



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

MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Rômulo Gustavo dos Santos

**MODELAGEM DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM UMA REGIÃO CENTRAL
URBANA DE GOIÂNIA/GO**

Goiânia/GO

2019



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

MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Rômulo Gustavo dos Santos

**MODELAGEM DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM UMA REGIÃO CENTRAL
URBANA DE GOIÂNIA/GO**

Relatório Técnico apresentado ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (PPGTPS - IFG), como requisito para a obtenção do título de mestre na 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

2019

S2373m Santos, Rômulo Gustavo dos.

Modelagem dos níveis de pressão sonora em uma região central urbana de Goiânia/GO / Rômulo Gustavo dos Santos. – Goiânia : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2019.

179f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Nonato de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Inclui apêndices e anexos.

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

CDD 363.74

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Lana Cristina Dias Oliveira CRB1/ 2.631
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

**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(a) Autor(a): **RÔMULO GUSTAVO DOS SANTOS**

Matrícula: **20162011140246**

Título do Trabalho: **MODELAGEM DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM UMA REGIÃO CENTRAL URBANA DE GOIÂNIA-GO**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 03/09/2019.

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

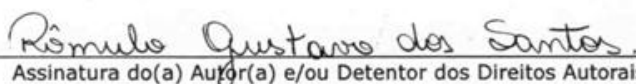
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

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, 22 DE AGOSTO DE 2019.



Assinatura do(a) Autor(a) e/ou Detentor dos Direitos Autorais



Ata de Defesa Pública de Dissertação de Mestrado

Aos vinte e dois dias do mês de agosto de dois mil e dezenove, às dezesesse horas, no Miniauditório Demartin Bizerra da Silva, IFG Câmpus Goiânia, reuniram-se os membros da banca de defesa de dissertação composta pelos (as) professores(as) e/ou profissionais :

- Prof(a). Dr(a). LUCAS NONATO DE OLIVEIRA (presidente e orientador – PPGTPS / IFG) –
- Prof(a). Dr(a). REGINA CÉLIA BUENO DA FONSECA (avaliadora – PPGTPS / IFG)
- Prof(a). Dr(a). RENATA MÉDICI FRAYNE (avaliadora externa – UFG)
- Prof(a). Dr(a). JOACHIM WERNER ZANG (suplente – PPGTPS / IFG)

para arguirem o(a) mestrando(a) RÔMULO GUSTAVO DOS SANTOS, com o título da dissertação “**CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM UMA REGIÃO CENTRAL URBANA DE GOIÂNIA-GO**”.

Iniciada a sessão pelo(a) presidente da banca examinadora, o(a) candidato(a) expôs o assunto de sua dissertação, dentro do tempo regulamentar de trinta minutos, sendo na sequência arguido(a) pelos membros da banca e tendo dado os esclarecimentos necessários. Os membros da banca consideraram a Dissertação:

- I. Aprovada.
- II. () Aprovada com restrições¹.
- III. () Reprovado.

¹ Regimento do Curso Mestrado: Art. 29. Da defesa da dissertação: § 2º A avaliação final da dissertação, quando de sua defesa, se dará por intermédio das seguintes expressões: I. Aprovado; II. Aprovado com restrições; e III. Reprovado. § 3º Entende-se por restrições como sendo pequenas correções na dissertação ou possíveis trabalhos de natureza complementar sugeridos pela Banca Examinadora. § 4º A defesa pública da dissertação será registrada nos seguintes documentos: I. Ata para parecer de defesa e resultado final, assinada por todos os membros da Banca Examinadora; e quando couber, II. Ata específica para descrição das restrições e prazo para cumprimento das mesmas em 30 (trinta) dias, assinada por todos os membros da Banca Examinadora. § 5º Caso as possíveis restrições não sejam sanadas conforme especificado e no prazo estipulado, o candidato, após avaliação do Colegiado, poderá ser considerado reprovado. § 6º Caso a dissertação já seja reprovada, ela poderá ser reapresentada ao Colegiado uma única vez para constituição de nova defesa, cumprindo um prazo mínimo de três meses e máximo de seis meses.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE GOIÁS - IFG - CÂMPUS GOIÂNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS
SUSTENTÁVEIS
PPGTPS



Recomendações da Banca Examinadora:

*Ver as sugestões no sumário da
dissertação*

*Sugestão de mudança do termo "Caracteri-
zação" por "Modelagem" no título da dissertação.*

Banca Examinadora:

Prof(a). Dr(a). LUCAS NONATO DE OLIVEIRA (presidente e orientador - PPGTPS / IFG)

Assinatura *Lucas N. O.*

Prof(a). Dr(a). REGINA CÉLIA BUENO DA FONSECA (avaliadora - PPGTPS / IFG)

Assinatura *Regina C. B. de Fonseca*

Prof(a). Dr(a). RENATA MÊDICI FRAYNE (avaliadora externa - UFG)

Assinatura *R. Medici Frayne*

Prof(a). Dr(a). JOACHIM WERNER ZANG (suplente - PPGTPS / IFG)

Assinatura _____

Declaro estar quite com o disposto no art. 29, V, do Regimento do Programa *Stricto Sensu* do Mestrado Profissional em Tecnologia de Processos Sustentáveis: "Ter submetido no mínimo um artigo científico em revista indexada na Plataforma do CNPq de Qualis A ou B, ou depositado Patente, ou Desenvolvido e Publicado um produto de inovação tecnológica."

Nome do(a) aluno(a) por extenso: RÔMULO GUSTAVO DOS SANTOS

Assinatura do(a) Aluno(a) PPGTPS/IFG: *Rômulo Gustavo dos Santos*
Goiânia, 22 de agosto de 2019

DEDICATÓRIA

À meus pais, Alminda de Souza Santos (*in memoriam*) e Luiz Gonzaga dos Santos, os quais mesmo sem entender muito bem as coisas, sempre cuidaram de mim, com muito amor, respeito e educação. Sem eles, nada seria hoje.

“Um dia os homens terão que lutar tão ferozmente contra o ruído como a cólera e a peste”. (MÜNZEL, et al., 2014, p.1.)

Tradução do autor

AGRADECIMENTOS

À Deus; aos meus pais; aos meus amigos e irmãos, pelo carinho e apoio eternos.

Ao Pedro Ernesto Guerra Guimarães, meu companheiro, meu amigo, meu panda, meu cúmplice, meu “xêru”, a quem compartilho meus sonhos e ambições, topando todos os meus projetos mais malucos ou satisfazendo meus desejos mais instáveis, sem esmorecer, sem desanimar; fazendo despertar em mim o que há de melhor.

Ao meu orientador, Professor Lucas Nonato de Oliveira, pela imensurável paciência, sabedoria, rigor científico, empenho e dedicação. Sem o seu auxílio, sugestões, comentários e críticas nada dessa pesquisa teria sido concretizado.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, pela oportunidade de aprendizado, me proporcionando uma formação gratuita e de excelente qualidade.

Aos meus colegas de faculdade, tanto àqueles que conheci durante o curso quanto os de outras áreas, pelos vários momentos especiais que vivenciamos juntos, seja de profunda concentração ou de estridentes gargalhadas.

Aos meus amigos do Programa de Mestrado, em especial, meus queridos: Luana Oliveira, Roulien Vieira, Kátia Souza e Juliana Fernandes, por toda força, auxílio, apoio e sorrisos dispensados, sem eles já teria desistido dessa jornada.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, pelo conhecimento e experiência dispensados, fundamentais para a minha formação acadêmica.

Aos professores Regina Célia Bueno da Fonseca e Alex Mota dos Santos, que foram extremamente compreensivos sem deixar de serem rigorosos, exigentes sem deixar de serem justos, mas sobretudo, nesse processo de formação, ensino e aprendizagem, foram docentes sem nunca deixar de serem humanos.

Ninguém vence sozinho nessa jornada que é o Mestrado. Caso por algum lapso de memória eu tenha me esquecido de mencionar alguém, peço que me perdoe. No mais, obrigado!

RESUMO

SANTOS, Rômulo Gustavo. MODELAGEM DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM UMA REGIÃO CENTRAL URBANA DE GOIÂNIA/GO. 2019. 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, 2019.

A poluição sonora provoca degradação na qualidade do meio ambiente e se apresenta como um dos mais frequentes problemas ambientais nas grandes cidades. Os ambientes urbanos possuem cenários acústicos complexos e seus estudos precisam considerar a contribuição de fontes sonoras diversas. Nesse sentido, os modelos computacionais, por meio do mapeamento e predição do cenário acústico, se tornam importantes, uma vez que possibilitam a realização de cálculos, de análises e de relatórios que permitem a interpretação de resultados satisfatórios. A área de estudos neste trabalho compreende a “região da 44”, localizada na porção central da cidade de Goiânia, entre os bairros Norte Ferroviário e Central. Caracterizada visivelmente por uma mescla de pedestres, veículos, comércio, ruído e congestionamentos, a região de estudo atrai consumidores e visitantes de todo o país para fazer compras. Dessa forma, este trabalho objetiva avaliar a poluição sonora em uma área urbana localizada na região central de Goiânia, monitorar os níveis de ruído identificando os pontos críticos em que os cidadãos estão expostos a níveis sonoros acima do permitido pela legislação e elaborar um mapa de ruído para diagnosticar o estado acústico da região. As medições serão realizadas utilizando-se um decibelímetro modelo DEC-490 da marca INSTRUTHERM e realizadas conforme preconiza a NBR 10.151:2000. A modelagem será realizada através do *software* de predição acústica INOISE com base no modelo proposto pela norma ISO 9.613 Parte 1/2 com a finalidade de simular cenários futuros para se prever o impacto do ruído ambiental na região. Os resultados demonstraram que todos os cenários avaliados apresentam problemas referentes à acústica urbana local. Todos os 34 pontos amostrados durante o estudo apresentaram valores de nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) acima da norma ambiental vigente. Além do mais, 15 pontos críticos destacaram-se por estarem com valores iguais ou 10 dB (A) acima do limite de 65 dB (A). Espera-se que esta pesquisa auxilie através de conhecimento para ações de gestão e planejamento do ruído urbano com vistas à formulação e implantação de medidas que propiciem uma melhor qualidade de vida e bem estar à população goiana, garantindo seu direito a um meio ambiente equilibrado, e por que não dizer, acusticamente saudável.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Sonora, Ruído, Mapeamento Acústico, Modelagem ambiental.

ABSTRACT

SANTOS, Romulo Gustavo. MODELING OF SOUND PRESSURE LEVELS IN A CENTRAL URBAN REGION OF GOIÂNIA/GO. 2019. Dissertation (Master in Sustainable Process Technology) - Postgraduate Program in Sustainable Process Technology, Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás, Goiânia, 2019.

