72,4	32,8	34,4	68,9	70,6
76	51,7	51,7	33,6	35,4	69,9	71,7	31,9	33,6	68,2	69,9
77	58,6	58,6	40,6	42,3	76,8	78,6	38,8	40,6	75,1	76,8
78	48,9	48,9	31,0	32,7	67,2	68,9	29,2	31,0	65,5	67,2
79	49,5	49,5	31,6	33,3	67,9	69,7	29,8	31,6	66,1	67,9
80	55,8	55,8	37,7	39,5	74,0	75,8	36,0	37,7	72,3	74,0
81	57,0	57,0	38,9	40,7	75,3	77,0	37,1	38,9	73,5	75,3
82	58,3	58,3	40,2	41,9	76,6	78,3	38,4	40,2	74,8	76,6
83	52,0	52,0	33,9	35,6	70,2	72,0	32,1	33,9	68,5	70,2
84	53,4	53,4	35,4	37,1	71,6	73,4	33,6	35,4	69,9	71,7
85	50,9	50,9	32,8	34,6	69,1	70,9	31,0	32,8	67,4	69,1
86	50,3	50,3	32,2	34,0	68,6	70,3	30,5	32,3	66,8	68,6
87	55,5	55,5	37,5	39,2	73,7	75,5	35,7	37,5	72,0	73,7
88	52,5	52,5	34,5	36,2	70,7	72,4	32,7	34,4	68,9	70,7
89	53,3	53,3	35,3	37,1	71,7	73,5	33,6	35,3	69,9	71,7
90	54,7	54,7	36,8	38,5	73,0	74,7	35,0	36,8	71,2	73,0
91	57,4	57,4	39,3	41,0	75,7	77,4	37,5	39,3	73,9	75,7
92	56,2	56,2	38,1	39,9	74,4	76,1	36,4	38,1	72,6	74,4
93	53,2	53,2	35,2	36,9	71,5	73,3	33,4	35,2	69,7	71,5
94	51,8	51,8	33,7	35,5	70,1	71,8	32,0	33,7	68,3	70,1

95	54,3	54,3	36,2	37,9	72,6	74,3	34,4	36,2	70,8	72,5
96	52,8	52,8	34,7	36,5	71,0	72,8	32,9	34,7	69,3	71,0
97	51,7	51,7	33,6	35,4	70,0	71,7	31,9	33,6	68,2	69,9
98	56,1	56,1	37,8	39,6	74,6	76,4	36,0	37,8	72,8	74,6
99	63,4	63,4	45,2	47,0	81,7	83,5	43,5	45,2	80,0	81,7
100	59,4	59,4	41,1	42,9	77,8	79,6	39,4	41,2	76,1	77,9
101	61,1	61,1	42,9	44,7	79,5	81,3	41,1	42,9	77,7	79,5
102	59,4	59,4	41,1	42,9	77,8	79,6	39,4	41,1	76,0	77,8

\*Ajuste com referência aos valores de potência de emissão sonora por veículo, adotados inicialmente – do método CNOSSOS.

- **Variação nos níveis de potência individual de emissão sonora por tipo de veículos**