Noise pollution causes degradation in the quality of the environment and is one of the most frequent environmental problems in large cities. Urban environments have complex acoustic scenarios and their studies need to consider the contribution of diverse sound sources. In this sense, the computational models, through the mapping and prediction of the acoustic scenario, become important, since they allow the accomplishment of calculations, analysis and reports that allow the interpretation of satisfactory results. The study area in this work comprises the “44 region”, located in the central portion of the city of Goiânia, between the North Rail and Central neighborhoods. Visibly characterized by a mix of pedestrians, vehicles, commerce, noise and traffic jams, the study region attracts consumers and visitors from all over the country to shop. Thus, this paper aims to evaluate noise pollution in an urban area located in central Goiânia, monitor noise levels by identifying the critical points at which citizens are exposed to noise levels above what is allowed by the legislation and draw up a noise map. to diagnose the acoustic state of the region. The measurements will be performed using a decibel meter model DEC-490 of the brand INSTRUTHERM and performed as recommended by NBR 10.151:2000. The modeling will be performed using the INOISE acoustic prediction *software* based on the model proposed by ISO 9.613 Part 1/2 to simulate future scenarios to predict the impact of environmental noise in the region. The results showed that all scenarios evaluated present problems related to local urban acoustics. All 34 points sampled during the study had equivalent sound pressure level (L_{Aeq}) values above the current environmental standard. In addition, 15 critical points stood out for being at or equal to 10 dB (A) above the 65 dB (A) limit. It is hoped that this research will help through knowledge for urban noise management and planning actions with a view to the formulation and implementation of measures that promote a better quality of life and well-being to the Goiás population, guaranteeing their right to an environment. balanced, and why not say, acoustically healthy.

KEY-WORDS: Noise Pollution, Noise, Acoustic Mapping, Environmental Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva Fletcher-Munson, revisada em 2003 através da ISO 226:2003.	29
Figura 2 - Gráfico “Ganho (dB) versus Frequência (Hz)” (...)	30
Figura 3 - Absorção do som.	37
Figura 4 - Reflexão do som em superfície lisa.	38
Figura 5 - Som direto e refletido em superfície de pavimento urbano.	39
Figura 6 - Transmissão do som através de um objeto.	40
Figura 7 - Difração do som de uma fonte sonora “F” de baixa frequência.	41
Figura 8 - Difração do som de uma fonte sonora “F” de alta frequência.	42
Figura 9 - Reverberação do som em via com configuração vertical em “U”	44
Figura 10 - Mecanismo de propagação da onda sonora ao ar livre.	45
Figura 11 – Mecanismos mais importantes envolvidos na propagação sonora (...)	46
Figura 12 - Caracterização morfológica das vias com dimensões de perfil (...)	54
Figura 13 - Relação entre pressão sonora x velocidade dos veículos.	56
Figura 14 - Histórico temporal típico do ruído de tráfego gerado nas rodovias.	57
Figura 15 - Histórico temporal típico do ruído de tráfego gerado nos centros urbanos.	57
Figura 16 - Operação de cópia de itens e modelos no ambiente de simulação (...)	65
Figura 17 - Definições para altura no ambiente de simulação computacional.	67
Figura 18 - Procedimentos metodológicos para elaboração do mapa acústico (...)	84
Figura 19 - Delimitação da área de estudo em imagem de satélite.	89
Figura 20 - Delimitação da área de pesquisa em imagem vetorial.	89
Figura 21 - Bairros pertencentes à área de estudo: Setor Central e Norte Ferroviário (...)	91
Figura 22 - Divisão da área de estudo em polígonos.	92
Figura 23 - Mapa da área de estudos na imagem mosaicada.	96
Figura 24 - Distribuição amostral dos pontos de coleta segundo malha regular (...)	97
Figura 25 - Distribuição dos 34 pontos de medição de ruído na área de estudo.	98
Figura 26- Dimensões recomendadas para instalação do tripé com o decibelímetro.	106
Figura 27 - Quantidade de visitas realizadas em cada ponto.	108
Figura 28 - <i>Layout, display</i> de opções e área de pesquisa analisada para simulação (...)	119
Figura 29 - Área de pesquisa analisada para simulação no <i>software</i> iNoise®.	120
Figura 30 - Barreiras acústicas presentes a partir das construções nas quadras (...)	121
Figura 31 - Configuração da altitude relativa para construções.	122
Figura 32 - Configuração do fator de reflexão para barreiras acústicas.	122

Figura 33 - Regiões com vegetação ou diferentes tipos de solo (...).	123
Figura 34 - Fontes sonoras lineares com fontes pontuais acústicas sobrescritas.....	126
Figura 35 - Checagem dos itens para realização do cálculo do modelo.....	127
Figura 36 - Comportamento dos Níveis de Pressão Sonora aferidos (Período matutino).....	133
Figura 37 - Comportamento dos Níveis de Pressão Sonora aferidos (Período vespertino). ..	133
Figura 38 - Tendência de comportamento dos NPS acima do NCA (Período matutino).....	135
Figura 39 - Tendência de comportamento dos NPS acima do NCA (Período vespertino). ...	136
Figura 40 - Mapa dos Níveis de Pressão Sonora, Período Matutino, Goiânia (2018).....	138
Figura 41 - Mapa dos Níveis de Pressão Sonora, Período Vespertino, Goiânia (2018).....	139
Figura 42 - Mapa interpolado de ruído (Período diurno).	140
Figura 43 - Mapa de ruído da região simulada gerado pelo <i>software</i> iNoise®.....	141
Figura 44 - Mapa de ruído da área de estudo (em 3D).	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre Nível de intensidade sonora e Intensidade sonora de referência.	33
Tabela 2 - Somatório de Níveis de intensidade sonora e Intensidades sonoras.	34
Tabela 3 - Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.....	47
Tabela 4 - Limites dos níveis de pressão sonora de tráfego rodoviário.	74
Tabela 5 - Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos (...).	75
Tabela 6 - Limites de níveis de pressão sonora em função da finalidade de uso (...).	77
Tabela 7 - Dimensões espaciais dos dois polígonos e da Rua 44.....	93
Tabela 8 - Coordenadas geográficas dos 34 pontos localizados na área de estudo.....	99
Tabela 9 - Caracterização e descrição dos 34 pontos aferidos na área de estudo.....	100
Tabela 10 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV) - Período Matutino.	109
Tabela 11 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV) - Período Vespertino.	111
Tabela 12 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV), Frequência e Volume Total (...).	114
Tabela 13 - Velocidade média permitida e classificação das vias de tráfego.....	116
Tabela 14 - Tabela com os valores de L_{Aeq} e L_c aferidos (...)	124
Tabela 15 - Tabela com características das fontes de ruído lineares (...).	125
Tabela 16 - Dados acústicos coletados em campo (Período matutino).	129
Tabela 17 - Dados acústicos coletados em campo (Período vespertino).....	130
Tabela 18 - Níveis de pressão sonora aferidos (Período diurno).....	132
Tabela 19 - Descrição das fontes de ruído nos pontos monitorados.	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados espaciais e demográficos dos bairros pertencentes à área de estudos.....	90
Quadro 2 - Níveis aceitáveis de som ou ruído - Instrução Normativa nº 26/2008.....	94
Quadro 3 - Definição da variável tempo para pesquisa.....	103
Quadro 4 - Nível Critério de Avaliação (NCA) definido para a área de estudo.....	104
Quadro 5 - Intervalo de tempo, duração e quantidade de visitas realizadas (...)	104
Quadro 6 - Classificação das vias de tráfego da área de estudo.	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMMA – Agencia Municipal do Meio Ambiente

BRT – *Bus Rapid Transit*

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

CFV – Contagem do Fluxo de Veículos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW – *Inverse Distance Weighting*

IEC – *International Eletrotechnical Commission*

ISO – *International Organization for Standardization*

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NCA – Nível Critério de Avaliação

NPS – Nível de Pressão Sonora

OMS – Organização Mundial da Saúde

QGis – Quantum Gis

VMFT – Velocidade Média do Fluxo de Tráfego

LISTA DE SÍMBOLOS

A - Área

A_{comb} - Combinação de todos os mecanismos significativos de atenuação sonora em dB (A)

dB - Decibel

dB (A) - Decibéis ponderados em A

$Diretiv(f)$ - Diretividade da fonte

f - Frequência da onda sonora

I - Fluxo de Potência Sonora Real

I_0 - Fluxo de Potência Sonora de Referência

I_A - Intensidade do som absorvido pelo meio

I_R - Intensidade do som refletido pela superfície

L_{Aeq} - Nível de Pressão Sonora Equivalente, ponderado em A

L_{Amax} - Nível de Pressão Sonora Máximo registrado, ponderado em A

L_{Amin} - Nível de Pressão Sonora Mínimo registrado, ponderado em A

L_c - Nível de Pressão Sonora Corrigido

L_{den} - Nível de pressão sonora equivalente de longa duração ao longo de um período

L_{eq} - Nível de Pressão Sonora Equivalente

L_i - Nível de Pressão Sonora

$L_{manhã}$ - Nível sonoro médio de longa duração, em dB (A), determinado durante todos os períodos matutinos de um ano

L_{noite} - Nível sonoro médio de longa duração, em dB (A), determinado durante todos os períodos noturnos de um ano

L_p - Nível de Pressão Sonora da fonte-receptor na distância r

$L_p(P)$: nível de ruído aferido em um período básico P em dB (A)

L_{ra} - Nível de Ruído Ambiental

L_{tarde} é o nível sonoro médio de longa duração, em dB (A), determinado durante todos os períodos vespertinos de um ano;

L_{tot} - Nível de Pressão Sonora Total

L_w - Nível de Potência Sonora

$L_w(P)$: nível de ruído emitido para um período básico P em dB (A)

n - Número total de medições registradas

NCA - Nível Critério de Avaliação

NIS - Nível de Intensidade Sonora

NPS - Nível de Pressão Sonora

P - Pressão Sonora Real

P_0 - Pressão Sonora de Referência

r - Distância fonte-receptor

T - Tempo de apuração da medição

$T_{manhã}$ - Duração do período matutino, principalmente 12 horas;

T_{tarde} - Duração do período vespertino, principalmente 4 horas;

T_{noite} - Duração do período noturno, principalmente 8 horas;

v - Velocidade de propagação do som no meio

W - Potência da fonte sonora

α - Coeficiente de absorção sonora

β - Módulo de elasticidade volumétrica do meio

ρ - Massa específica

λ - Comprimento da onda sonora;

Ω - Ângulo sólido disponibilizado pela fonte para livre propagação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1 OBJETIVOS	24
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	24
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 POLUIÇÃO SONORA	26
2.2 ASPECTOS CONCEITUAIS E FÍSICOS DO SOM.....	28
2.2.1 Percepção sonora.....	29
2.2.2 Intensidade sonora e nível de intensidade sonora.....	31
2.2.3 Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{eq}).....	34
2.2.4 Propagação do som com barreira.....	36
2.2.4.1 Absorção do Som	36
2.2.4.2 Reflexão do Som	37
2.2.4.3 Transmissão do Som	39
2.2.4.4 Difração do Som.....	40
2.2.4.5 Reverberação do Som.....	43
2.2.5 Propagação do som ao ar livre	44
2.2.6 Tipos de ruído e classificação das fontes sonoras no espaço urbano	49
2.2.7 Ruído de tráfego.....	52
2.3 FERRAMENTAS DE ANÁLISE ACÚSTICA.....	59
2.3.1 Mapeamento acústico.....	59
2.3.2 Predição de ruído.....	60
2.3.3 Predição e modelagem acústica no software iNoise®.....	63
2.4 NORMAS E LEGISLAÇÕES PERTINENTES.....	69
2.4.1 Normas regulamentadoras	70
2.4.1.1 Normas Internacionais.....	70
2.4.1.2 Normas Nacionais	75
2.4.2 Legislações.....	77
2.4.2.1 Legislação Federal.....	78
2.4.2.2 Legislação Estadual.....	79
3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	83
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	83
3.1.1 Materiais	83
3.1.2 Métodos.....	84
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	86
3.2.1 Escolha do local de pesquisa	86
	19

3.2.2	<i>Caracterização da área de estudo</i>	86
3.2.3	<i>Divisão da área de estudo</i>	91
3.2.4	<i>Classificação da área de estudo conforme Instrução Normativa nº 26/2008 (AMMA)</i>	94
3.2.5	<i>Aquisição e preparação das imagens</i>	95
3.2.6	<i>Amostragem</i>	96
3.2.7	<i>Posicionamento e coordenadas dos pontos para coleta de dados</i>	98
3.2.8	<i>Determinação do horário de coleta e Nível Critério de Avaliação (NCA)</i>	103
3.2.9	<i>Procedimentos metodológicos para coletas de campo</i>	105
3.2.10	<i>Coleta de dados</i>	105
3.2.10.1	<i>Coleta dos Níveis de Pressão Sonora (NPS)</i>	105
3.2.10.2	<i>Contagem do Fluxo de Veículos (CFV)</i>	108
3.2.10.3	<i>Velocidade Média do Fluxo de Tráfego (VMFT)</i>	115
3.2.11	<i>Simulação computacional no software iNoise®</i>	118
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	128
4.1	RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM CAMPO	128
4.1.1	<i>Níveis de pressão sonora aferidos e valores acima do NCA</i>	128
4.1.2	<i>Níveis de pressão sonora equivalente, corrigido e valores acima do NCA</i>	133
4.1.3	<i>Análise de tendência dos valores acima do NCA</i>	134
4.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES COMPUTACIONAIS.....	137
4.2.1	<i>Mapa de ruído interpolado gerado no software de geoprocessamento ArcGIS</i>	137
4.2.2	<i>Mapa de ruído interpolado simulado no software de predição acústica iNoise®</i>	140
4.3	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	142
5	CONCLUSÃO E SUGESTÕES	149
	REFERÊNCIAS	152
	APÊNDICE	166
	<i>APÊNDICE I – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO</i>	167
	<i>APÊNDICE II - PLANILHA PARA COLETA DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS)</i>	169
	<i>APÊNDICE III - PLANILHA PARA CONTAGEM DO FLUXO DE VEÍCULOS (CFV)</i>	171
	<i>APÊNDICE IV – REGISTROS FOTOGRÁFICOS</i>	173
	ANEXOS	182
	<i>ANEXO I - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE NÍVEL SONORO</i>	183
	<i>ANEXO II - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR DE NÍVEL SONORO</i>	186
	<i>ANEXO III - LEI COMPLEMENTAR Nº 132, DE 12 DE JULHO DE 2004</i>	189
	<i>ANEXO IV - LEI COMPLEMENTAR Nº 318, DE 3 DE JULHO DE 2019</i>	193

1. INTRODUÇÃO

A tendência de crescimento das grandes cidades faz com que o nível de ruído se torne cada vez mais onipresente, degradando o ambiente e provocando danos visíveis aos seres humanos (SILVA FILHO, 1997).

No Brasil, ante às construções acusticamente pobres, à uma gestão e planejamento deficitários – principalmente em relação aos meios de transporte – e a uma política nacional de controle do ruído urbano ausente, o aumento nos níveis de pressão sonora tem impactado desproporcionalmente a paisagem sonora das grandes cidades. Somados a estes fatores, o crescimento econômico, o aumento da densidade demográfica e das fontes de ruídos, temos um cenário que necessita ser modificado constantemente em prol da qualidade de vida e bem estar da população (VENTURA et al., 2008).

A chamada “poluição” sonora consiste no ruído excessivo emitido por fontes perturbadoras do meio urbano, principalmente, provenientes dos grandes centros urbanos (GUEDES, 2005) e pode causar efeitos nocivos que afetam tanto fisiologicamente quanto psicologicamente os seres humanos. Segundo Sylvio Bistafa (2011), nos centros urbanos, o ruído de tráfego constitui uma das principais fontes de poluição ambiental e pode ser oriundo tanto do tráfego rodoviário quanto ferroviário e/ou aéreo.

Os ambientes urbanos apresentam cenários acústicos complexos, logo, seus estudos precisam considerar a participação de várias fontes sonoras como também a necessidade de se trabalhar inúmeros pontos de medição (GIUNTA et al., 2013). Ao se avaliar uma solução nesse sentido, modelos computacionais tornam-se instrumentos imprescindíveis para avaliação acústica uma vez que possibilitam a realização de cálculos, análises e relatórios, com alto rigor científico a um custo relativamente baixo se, para realização dos mesmos estudos, fossem contabilizados os gastos relativos à contratação de mão de obra especializada, fornecimento de suprimentos, força de trabalho e/ou tempo gasto para realização deste serviço (VENTURA et al., 2008).

Nos modelos computacionais, mapeamentos sonoros podem ser obtidos tanto de porções da cidade quanto de sua totalidade. O mesmo pensamento é válido para predições do impacto do ruído em determinado ambiente (GIUNTA et al., 2013; OLIVEIRA, 2017). Análises de ruído são importantes para se avaliar o espaço urbano, pois além de embasar discussões acerca da legislação ambiental e urbana pertinentes, favorecem a política de gestão do espaço urbano através da produção de conhecimento, tomada de decisões e proposição de medidas

para o sistema de fiscalização e controle da poluição sonora, conforme pode-se constatar nos trabalhos de Costa (2015) e Oliveira (2017), dentre outros.

Goiânia foi planejada para 50.000 habitantes e o meio de mobilidade urbana utilizado para sua espacialização foi carros de boi (MOYSÉS, 2004). Desde o início, interesses do capital imobiliário foram priorizados em detrimento a investimentos sociais no espaço urbano, o que acarretou na formação de bairros distantes, desconectados e isolados do centro da capital (configuração esta persistente até os dias de hoje). Com o passar dos anos e o uso excessivo de carros e motos, houve um aumento no índice de congestionamentos que, somado a uma fiscalização deficiente, agravou a problemática da mobilidade urbana no município.

Em 2018, a frota do Estado de Goiás ganhou mais 126,4 mil veículos, saltando de 3,79 milhões em 2017 para mais de 3,92 milhões em 2018, ou seja, um aumento equivalente a quase toda frota do município de Rio Verde (138,4 mil) (DETRAN-GO, 2018).

Na capital goiana, os registros apontam a um quantitativo de 1,21 milhão de automóveis e motocicletas. De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para uma população de 1.495.705 habitantes, a cidade apresenta quase 1 (um) veículo por habitante. Já no Estado, para uma população de aproximadamente 6,92 milhões de pessoas, essa relação é um pouco menor, atingindo 0,56 veículos por habitante. Logo, segundo o Relatório Técnico Anual do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) pode-se inferir que o elevado índice da frota de veículos é fator determinante para o aumento tanto dos acidentes de trânsito quanto dos níveis de poluição sonora nas grandes cidades (DENATRAN, 2016).

O centro de Goiânia, conhecido pelo nome de Setor Central, ou simplesmente, “Centro”, corresponde ao núcleo de povoamento a partir do qual a cidade se desenvolveu e, conseqüentemente, se expandiu. Sua configuração urbanística básica, bem como, o traçado de suas ruas seguiu o plano piloto elaborado pelo arquiteto Atilio Corrêa Lima (1933-35). Já a paisagem urbana básica, marcada pela existência de um grande número de edificações caracterizadas principalmente por prédios baixos, muitos dos quais, com fachada em estilo “art déco” (GOIÁS-NS, 2019).

A área de pesquisa deste trabalho está localizada no “centro histórico” da cidade, entre os bairros Norte Ferroviário e Central, e destaca-se principalmente pela porção às margens da Rua 44, conhecida por “Região da 44”. Nesta área é passível de ser observado um intenso movimento de carros, vendedores ambulantes e pedestres na região, tudo isso devido a

mola mestra que movimentada a economia do setor terciário no município: o comércio. Percebe-se também inúmeros carros de som fazendo divulgação de promoções de lojas e produtos, barulho de vendedores nas feiras livres, além de um monótono, porém, perceptível, ruído de fundo proveniente do fluxo tráfego de veículos. Por fim, a região está localizada ao lado de uma estação rodoviária na qual funciona, concomitantemente, o centro de compras Araguaia *shopping*.

Desde 2018, a área encontra-se como um canteiro de obras. Várias construções puderam ser identificadas desde obras para construção de um *shopping* quanto para reforma de salas comerciais. Outras, de grande porte, também podem ser encontradas como a construção do BRT na Avenida Goiás Norte ou a reforma do viaduto na Marginal Botafogo. Além disso, várias alterações no fluxo de veículos devido à realização de compras em período de feriados ou datas comemorativas tornam-se agravantes ao fluxo de veículos na região. A priori, a “Região da 44”, região que possui o maior destaque neste trabalho, condiz muito bem como uma região típica de grandes centros urbanos, em desacordo com diretrizes e padrões estabelecidos para a qualidade e conforto acústico ambiental.