	Variação (%)										
	0	0	-20	-20	-20	+20	+20	-20	+20	+20	+10
<b>Motocicleta</b>	0	0	-20	-20	-20	+20	+20	-20	+20	+20	+10
<b>Leve</b>	0	0	+20	-20	-20	-20	-20	+20	+20	+20	+10
<b>Médio+Pes.</b>	0	0	-20	+20	-20	+20	-20	+20	+20	-20	+10
Ponto	LAeq modelado (dB)										
1	56,8	56,8	73,9	65,7	38,6	68,9	66,1	74,6	75,1	74,6	65,9
2	57,1	57,1	74,3	66,4	38,9	69,4	66,4	74,9	75,5	74,9	66,2
3	55,2	55,2	72,3	64,4	37,0	67,4	64,4	73,0	73,5	73,0	64,3
4	59,5	59,5	76,6	68,7	41,3	71,7	68,7	77,3	77,8	77,3	68,6
5	57,8	57,8	75,1	65,8	39,7	69,4	67,0	75,6	76,1	75,7	66,9
6	58,1	58,1	75,2	67,4	40,0	70,4	67,3	75,9	76,5	75,9	67,2
7	58,8	58,8	75,9	66,4	40,7	70,9	69,0	76,4	77,1	76,7	67,9
8	55,9	55,9	73,0	65,2	37,7	68,2	65,1	73,7	74,3	73,7	65,0
9	55,5	55,5	72,6	64,7	37,3	67,7	64,7	73,3	73,8	73,3	64,5
10	55,6	55,6	72,8	64,8	37,4	67,8	64,8	73,4	74,0	73,4	64,7
11	53,5	53,5	71,0	48,2	35,5	64,0	63,9	71,0	71,8	71,7	62,6
12	46,6	46,6	63,4	47,1	28,5	59,1	58,8	63,5	64,8	64,7	55,6
13	54,0	54,0	71,1	61,8	35,8	66,0	64,0	71,5	72,2	71,8	63,0
14	47,1	47,1	65,0	45,6	29,0	55,1	54,6	65,0	65,4	65,3	56,2
15	53,7	53,7	71,3	54,7	35,6	63,1	62,4	71,4	71,9	71,9	62,8
16	48,6	48,6	66,4	46,5	30,5	56,7	56,3	66,4	66,8	66,8	57,7
17	49,3	49,3	67,0	48,3	31,2	58,0	57,6	67,1	67,5	67,5	58,4

18	52,4	52,4	69,8	54,8	34,2	63,1	62,4	69,9	70,6	70,5	61,5
19	47,2	47,2	65,0	46,1	29,1	55,6	55,1	65,1	65,5	65,4	56,3
20	51,6	51,6	68,8	60,1	33,4	63,3	60,5	69,4	69,9	69,4	60,6
21	54,4	54,4	71,5	64,7	36,2	66,8	62,6	72,3	72,7	72,0	63,4
22	49,7	49,7	67,2	45,3	31,5	59,8	59,7	67,2	67,9	67,9	58,8
23	47,5	47,5	65,0	46,1	29,4	57,5	57,2	65,1	65,7	65,7	56,6
24	57,1	57,1	74,7	59,4	39,0	67,1	66,4	74,8	75,4	75,3	66,2