Dentre os demais segmentos acerca do conforto acústico ambiental, especialmente referente ao processo de planejamento das cidades, medidas preventivas de adequação do ruído geradas através do crescimento urbano estão sendo frequentemente levantadas. Logo, esta pesquisa torna-se relevante pois oferecerá uma base teórica de dados para a gestão municipal, representada através da Prefeitura de Goiânia, formular possíveis soluções no exercício da política de controle e fiscalização dos níveis de poluição sonora na cidade.

Ao partir de estudos realizados na cidade Goiânia sobre o tema da poluição sonora, questiona-se: Quais tipos e fontes sonoras causam impacto no ambiente acústico? Como as transformações na região influenciam a caracterização sonora? E a região do “entorno da 44”, a que ponto sofre com estes fatores? Em vista do cenário acústico atual, se não forem tomadas medidas de controle, como estarão os níveis de ruído daqui a alguns anos? Para responder a estas e outras perguntas, levanta-se a hipótese de que o cenário acústico futuro da área de pesquisa irá sofrer impactos negativos devido ao aumento do tráfego de veículos e obras civis realizadas além da interferência dos diferentes tipos de fontes de poluição sonora encontradas na região.

Diante desse contexto, o presente trabalho pretende caracterizar os níveis de pressão sonora em uma região central urbana de Goiânia, localizada entre os bairros Norte Ferroviário e Central, gerar um mapa de ruído ambiental do cenário atual e, através dele, modelar a

distribuição superficial do ruído através de técnica de interpolação em um software de predição acústica.

Pesquisas em acústica ambiental urbana tornam-se relevantes na medida em que contribuem na identificação e proposição de soluções para os problemas ambientais como também auxiliam na construção de uma base teórica georreferenciada para avaliação de impactos sonoros na região.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é modelar os níveis de pressão sonora em uma região central urbana de Goiânia.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorar a poluição sonora de uma região central urbana de Goiânia;
- Identificar e classificar as áreas com níveis sonoros críticos;
- Analisar comparativamente as medições provenientes de ruas e avenidas com as do ruído médio equivalente;
- Analisar estatisticamente o comportamento das séries acústicas;
- Elaborar um mapa de ruído ambiental do cenário atual utilizando técnicas de Geoprocessamento;
- Simular cenários futuros do impacto do ruído ambiental na região a fim de se extrapolar os resultados obtidos para estudos acerca da poluição sonora em outras regiões;
- Proporcionar a elaboração de uma base teórica georreferenciada para avaliação de impactos sonoros na área de estudo;

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O texto ficou estruturado em **cinco partes**, na qual tem-se: **Introdução** (1), com apresentação do objetivo geral, específicos e a estrutura geral do trabalho; em seguida, **Revisão Bibliográfica** (2), que trata das pesquisas, conceitos e estudos da literatura sobre o tema proposto; posteriormente, **Desenvolvimento da Pesquisa** (3), que abarca a descrição dos Materiais e Métodos além dos principais Procedimentos metodológicos necessários para análise das variáveis envolvidas neste estudo. Após a parte de coleta, análise e processamento dos dados, tem-se **Resultados e Discussões** (4), em que apresenta os resultados obtidos no trabalho e discute-os tanto com os esperados para a pesquisa quanto com os elencados em outros trabalhos da literatura. Por fim, segue-se com **Conclusão e Sugestões** (5), na qual, além de concluir a pesquisa, fornece propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLUIÇÃO SONORA

Existe na natureza um equilíbrio biológico entre todos os seres vivos. Nesse sistema, os organismos produzem substâncias úteis para outros organismos, e assim, sucessivamente. Toda vez que resíduos secretados por micro-organismos ou lançados pelo homem na natureza forem superiores à capacidade de absorção pelo ambiente, constata-se o fenômeno da poluição (BRASIL, 1981).

Em uma visão holística, poluição pode ser entendida como qualquer alteração do equilíbrio ecológico existente. É provocada essencialmente pelo homem por meio de processos derivados da industrialização e urbanização. Os agentes poluentes são os mais variados e diversos possíveis e são capazes de alterar a água, o ar, o solo, etc. Logo, poluição configura-se como uma “agressão” à natureza e, por conseguinte, ao meio ambiente em que o homem vive (CAOMA/MPGO, 2018).

À luz desse projeto, poluição sonora consiste na emissão e propagação de ruído excessivo, em que a energia acústica altera as condições ambientais a níveis superiores aos padrões estabelecidos para o meio, comprometendo, assim, a qualidade de vida e conforto acústico existentes. Pode ainda, caracterizar-se como um som indesejado que é despejado no meio sem respeito aos efeitos negativos que pode causar (BRESSANE et al., 2015; GUEDES, 2005).

É de notório conhecimento científico os malefícios que o ruído pode causar ao homem. Estes efeitos nocivos podem variar desde interferências fisiológicas a alterações psicológicas na saúde humana, como distúrbios do sono, *stress*, dores de cabeça, ansiedade, doenças cardíacas, como acidentes vasculares cerebrais (AVC's) até respiratórias, entre outros (OMS, 2003; BISTAFA, 2011; BÁSTIAN-MONARCA, 2016; RÉCIO et al., 2016; WRIGHT et al., 2016).

Em países nos quais a poluição sonora é um problema bastante significativo, como o Brasil, o impacto do ruído é ainda mais severo, pois além da própria cultura brasileira em ter hábitos de convivência social ruidosos tem-se também a influência, no campo da construção civil, do tipo de construção das casas (isto é, utilizam materiais leves, e de certa forma, acusticamente frágeis) e, no campo do planejamento e gestão urbana, da falta de aplicação efetiva de uma política nacional de controle do ruído urbano (VENTURA et al., 2008).

Sendo a poluição sonora um problema inerente ao crescimento dos aglomerados urbanos, visto que se origina, na maioria das vezes, das atividades eminentemente urbanas, tais como, tráfego viário, instalações industriais, lazer noturno, cerimônias religiosas, dentre outras (LIMA e SILVA, 2009), diagnosticar e prever os níveis de pressão sonora do meio fomenta discussões sobre a poluição sonora como agente restritivo da saúde humana além de estimular na elaboração de legislação ambiental específica para o controle do ruído nas cidades.

A poluição sonora se expressa, intensivamente, em vários aspectos: proliferação de assentamentos precários, expansão urbana, industrialização, dentre muitos outros. Em muitos desses casos, tem-se o aumento da quantidade de resíduos. Em especial à poluição sonora, tem-se o aumento da quantidade de ruído urbano. Este fenômeno projeta um cenário que necessita ser monitorado e modificado constantemente a fim de se resguardar os direitos do cidadão a um meio ambiente equilibrado e acusticamente saudável. Segundo Bistafa (2011) “se há um problema de ruído é porque algo, ou alguém, está se sentindo incomodado e, na maioria das vezes, este alguém é o próprio ser humano”.

Diante do cenário de poluição sonora, a Organização Mundial da Saúde considera este fenômeno como o segundo problema ambiental que mais afeta a população mundial (OMS, 2003) caracterizando-a como invisível, onipresente e que beira ao intolerável. Em 1999, a mesma instituição apresentou um Guia de valores de ruído para comunidades em ambientes específicos (OMS, 1999), documento que reuniu uma força-tarefa de especialistas sendo realizado em Londres, Reino Unido, em abril de 1999. Foi recomendado neste estudo o nível máximo de ruído de 55 dB (A) para pessoas em ambientes externos, agitados e altamente conturbados, como exemplo, grandes cidades, e 50 dB (A) para ambientes em que o nível de ruído esteja moderado.

No tocante à saúde, estudos como este são importantes pois estabelecem diretrizes para prevenção de doenças ocasionadas pela permanência excessiva do homem a níveis nocivos de ruído, como também, contribui para promoção dos princípios de saúde coletiva à população. Logo, este trabalho vem auxiliar a avaliação dos níveis de poluição sonora em Goiânia, em prol de uma melhor qualidade de vida à população, defendendo seu direito a um ambiente equilibrado e, por que não dizer, acusticamente saudável.

2.2 ASPECTOS CONCEITUAIS E FÍSICOS DO SOM

O som é uma presença tão comum no cotidiano que dificilmente o indivíduo se dá conta de todas as suas funções (BISTAFA, 2011). É um fenômeno físico provocado por uma onda mecânica, uma vibração que se transmite através do choque ocorrido entre as partículas do ar atmosférico e se propaga através do ar, da água ou de qualquer matéria. Esse efeito acarreta em uma alteração da pressão atmosférica local, tanto no espaço quanto no tempo, em um dado instante e ponto específicos. O som não se propaga no vácuo, pois necessita de um meio material para a sua transmissão (COSTA, 2015).

Conforme descreve De Marco, 1982,

“A física define o som como uma perturbação que se propaga nos meios materiais e é capaz de ser detectada pelo ouvido humano. A perturbação é gerada por um corpo que vibra, transmitindo suas vibrações ao meio que rodeia. As moléculas deste sofrem, alternadamente, compressões e rarefações, acompanhando o movimento do corpo. Esta variação de pressão é logo comunicada às moléculas vizinhas do meio, criando ondas longitudinais, de compressão e rarefação que partem do corpo emissor. As moléculas do meio, porém, não se deslocam. Elas oscilam em torno de suas posições de equilíbrio e o que se propaga é o movimento oscilatório”. (DE MARCO, 1982. p. 9-10).

Alguns autores definem o ruído como sendo todo e qualquer som indesejável, ou qualquer distúrbio à tranquilidade, devido aos efeitos auditivos (SINGAL, 2005; TRIPATHY, 2008), outros, definem ruído como a combinação de movimentos oscilatórios que, ao se combinarem, resultam em oscilações desarmônicas (PAZ, 2004; KINSLER et al., 2000¹ *apud* COSTA, 2015), entretanto, do ponto de vista físico, não há distinção entre esses dois conceitos (CONCHA-BARRIENTOS, 2004).

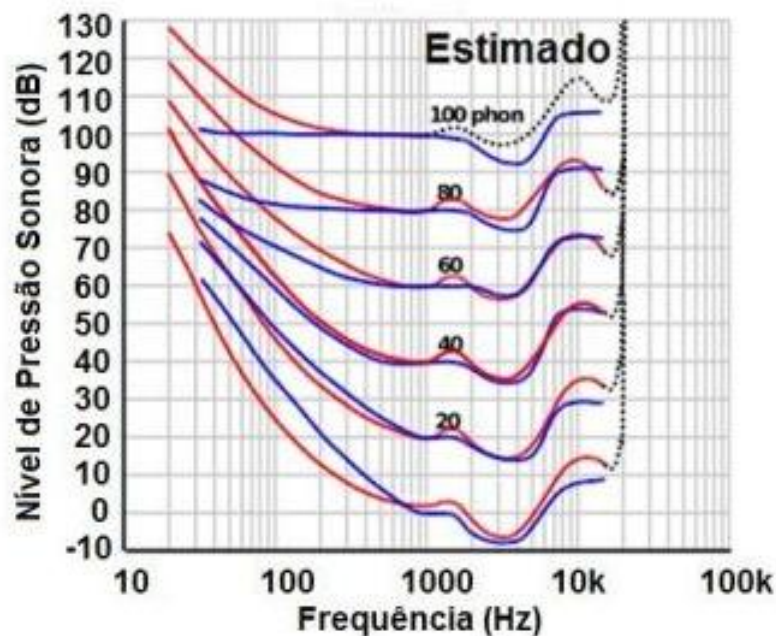
São extensas as discussões sobre a diferenciação entre som e ruído. Esses dois termos, no entanto, se diferenciam fundamentalmente por meio de dois aspectos: físico e social. O primeiro – físico – é representado pelas características que podem ser expressas e mensuradas quantitativamente, como frequência (em *hertz*) e intensidade (em *decibel*), já o segundo – social – refere-se à percepção subjetiva de som e ruído, ou seja, uma interpretação mais “pessoal”, desta forma, não necessariamente o ruído pode causar incômodo ao ouvinte. Para efeitos deste estudo, som e ruído são sinônimos já que a delimitação da pesquisa não aborda fatores psicossociais relacionados à exposição ao ruído, se enquadrando, portanto, como uma pesquisa quantitativa.

¹ KINSLER, L.; FREY, A.; COPPENS, A.; SANDERS, J. **Fundamental of Acoustics**. USA, John Wiley & Sons, Inc., 4th edition, 2000.

2.2.1 Percepção sonora

Segundo Costa (2015), a percepção subjetiva do som é chamada em acústica de *loudness*. É medida em *phon* e representa a audibilidade de um determinado som, não estando associado necessariamente ao nível de pressão sonora (MÖSER, 2009² *apud* COSTA, 2015). A análise do *loudness* é bastante complexa, pois depende da individualidade de cada ser humano (KUMAR; SRINIVAS, 2015; COSTA, 2015, p. 19). No entanto pesquisas demonstraram que essa “percepção” está associada à fatores como: frequência do som e largura da banda. Desse modo, Fletcher e Munson (1933) estabeleceram uma curva para definir essa relação e, em 2003, a Organização Internacional de Padronizações (em inglês: *International Organization for Standardization - ISO*) refez as curvas de Fletcher-Munson (ISO 226, 2003), conforme pode ser visualizado na Figura 1, com um acréscimo dos limites principalmente para as frequências mais graves. As curvas originais obtidas em 1933 estão em linha azul, enquanto que as revistas pela ISO 226:2003 estão em linha vermelha.

Figura 1 - Curva Fletcher-Munson, revisada em 2003 através da ISO 226:2003.



Fonte: LINDOS ELETRONICS (2019), adaptado pelo autor.

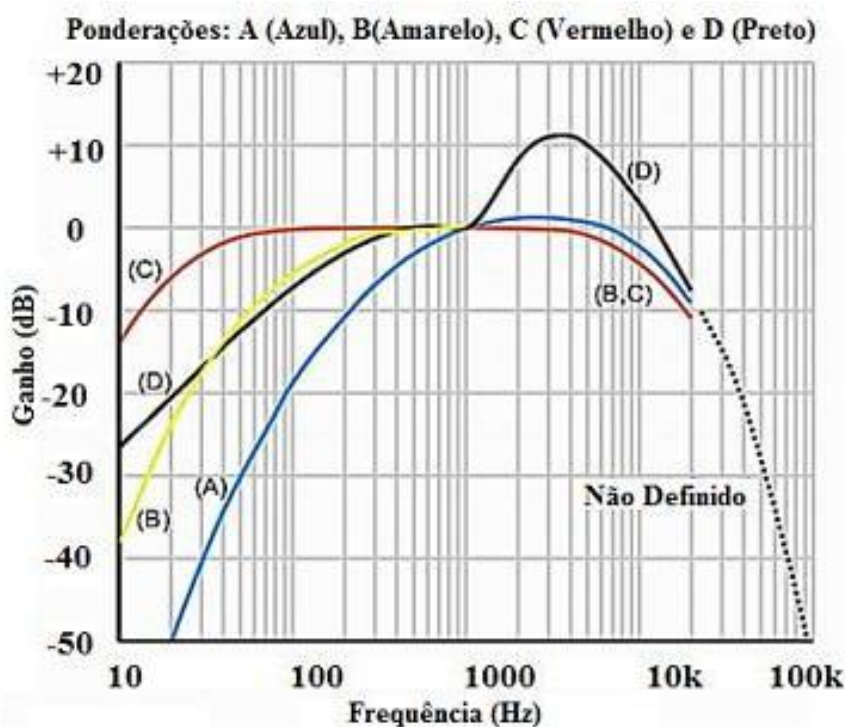
Visando padronizar as medições na ciência Acústica, as frequências foram agrupadas em bandas, sendo todos os cálculos e medições realizados para uma determinada frequência central, tendo os valores obtidos considerados representativos para todas as frequên-

² MÖSER, M. Trad. Stefan Zimmenmann and Rebecca Ellis. **Engineering Acoustics: An Introduction to Noise Control**. 2th Edition. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany, 2009.

cias dessa banda (PINTO, 2013). A norma NBR 10152 determina a análise dos níveis de pressão sonora nas bandas de oitava de 63 até 8000 Hz (ABNT, 1987), nesse caso as frequências analisadas serão 63 Hz e suas oitavas correspondentes. Uma oitava equivale ao dobro da frequência fundamental, nesse caso, a próxima oitava é a frequência de 125 Hz, prosseguindo para 250, 500, 1000, 2000, 4000 até 8000 Hz, ou seja, as análises ocorrem em oito faixas centrais de frequência (ABNT, 2000; COSTA, 2015).

Com o intuito de se aproximar da sensibilidade experimentada pelo ouvido humano, foram criados nos decibelímetros circuitos para a correção dos níveis de energia aferidos, sendo classificados como: filtros A, B, C e D, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 - Gráfico “Ganho (dB) versus Frequência (Hz)” das curvas de ponderação A, B, C e D.



Fonte: LINDOS ELETRONICS (2019), adaptado pelo autor.

A curva A se aproxima da curva de audibilidade para baixos níveis de pressão sonora, em torno de 50 dB, sendo a mais utilizada por fornecer boa relação em testes subjetivos. As normas NBR 10.151 e NBR 10.152 determinam que os aparelhos sejam ajustados para medições na curva A. As curvas B e C são análogas à curva A, porém utilizam níveis de pressão sonora de cerca de 75 dB e 100 dB respectivamente, sendo mais utilizada a curva C para aferição de ruídos de impacto*. A curva D utiliza níveis elevados de NPS, da ordem de 120 dB, que possuem aplicações geralmente em aeroportos. Desse modo, quando uma medição for realizada, deve-se sempre referenciar qual foi o filtro aplicado pelo equipamento.

2.2.2 Intensidade sonora e nível de intensidade sonora

As ondas podem ser classificadas em dois grupos: ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas necessitam de um meio material para se propagarem, enquanto as ondas eletromagnéticas podem se propagar sem a necessidade de um meio material sendo classificadas como luz (BERTOLDO, 2009). Ondas sonoras são ondas mecânicas que se propagam em um meio material e obedecem às Leis da Acústica, estando o som audível aos humanos compreendido no intervalo de frequência de 20 até 20000 Hz. Ondas sonoras abaixo de 20 Hz são chamadas de infrassom, enquanto as ondas com frequência superior a 20000 Hz são chamadas de ultrassom e não podem ser ouvidas pelo ser humano (DE OLIVEIRA, 2014 *apud* COSTA, 2015).

A energia de uma onda sonora é a medida da quantidade de som presente nela. Normalmente o que interessa é a quantidade de energia transmitida por unidade de tempo e não a energia total transferida, que quer dizer o número em joules por segundo (*watts*) que se propagam (LAZZARINI, 1998; COSTA, 2015; OLIVEIRA 2017).

Som é uma quantidade tridimensional, por isso é preciso levar em conta a área quando se fala em transmissão de energia, isto é, definir uma quantidade em termos de watts por unidade de área. Essa quantidade é chamada de intensidade sonora, que fornece uma medida da densidade da potência de um som propagando em uma direção particular. Pode variar em uma escala que é maior que um milhão de milhões (10^{-12}). Por este motivo e pela maneira que o volume sonoro é percebido, a intensidade é expressa em escala logarítmica (LAZZARINI, 1998; COSTA, 2003; BISTAFÀ, 2011; HALLIDAY et al., 2016).

Segundo David Halliday, Robert Resnick e Jearl Walker (2016) a escala logarítmica usada é baseada na razão entre a densidade de potência real e uma intensidade de referência (I_0) (1 *picowatt* por metro quadrado, 10^{-12} W/m²), definida pela equação 01:

$$\text{NIS} = 10 \log (I / I_0) \quad (\text{eq. 01})$$

em que:

NIS = Nível de intensidade sonora;

I = Fluxo de potência sonora real (em W/ m²);

I_0 = Fluxo de potência sonora de referência (10^{-12} W/ m²).

Segundo Lazzarini (1998) o fator de 10 aparece pois faz do resultado um número em que uma variação de número inteiro produz uma mudança que é aproximada à menor variação que o ouvido humano pode perceber. Uma mudança de fator 10 na razão da densidade de potência é chamada de *bel*. Na equação do nível de intensidade sonora, isso provocaria uma variação de 10 no resultado ($I = 10 \cdot \log_{10} 10 = 10$). Então uma mudança equivalente a uma unidade inteira (um número inteiro) é chamada de *decibel* (dB).

O nível de pressão sonora (NPS) é a medida mais usual quando se fala em amplitude da onda sonora, por duas razões: pela sensibilidade do ouvido às variações de pressão e por ser uma quantidade simples de ser obtida. A pressão sonora para fontes sonoras reais pode variar de menos de 20 μPa (20×10^{-6} Pa) até mais que 20 Pa ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). Esses dois níveis de pressão correspondem mais ou menos ao mínimo de audição (20 μPa) e ao limiar da dor (20 Pa), para o ouvido humano, a 1 KHz de frequência (LAZZARINI, 1998; COSTA; 2015; HALLIDAY et al., 2016). Ao se comparar o valor para o mínimo da audição humana com a pressão média atmosférica de 100.000 Pa, é possível observar como é alta a sensibilidade do nosso ouvido. Por causa das características da audição humana, o nível de pressão também é expresso numa escala logarítmica. Ela é baseada na razão entre a pressão sonora real e o limiar da audição a 1 KHz (20 mPa). Dessa forma, o NPS é definido na equação 02 como:

$$\text{NPS} = 20 \log (P/P_0) \quad (\text{eq. 02})$$

em que:

NPS = Nível de pressão sonora (em dB);

P = Pressão sonora real (em Pa);

P_0 = Pressão sonora de referência (20 μPa).