25	56,5	56,5	73,5	60,4	38,4	68,4	67,6	73,7	74,7	74,5	65,5
26	50,7	50,7	67,8	59,8	32,5	62,8	59,8	68,5	69,0	68,5	59,8
27	51,1	51,1	67,9	61,8	32,9	64,3	60,7	68,8	69,5	68,6	60,1
28	47,2	47,2	64,0	49,5	29,1	59,7	59,3	64,1	65,4	65,2	56,2
29	52,5	52,5	69,6	60,4	34,4	64,7	62,7	70,1	70,8	70,4	61,6
30	56,0	56,0	73,5	58,8	37,9	66,1	65,2	73,7	74,3	74,1	65,1
31	56,4	56,4	73,5	61,9	38,3	68,5	67,4	73,8	74,7	74,4	65,5
32	52,6	52,6	69,7	61,6	34,4	64,7	61,7	70,4	70,9	70,4	61,6
33	51,9	51,9	69,0	62,8	33,7	64,5	59,7	69,9	70,3	69,5	61,0
34	48,7	48,7	65,7	59,8	30,4	61,4	56,2	66,7	67,1	66,2	57,7
35	58,9	58,9	75,6	71,0	40,7	72,6	67,3	76,9	77,4	76,2	68,1
36	57,2	57,2	74,2	67,9	39,0	70,1	65,9	75,1	75,6	74,8	66,3
37	55,0	55,0	72,2	63,7	36,8	66,9	64,0	72,8	73,3	72,8	64,1
38	52,3	52,3	69,6	60,8	34,1	64,0	61,2	70,1	70,6	70,2	61,4
39	56,8	56,8	73,9	66,0	38,7	69,0	66,0	74,6	75,2	74,6	65,9
40	58,0	58,0	75,0	67,4	39,8	70,3	67,1	75,7	76,3	75,7	67,1
41	56,9	56,9	74,2	65,3	38,8	68,6	65,8	74,7	75,2	74,8	66,0
42	55,4	55,4	72,6	64,0	37,2	67,2	64,3	73,2	73,7	73,2	64,5
43	57,9	57,9	75,2	66,5	39,8	69,6	66,7	75,7	76,2	75,7	67,0
44	53,8	53,8	71,0	62,4	35,6	65,6	62,8	71,6	72,1	71,6	62,9
45	52,1	52,1	69,3	60,8	33,9	63,9	61,1	69,9	70,4	69,9	61,2
46	58,2	58,2	75,0	69,7	39,9	71,5	66,7	76,1	76,6	75,6	67,3
47	56,7	56,7	73,7	67,5	38,5	69,6	65,5	74,6	75,1	74,3	65,9
48	57,9	57,9	74,7	69,4	39,6	71,1	66,2	75,8	76,3	75,3	67,0
49	53,3	53,3	70,7	51,0	35,2	63,8	63,6	70,8	71,6	71,5	62,4
50	53,4	53,4	70,1	62,5	35,2	66,4	64,1	70,8	71,7	71,1	62,4
51	57,7	57,7	75,2	60,3	39,6	68,1	67,3	75,3	75,9	75,8	66,8
52	57,6	57,6	74,9	61,6	39,4	68,6	67,6	75,1	75,8	75,7	66,7

53	53,7	53,7	71,5	48,8	35,6	62,6	62,4	71,5	72,0	72,0	62,8
54	51,3	51,3	67,6	63,2	33,1	65,6	61,8	68,9	69,7	68,6	60,3
55	52,6	52,6	69,7	62,9	34,3	65,0	60,7	70,5	70,9	70,2	61,6
56	53,3	53,3	70,8	45,5	35,2	63,3	63,2	70,8	71,5	71,5	62,4
57	55,9	55,9	73,2	52,7	37,8	66,9	66,7	73,3	74,1	74,1	65,0
58	52,8	52,8	70,1	54,5	34,7	63,8	63,3	70,2	71,0	70,9	61,9
59	55,1	55,1	71,9	64,1	36,9	68,1	65,9	72,6	73,4	72,9	64,1
60	52,4	52,4	70,0	48,2	34,3	62,3	62,2	70,0	70,6	70,6	61,5
61	52,4	52,4	69,9	48,6	34,3	62,3	62,1	70,0	70,6	70,6	61,5
62	56,7	56,7	74,2	57,1	38,6	66,9	66,4	74,2	74,9	74,8	65,8
63	53,7	53,7	70,8	48,0	35,7	65,4	65,4	70,9	71,9	71,9	62,8
64	57,5	57,5	74,8	60,2	39,4	68,7	68,0	74,9	75,7	75,6	66,6
65	53,1	53,1	70,6	45,2	35,0	63,1	63,1	70,6	71,3	71,3	62,2
66	53,1	53,1	70,6	42,0	35,0	63,1	63,1	70,6	71,3	71,3	62,2
67	52,9	52,9	70,4	49,9	34,8	63,0	62,7	70,4	71,1	71,1	62,0
68	55,2	55,2	72,4	64,6	37,0	67,2	63,8	73,1	73,6	73,0	64,3
69	53,6	53,6	70,6	43,1	35,6	65,6	65,6	70,6	71,8	71,8	62,7
70	53,0	53,0	70,6	43,0	34,9	62,5	62,5	70,6	71,3	71,3	62,1
71	56,9	56,9	74,3	58,8	38,7	67,2	66,5	74,4	75,1	75,0	65,9
72	57,8	57,8	75,2	61,5	39,7	68,9	68,1	75,4	76,1	75,9	66,9
73	54,3	54,3	71,5	47,3	36,2	65,5	65,4	71,6	72,5	72,5	63,4
74	54,4	54,4	71,7	41,1	36,4	65,6	65,6	71,7	72,6	72,6	63,5
75	52,4	52,4	69,7	41,1	34,4	63,5	63,5	69,7	70,6	70,6	61,5
76	51,7	51,7	68,9	45,7	33,6	62,9	62,8	69,0	69,9	69,9	60,8
77	58,6	58,6	75,9	49,7	40,5	69,6	69,5	75,9	76,8	76,8	67,7
78	48,9	48,9	66,0	42,5	30,9	60,7	60,7	66,0	67,1	67,1	58,0
79	49,5	49,5	67,1	44,8	31,4	59,5	59,4	67,1	67,8	67,8	58,6
80	55,8	55,8	73,4	41,7	37,7	65,1	65,0	73,4	74,0	74,0	64,9
81	57,0	57,0	74,5	57,8	38,9	67,1	66,6	74,6	75,2	75,2	66,1
82	58,3	58,3	75,6	62,0	40,1	69,3	68,4	75,8	76,5	76,4	67,3
83	52,0	52,0	69,4	45,2	33,8	62,5	62,5	69,4	70,2	70,2	61,1
84	53,4	53,4	70,8	41,3	35,4	63,9	63,9	70,8	71,6	71,6	62,5
85	50,9	50,9	68,3	38,8	32,8	61,3	61,2	68,3	69,1	69,1	60,0
86	50,3	50,3	67,7	47,2	32,2	61,0	60,8	67,7	68,5	68,5	59,4
87	55,5	55,5	72,7	52,2	37,4	66,5	66,4	72,8	73,7	73,6	64,5