O multiplicador de 20 serve a dois propósitos: fazer do resultado um número em que uma variação de número inteiro seja aproximadamente o mínimo possível de mudança percebida pelo ouvido humano, e prover alguma equivalência às medições de intensidade sonora. Se há apenas uma onda de pressão sonora no ponto de medição, isto é nenhuma interferência devida a reflexões, etc., o nível de intensidade sonora (NIS) é aproximadamente equivalente ao nível de pressão sonora (NPS). E toda variação medida em NIS será equivalente a variação em NPS, em qualquer caso, uma mudança de 10 dB em NIS resultará em uma mudança de 10 dB em NPS (LAZZARINI, 1998; KINSLER et al., 2000 *apud* COSTA, 2015; HALLIDAY et al., 2016).

Há uma intensidade sonora abaixo da qual as pessoas não conseguem ouvir os sons. Esse valor corresponde a intensidade sonora de referência ou ao “limiar da audibilidade” utilizado nas fórmulas de NIS e NPS, esse valor equivale a aproximadamente $2,00 \times 10^{-5}$ Pa (ABNT, 1987; FERREIRA NETO, 2013). Zero *decibel* (0 dB) corresponde a intensidade de referência I_0 , dessa forma, todo som acima de 0 dB pode ser ouvido, já dez *decibel* (10 dB) representam um som 10 vezes mais intenso do que a “intensidade de referência”. Em outras palavras, 10 dB indica uma intensidade de $10 \cdot I_0$. Por sua vez, vinte *decibel* (20 dB) se refere a 100 vezes a intensidade de referência, logo 20 dB está associado a um som de intensidade $100 \cdot I_0$. Trinta *decibel* (30 dB) relaciona-se a um som com 1.000 vezes a intensidade de referência ($1000 \cdot I_0$). O raciocínio pode ser repetido infinitamente. Cada vez que a intensidade sonora é multiplicada por 10, o nível de intensidade sonora aumenta 10 dB (FERREIRA NETO, 2013; COSTA, 2015; OLIVEIRA, 2017).

Na representação em *decibel*, uma multiplicação na intensidade sonora equivale a uma soma. Quando a intensidade sonora é multiplicada por 2, ou seja, “dobrada”, aproximadamente 3 decibéis são acrescidos ao nível de intensidade sonora. Por exemplo, se a intensidade sonora de um ruído de um parque passa de $1.000.000.000 I_0$ para $2.000.000.000 I_0$, o nível de intensidade sonora passará de 90 dB para 93 dB. A Tabela 1 apresenta exemplos de aumento aritmético do NIS e geométrico da Intensidade sonora de referência (I_0):

Tabela 1 - Relação entre Nível de intensidade sonora e Intensidade sonora de referência.

Nível de intensidade sonora (dB)	Intensidade sonora (I_0)
0 dB	1 I_0
3 dB	2 I_0
6 dB	4 I_0
9 dB	8 I_0
12 dB	16 I_0
15 dB	32 I_0
18 dB	64 I_0
21 dB	128 I_0

Continua na próxima página...

Tabela 1 - Relação entre Nível de intensidade sonora e Intensidade sonora de referência (Continuação).

Nível de intensidade sonora (dB)	Intensidade sonora (I_0)
24 dB	256 I_0
27 dB	512 I_0
30 dB	1024 I_0

Fonte: FERREIRA NETO (2013), adaptado pelo autor.

Ou seja, à medida que a intensidade sonora de referência (I_0) dobra de tamanho, acrescenta-se 3 dB ao nível de intensidade sonora, e assim, sucessivamente (DE MARCO, 1982; FERREIRA NETO, 2013). Logo, sempre que uma intensidade sonora é somada com ela mesma, basta somar 3 dB ao resultado final, conforme exemplos na Tabela 2.

Tabela 2 - Somatório de Níveis de intensidade sonora e Intensidades sonoras.

Soma de Níveis de intensidade sonora (dB)	Soma de Intensidades sonoras (I_0)
1 dB + 1 dB = 4 dB	$1,25 I_0 + 1,25 I_0 = 2,5 I_0$
4 dB + 4 dB = 7 dB	$2,5 I_0 + 2,5 I_0 = 5 I_0$
7 dB + 7 dB = 10 dB	$5 I_0 + 5 I_0 = 10 I_0$
3 dB + 3 dB = 6 dB	$2 I_0 + 2 I_0 = 4 I_0$
6 dB + 6 dB = 9 dB	$4 I_0 + 4 I_0 = 8 I_0$
9 dB + 9 dB = 12 dB	$8 I_0 + 8 I_0 = 16 I_0$
60 dB + 60 dB = 63 dB	$1.000.000 I_0 + 1.000.000 I_0 = 2.000.000 I_0$
90 dB + 90 dB = 93 dB	$1.000.000 I_0 + 1.000.000 I_0 = 2.000.000 I_0$
93 dB + 93 dB = 96 dB	$2.000.000 I_0 + 2.000.000 I_0 = 4.000.000 I_0$

Fonte: FERREIRA NETO (2013), adaptado pelo autor.

2.2.3 Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{eq})

Os níveis de ruído variam com o tempo, tornando difícil sua avaliação. Para tornar as avaliações mais precisas, instituiu-se na Acústica o nível de pressão sonora equivalente, o

qual representa uma média de todos os níveis de pressão sonora medidos ao longo do tempo. Assim pode-se expressar a avaliação sonora através de um número único (LACERDA et al., 2005). O método para efetuar esse cálculo é chamado de nível de ruído contínuo equivalente (MÖSER, 2009 *apud* COSTA, 2015; ABNT; 2000), ou simplesmente nível de pressão sonora equivalente, abreviado por L_{eq} e que pode ser obtido através da equação 03:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \right] dT \quad (\text{eq. 03})$$

em que o nível de pressão sonora equivalente é expresso por L_{eq} (dB), P_0 representa a pressão sonora de referência e vale $2,00 \times 10^{-5} Pa$. P é o nível de pressão eficaz no tempo e T representa o tempo de apuração da medição. Atualmente, há equipamentos capazes de fornecer um nível de energia integrada total, ou fornecer diretamente um valor de L_{eq} , esses instrumentos são chamados de medidores de dose de ruído, no entanto, a maioria dos equipamentos não fornece essa leitura, fornecendo apenas a leitura do NPS em decibéis por frações de tempo específicas. A norma NBR 10.151 da ABNT utiliza a abreviatura L_{Aeq} para se referir ao nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”.

Devido à diversidade nos tipos de equipamentos a ABNT normatizou um procedimento simplificado para o cálculo do L_{Aeq} , descrito a seguir:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad (\text{eq. 04})$$

em que L_{Aeq} [dB (A)] designa o nível de pressão sonora equivalente ponderado em A, L_i é o nível de pressão sonora, em dB (A), lido em resposta rápida a cada 5 s, durante o tempo de medição do ruído, enquanto n representa o número total de medições registradas.

Segundo a normativa, ruído com caráter impulsivo é aquele que contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que 1 s (um segundo) e que se repetem a intervalos maiores do que 1 s (por exemplo martelagens, bate-estacas, tiros e explosões). Já ruído com componentes tonais representa aquele que contém tons puros, como o som de apitos ou zumbidos. Em vista disso, para o cálculo do L_{Aeq} nessas situações em que são observadas essas características, a ABNT estabelece que deve ser aplicado um nível de ruído corrigido L_c conforme metodologia específica descrita a seguir:

5.4 Correções para ruídos com características especiais:

5.4.1 O nível corrigido L_c para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} .

5.4.2 O nível corrigido L_c para ruído com características impulsivas ou de impacto é determinado pelo valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (*fast*), acrescido de 5 dB (A).

5.4.3 O nível corrigido L_c para ruído com componentes tonais é determinado pelo L_{Aeq} acrescido de 5 dB (A).

5.4.4 O nível corrigido L_c para ruído que apresente simultaneamente características impulsivas e componentes tonais deve ser determinado aplicando-se os procedimentos de 5.4.2 e 5.4.3, tomando-se como resultado o maior valor. (ABNT, 2000).

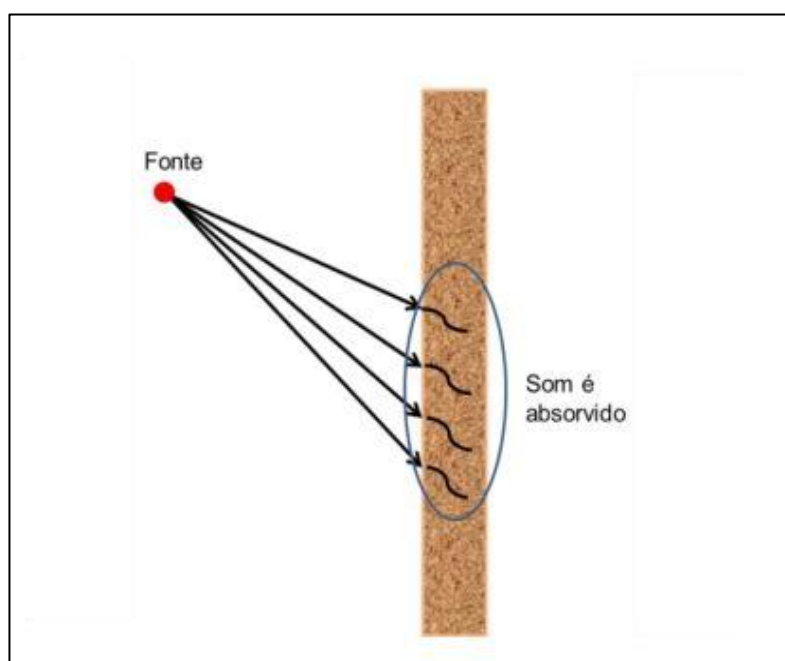
Para ruídos de impacto deve ser utilizado o maior valor de NPS registrado no equipamento e acrescido o valor de 5 dB (A). Quando se trata de ruído com componentes tonais, deve ser calculado o L_{Aeq} e a esse valor deve ser acrescido 5 dB (A). Quando há simultaneamente ruídos impulsivos e com componentes tonais, deve se aplicar os dois critérios e utilizar o maior valor (ABNT, 2000). Desse modo, quando necessário realizar os cálculos de nível de ruído corrigido, o L_{Aeq} assume o valor de L_c .