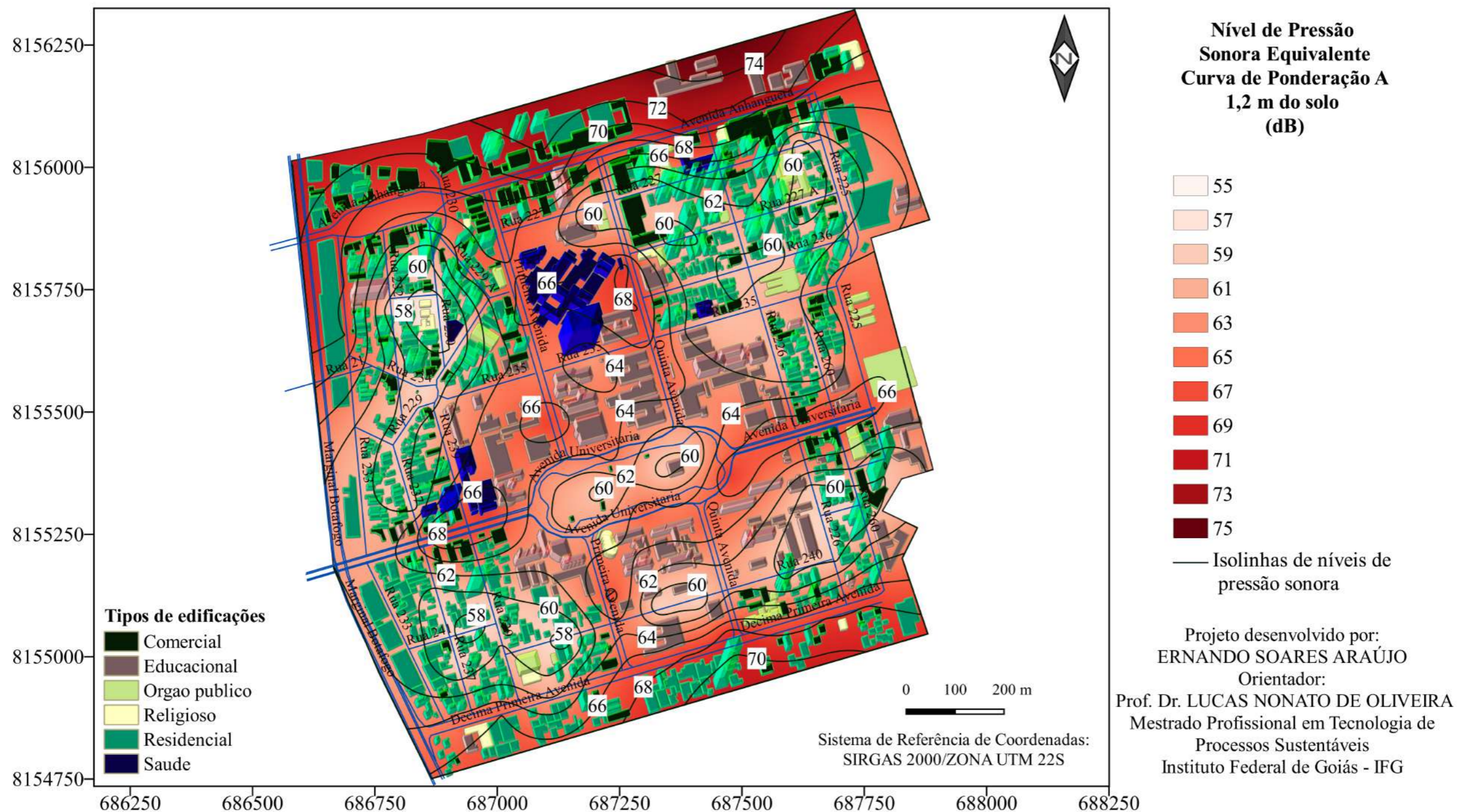
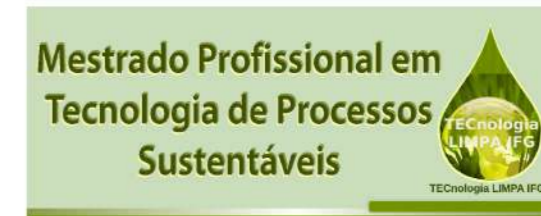
88	52,5	52,5	69,4	52,1	34,4	64,5	64,3	69,5	70,7	70,6	61,5
89	53,3	53,3	70,7	56,1	35,2	64,2	63,4	70,9	71,6	71,5	62,4
90	54,7	54,7	71,5	49,9	36,7	67,2	67,2	71,6	72,9	72,9	63,8
91	57,4	57,4	74,8	60,2	39,2	68,0	67,2	75,0	75,6	75,5	66,5
92	56,2	56,2	73,1	50,7	38,1	68,3	68,2	73,2	74,4	74,3	65,3
93	53,2	53,2	70,3	53,0	35,1	65,1	64,8	70,4	71,4	71,4	62,3
94	51,8	51,8	69,6	44,2	33,7	60,5	60,4	69,6	70,1	70,1	60,9
95	54,3	54,3	72,1	42,6	36,2	62,7	62,7	72,1	72,5	72,5	63,4
96	52,8	52,8	70,5	42,8	34,7	61,2	61,2	70,5	71,0	71,0	61,9
97	51,7	51,7	69,4	50,3	33,6	60,6	60,2	69,4	69,9	69,9	60,8
98	56,1	56,1	72,1	68,6	37,7	70,9	67,1	73,7	74,6	73,3	65,2
99	63,4	63,4	79,8	73,3	45,2	77,2	75,0	80,7	81,7	81,0	72,5
100	59,4	59,4	75,6	71,1	41,1	73,9	70,7	76,9	77,8	76,8	68,5
101	61,1	61,1	77,4	72,3	42,9	75,4	72,5	78,5	79,5	78,6	70,2
102	59,4	59,4	75,6	71,0	41,1	73,8	70,7	76,9	77,8	76,8	68,5