2.2.4 Propagação do som com barreira

2.2.4.1 Absorção do Som

Quando uma onda sonora incide sobre uma superfície, sua energia é absorvida pela estrutura do material que compõe essa superfície (Figura 3). Dependendo da constituição do material e, principalmente, quando há porosidade e elasticidade, o mesmo apresenta alto coeficiente de absorção sonora, como é o caso, por exemplo, de: tecido, carpete, feltros, lã de vidro ou de rocha, placas de cortiça, placas de coco, mantas e espuma acústica. Tais materiais absorvem, principalmente, as médias e as altas frequências, e suas propriedades de absorção da energia mecânica evitam que o som seja refletido (FERREIRA NETO, 2013; NAVARRO, 2014).

Figura 3 - Absorção do som.



Fonte: NAVARRO (2014).

Estes materiais com alto coeficiente de absorção sonora normalmente são encontrados em ambientes fechados, dentro das edificações. Já os que apresentam baixo coeficiente, tais como: alvenaria, concreto, mármore, granitos, vidro e superfícies metálicas, por sua constituição, são encontrados nas áreas externas, devido à necessidade de resistência às intempéries climáticas. Para grandes áreas, formações vegetais, como matas ou áreas verdes com arbustos de médio porte, constituem elementos de atenuação e absorção sonora e podem ser utilizados com essa finalidade (LAZZARINI, 1998; FERREIRA NETO, 2013; NAVARRO, 2014; HALLIDAY et al., 2016).

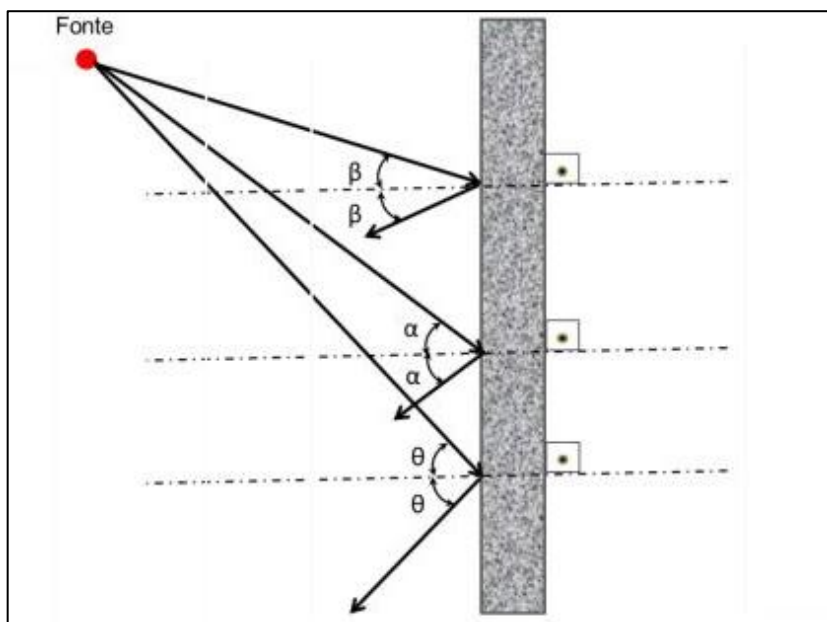
2.2.4.2 Reflexão do Som

Quando as ondas sonoras incidem sobre um obstáculo cuja superfície apresenta-se rígida e lisa, tal anteparo age da mesma forma que um espelho para a luz, ou seja, as ondas sonoras retornam com mudança de direção, de tal forma que o ângulo de incidência na superfície é igual ao ângulo de reflexão (Figura 4) (NAVARRO, 2014; HALLIDAY et al., 2016). Este comportamento das ondas sonoras obedece os mesmos para as leis físicas de reflexão da luz:

1ª Lei da Reflexão: O raio incidente, o raio refletido e a reta perpendicular à superfície refletora no ponto de incidência estão contidos sempre no mesmo plano; (SOFISICA, s/d).

2ª Lei da Reflexão: Os ângulos formados entre o raio incidente e a reta perpendicular e entre o raio refletido e a reta perpendicular têm sempre a mesma medida. (SOFISICA, s/d).

Figura 4 - Reflexão do som em superfície lisa.



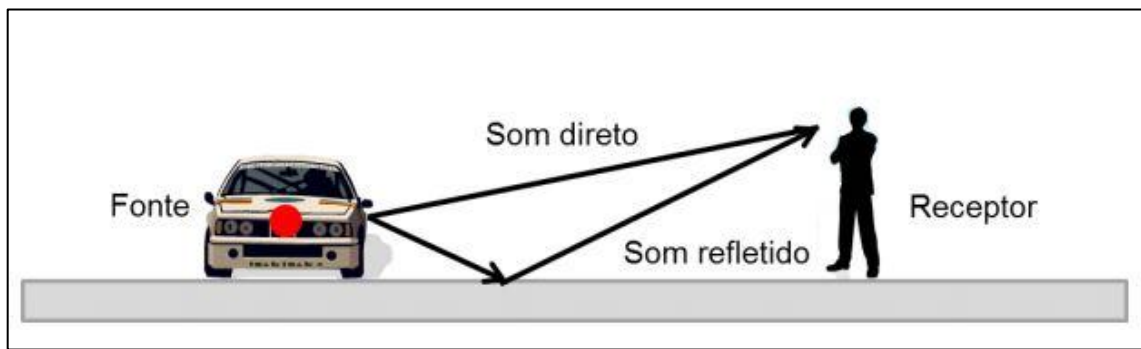
Fonte: NAVARRO (2014).

As ondas refletidas têm o mesmo comprimento de onda (representado pela letra grega “*lâmbda*” λ e unidade em metro)³, mesma velocidade de propagação e frequência (BERANEK; VÉR, 1992; NAVARRO, 2014; HALLIDAY et al., 2016). Como o material absorve pouco da energia incidente, praticamente toda a energia segue na nova direção refletida. Materiais rígidos, com superfície lisa e bem ancorados, como os constituídos de concreto, mármore, granito ou madeira fixada diretamente numa superfície rígida, funcionam como verdadeiros espelhos para o som.

Tendo como objeto deste estudo a poluição sonora em ambiente urbano, o pavimento das vias públicas caracteriza-se como uma superfície rígida e praticamente lisa, dada a granularidade da superfície *versus* as suas dimensões. Os motores dos automóveis estão entre os principais emissores de ruído, portanto, considerando o motor como uma fonte pontual de propagação esférica pouco acima do solo e a via como uma superfície plana refletora, os receptores na calçada recebem, simultaneamente, não apenas o ruído direto da fonte, mas também o ruído refletido na via (BERANEK; VÉR, 1992; NAVARRO, 2014), como mostra a figura 5.

³ Comprimento de onda é a distância entre duas frentes de onda consecutivas, ou seja, a distância percorrida pela onda no período. Fonte: (DE MARCO, 1985. p. 11).

Figura 5 - Som direto e refletido em superfície de pavimento urbano.

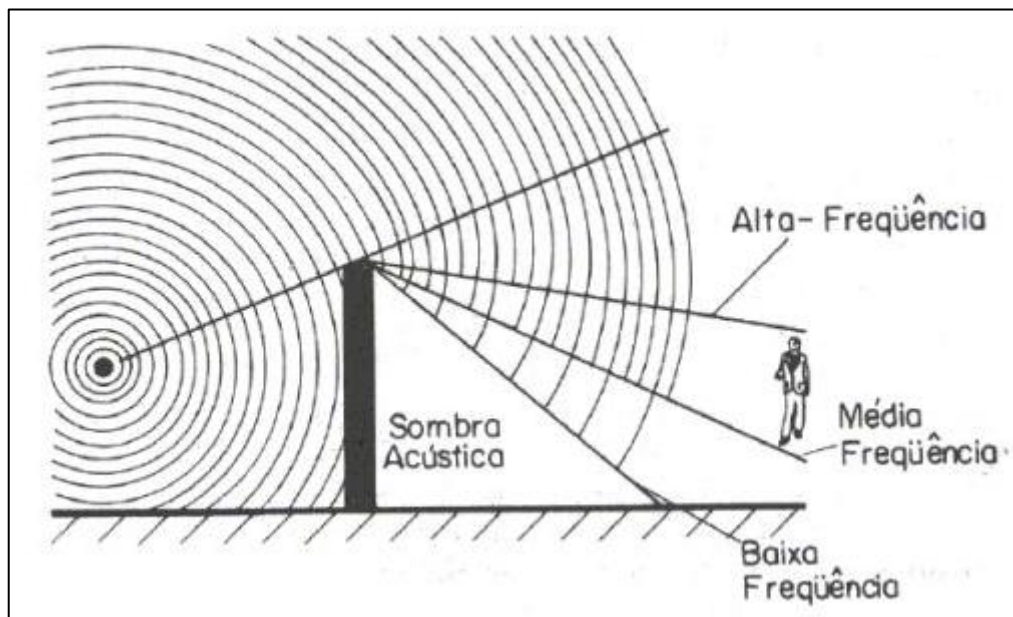


Fonte: NAVARRO (2014), adaptado pelo autor.

2.2.4.3 Transmissão do Som

A transmissão do som através de um objeto ocorre quando o material que o constitui permite a passagem da onda sonora para o seu outro lado, continuando a propagação. Na física, a explicação do fenômeno de transmissão do som se dá da seguinte maneira: considerando-se um objeto muito fino, cuja extensão seja muito maior do que a espessura, podendo ser representado apenas pela superfície que divide os dois lados, o som, ao incidir nessa superfície, faz com que o objeto vibre, transformando-se em uma nova fonte sonora na superfície oposta, ou seja, o material do objeto em questão absorve a energia mecânica, sem dissipá-la, e a transmite com pouca alteração ao lado oposto (BERANEK; VÉR, 1992; NAVARRO, 2014). Quanto maior for a massa do objeto, quanto mais denso (menor volume para a mesma massa) e quanto mais rígido, menor será a energia transmitida (Figura 6).

Figura 6 - Transmissão do som através de um objeto.



Fonte: GERGES (2000), adaptado pelo autor.

2.2.4.4 Difração do Som

A difração do som ocorre quando há um desvio ou propagação das ondas sonoras através de uma ou mais aberturas, ou barreiras, com larguras menores do que o comprimento da onda (LAZZARINI, 1998; NAVARRO, 2014).