\*Ajuste com referência aos valores de potência de emissão sonora por veículo, adotados inicialmente do método CNOSSOS.



## MAPA ACÚSTICO

**Área de estudo no Setor Leste Universitário - Goiânia/GO - Brasil**  
**Interpolação pelo método de krigagem ordinária**





## **ANEXOS**

# ANEXO I - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR SONORO



**Certificado de Calibração**



Laboratório de Calibração acreditado pela CGCRE/Inmetro de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o nº 0450

Folha 1/1  
**4310/18RA**  
F-015 rev. B

**Contratante:** ITEST MEDICAO E AUTOMACAO LTDA  
**Solicitante:** ERNANDO SOARES ARAÚJO  
**Endereço:** AV. PAULISTA QUADRA 15, LOTE 09 - VILA JAIARA - ANÁPOLIS - GO  
**Item Calibrado:** Calibrador de Nivel Sonoro  
**Marca:** CRIFFER **Modelo:** CR-2  
**Accessórios Conjugados:** Não Possui  
**OSC Nº:** 13949

Nº de Patrimônio: ---  
 Nº de Série: 18032454  
 Nº de Identificação: ---  
 Data da Calibração: 07/08/18

*Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração*

**Temperatura durante a calibração:** (23,0±3,0) °C **%ur durante a calibração:** máx. 75%ur  
**Pressão barométrica:** 930,8 mbar

*Metodologia de Calibração*

Os resultados a seguir apresentados referem-se à média de 3 medições. A calibração foi realizada através do método da comparação sequencial conforme Norma IEC 60942:1997, procedimento interno PCA-013.

Padrões Utilizados		
Padrão de Trabalho:	Certificado de Calibração:	Validade do Padrão:
034 Multímetro digital com 6,5 dígitos, HP, mod	0Y417A18-MEC-O-RBC	fev/20
060 Pré-amplificador padrão B&K 2669	A0115/2017-LABELO-RBC	abr/19
116 Registrador - Temperatura e Umidade	LV32520-16-R0 - VISOMES - RBC	ago/18
168 Amplificador de Medição	E0459a/2017-LABELO-RBC	abr/19
177 Barômetro digital	149614/17 - RBC	jul/19
180 Microfone B&K 4192	RBC2-10096-635 - RBC - TOTAL SAFETY	ago/19

*Resultados Obtidos*

**Nível de Pressão Sonora (NPS)**

Frequência Nominal (Hz)	NPS Nominal (dB)	Valor Convencional (dB)	Erro (dB)	Incerteza (dB)	k	V <sub>eff</sub>
1000,0	94,0	94,01	0,01	0,13	1,96	∞
1000,0	114,0	114,27	0,27	0,13	1,96	∞

Frequência

NPS Nominal (dB)	Frequência Nominal (Hz)	Valor Convencional (Hz)	Erro (Hz)	Incerteza (Hz)	k	V <sub>eff</sub>
94,0	1000,0	1006,83	6,83	0,25	1,96	∞
114,0	1000,0	1006,82	6,82	0,25	1,96	∞

*Notas*

1. A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k descrito nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DICLA-021.
2. Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.
3. Ajuste e reparos não fazem parte do escopo da calibração.

**\*Este certificado anula o anterior de número 4310/18R.**

**Data da Emissão:** 13/08/18

*William F. N. Malcato*  
Téc. Executante

  
**Marcel Alves Minelli**  
 Signatário Autorizado

Este certificado foi assinado eletronicamente pelo Signatário Autorizado.

Intermetro Serviços Especiais  
 Rua Joaquim de Almeida, 223 - 04050-010 - São Paulo-SP  
 (11)5071.2764



# Certificado de Calibração

INTERMETRO

Laboratório de Calibração credenciado pelo CGCRE/Inmetro de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 nº 0452

Folha 24

Nº 42401684  
Página 9

## CURVA DE PONDERAÇÃO A

Frequência (Hz)	Desvio (dB)	Incerteza (dB)	k
51,2	-0,8	0,10	2,0
60	-0,8	0,10	2,0
80	-0,8	0,10	2,0
100	-0,8	0,10	2,0
125	-0,8	0,10	2,0
160	-0,8	0,10	2,0
200	-0,8	0,10	2,0
250	-0,7	0,10	2,0
315	-0,8	0,10	2,0
400	-0,7	0,10	2,0
500	-0,7	0,10	2,0
630	-0,8	0,10	2,0
800	-0,4	0,10	2,0
1000 (ref)	0,0	0,10	2,0
1250	0,0	0,10	2,0
1600	0,0	0,10	2,0
2000	0,0	0,10	2,0
2500	0,0	0,10	2,0
3150	0,0	0,10	2,0
4000	0,0	0,10	2,0
5000	0,4	0,10	2,0
6300	1,0	0,10	2,0
8000	1,7	0,10	2,0

# Certificado de Calibração

INTERMETRO

Laboratório de Calibração acreditado pela CGCOP número de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 nº 0490

Folha: 014

43401804  
Página 8

## CURVA DE PONDERAÇÃO C

Frequência (Hz)	Desvio (dB)	Incerteza (dB)	k
20	0,0	0,10	2,0
40	0,0	0,10	2,0
50	0,0	0,10	2,0
63	0,0	0,10	2,0
80	0,0	0,10	2,0
100	0,0	0,10	2,0
125	0,0	0,10	2,0
160	0,0	0,10	2,0
200	0,1	0,10	2,0
250	0,1	0,10	2,0
315	0,1	0,10	2,0
400	0,1	0,10	2,0
500	0,1	0,10	2,0
630	0,1	0,10	2,0
800	0,0	0,10	2,0
1000 (ref)	0,0	0,10	2,0
1250	-0,1	0,10	2,0
1600	-0,2	0,10	2,0
2000	-0,1	0,10	2,0
2500	-0,3	0,10	2,0
3150	-0,0	0,10	2,0
4000	-0,0	0,10	2,0
5000	-1,2	0,10	2,0
6300	-1,0	0,10	2,0
8000	-2,4	0,10	2,0

## PONDERAÇÃO TEMPORAL - FAST 300 ms

Nível de teste (dB)	Faixa de medição (dB)	Desvio (dB)	Incerteza (dB)	k
LS - 4	30 - 130	1,1	0,10	2,0
LS - 14	30 - 130	0,0	0,10	2,0
LS - 24	30 - 130	0,0	0,10	2,0
LS - 34	30 - 130	0,4	0,10	2,0
LS - 44	30 - 130	0,0	0,10	2,0
LS - 54	30 - 130	1,0	0,10	2,0

# Certificado de Calibração

INTERMETRO

Laboratório de Calibração acreditado pela COCER/Inmetro de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o N° 18451.

Folha 4/4

4340/18RA

Folha 4/4

## PONDERAÇÃO TEMPORAL - SLOW 500 ms

Nível de teste (dB)	Faixa de medição (dB)	Desvio (dB)	Incerteza (dB)	k
LS - 4	30 - 130	1,3	0,10	2,0
LS - 14	30 - 130	1,3	0,10	2,0
LS - 24	30 - 130	1,4	0,10	2,0
LS - 34	30 - 130	1,4	0,10	2,0
LS - 44	30 - 130	1,4	0,10	2,0
LS - 54	30 - 130	1,1	0,10	2,0

## DETECTOR RMS

Sinal aplicado	Faixa de medição (dB)	Desvio (dB)	Incerteza (dB)	k
Seno FC3	30 - 130	-1,3	0,10	2,0
HET -3	30 - 130	-1,5	0,10	2,0
HET -3	30 - 130	-2,7	0,10	2,0

## SINAIS ACÚSTICOS

Valor nominal (dB)	Valor medido (dB)	Desvio (dB)	Incerteza (dB)	k
94,0	93,7	-0,3	0,10	2,0

## Notas

1. A incerteza expandida de medição referida é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência  $k$  determinado nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DVCLA-021.

2. Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e as condições acima mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

3. Ajustes e reparos não fazem parte do escopo de calibração.

4. As células rastreadas não estão de acordo com a norma IEC-60251:1979.

Este certificado anula o anterior de número 4340/18B.

Data de emissão: 13/08/2018

William F. N. Maluco

Téc. Especialista

Marcel Alves Nimell

Signatário Autorizado

Este certificado foi assinado eletronicamente pelo Signatário Autorizado

"Mais do que uma simples questão ambiental, a poluição sonora deve ser vista como uma forma de violência ao ser humano."

*Ernando Soares Araújo (2021).*