O fenômeno da difração pode ser explicado tomando-se o seguinte exemplo: uma onda sonora de uma nota Lá1 (110 Hz, primeiro harmônico) propagando-se no ar à temperatura de 20°C e ao nível do mar, portanto com velocidade igual a 343 m/s, tem comprimento de onda de aproximadamente 3,1 metros. Já uma onda sonora da nota Lá5 (1.760 Hz, quatro oitavas acima da fundamental), propagando-se nas mesmas condições físicas, tem comprimento de onda de aproximadamente 19 cm. Assim, pode-se notar que as ondas sonoras de menor frequência são mais suscetíveis ao fenômeno da difração nos ambientes externos (LAZZARINI, 1998; NAVARRO, 2014; HALLIDAY et al., 2016).

Para calcular o comprimento de onda, dada a frequência e a velocidade de propagação, basta aplicar a fórmula:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (\text{eq. 05})$$

em que:

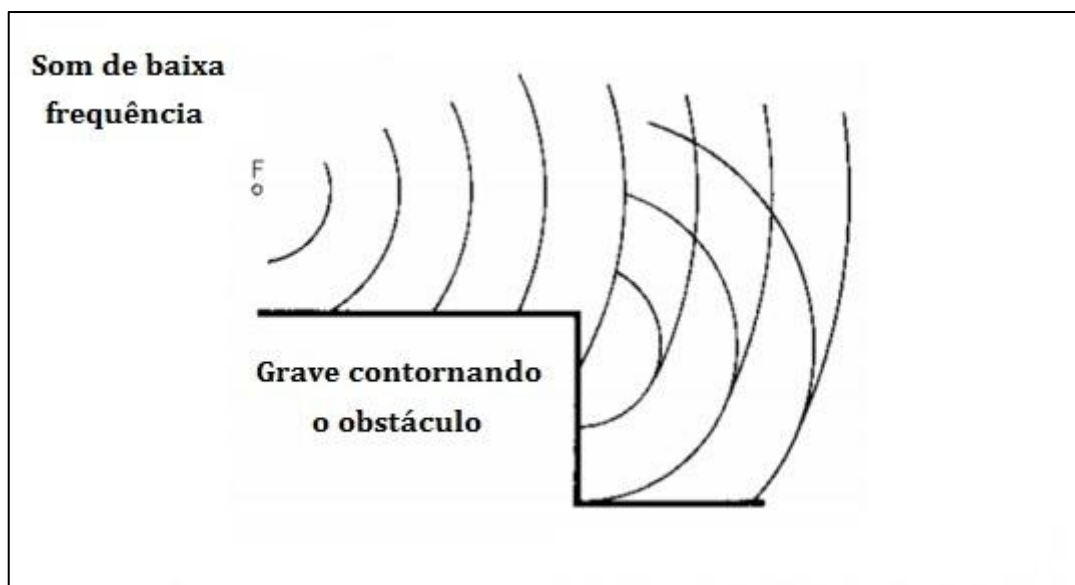
λ “lambda” é o comprimento de onda sonora (m);

v a velocidade de propagação do som no meio (em m/s);

f a frequência da onda sonora (Hz).

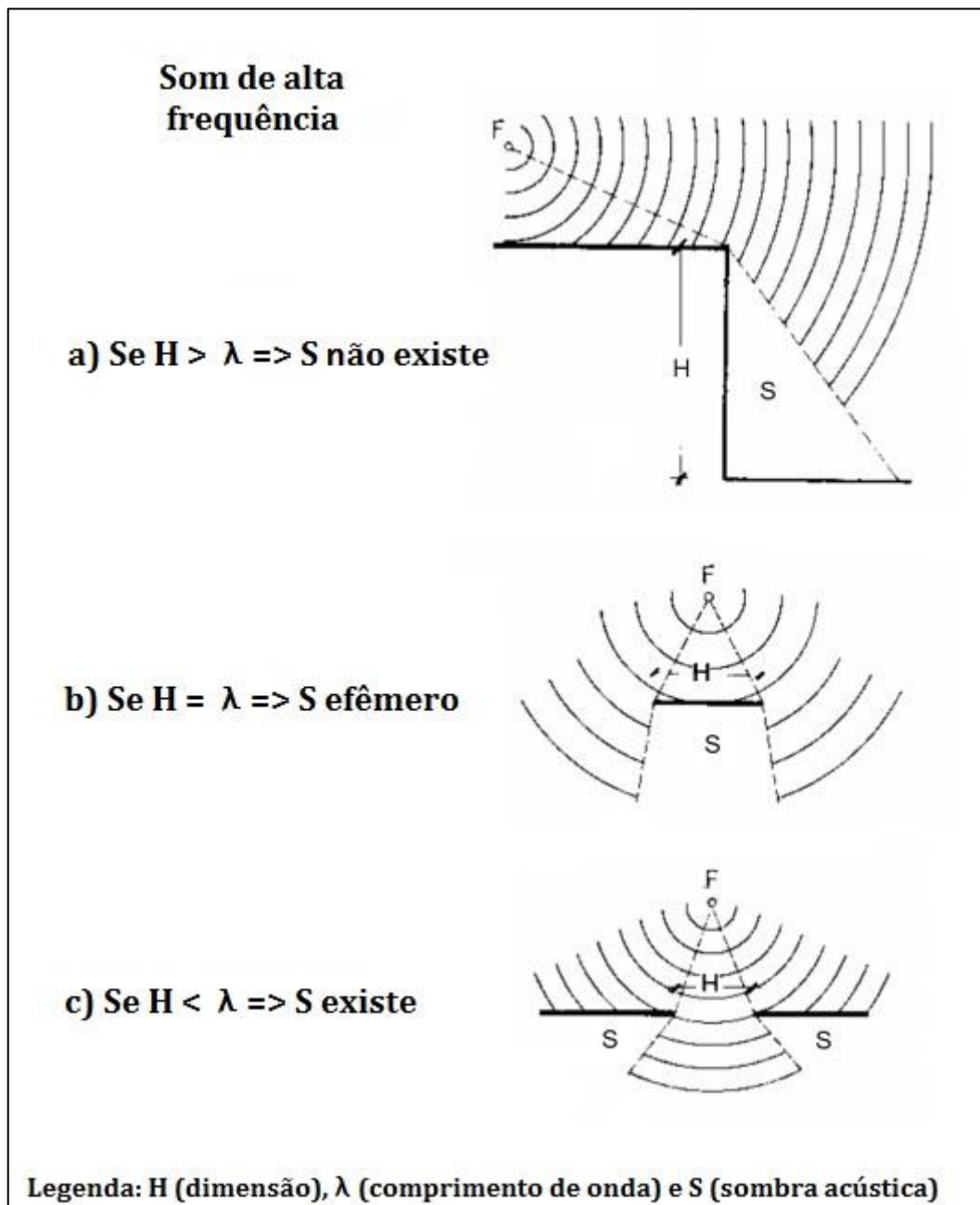
O efeito de difração ocorre devido à capacidade de as ondas sonoras, no ar (e em meios gasosos), contornarem as bordas, criando frentes de onda para essas bordas no lado oposto do objeto (Figura 7 e Figura 8).

Figura 7 - Difração do som de uma fonte sonora “F” de baixa frequência.



Fonte: FERNANDES (2005) *apud* NAVARRO (2014).

Figura 8 - Difração do som de uma fonte sonora "F" de alta frequência.



Fonte: FERNANDES (2005) *apud* NAVARRO (2014), adaptado pelo autor.

Quando a dimensão do obstáculo é maior do que o comprimento de onda, então o objeto produz uma região de sombra, sem a interferência entre as ondas que passam pelas bordas. Porém, quando a barreira tem uma dimensão menor do que o comprimento de onda, as frentes contornam as bordas, como se essas bordas formassem novos pontos emissores para a face posterior (NAVARRO, 2014; HALLIDAY et al., 2016). Desse modo, o som resultante no lado oposto é a soma da onda original que passa pela abertura, ou pelos lados do obstáculo, mais as ondas originadas pelas bordas, criando, assim, o fenômeno da difração.

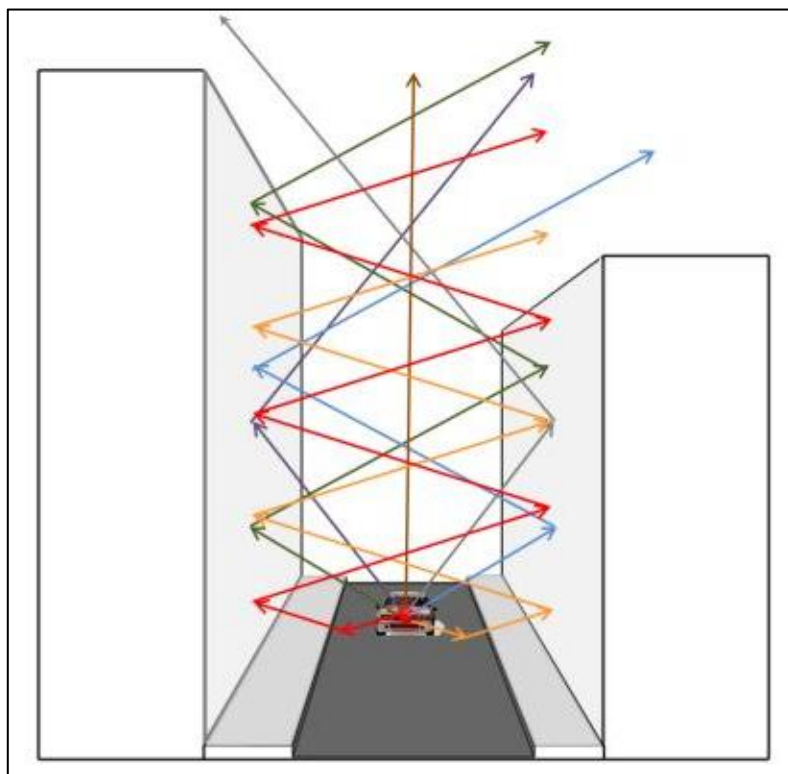
2.2.4.5 Reverberação do Som

Reverberação é a sobreposição do som direto com o som refletido. Quando uma fonte emite um som, denominado som direto, e sua onda incide sobre uma superfície lisa e rígida, a onda é refletida em outra direção, com ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência.

Quando há mais superfícies refletoras em um ambiente, o som vai sendo refletido por essas superfícies até que sua intensidade tenda a zero (NAVARRO, 2014; HALLIDAY et al., 2016). Nenhuma superfície é totalmente refletora ou dissipadora. Mesmo quando ocorre reflexão, alguma energia é perdida e o som refletido normalmente tem energia menor que o som incidente. O som também perde intensidade ao se propagar pelo ambiente, e quando um som é gerado dentro de um ambiente com vários obstáculos refletoras, o que se escuta primeiramente é o som direto, seguido, então, de uma sucessão de reflexões, uma espécie de eco, que por ser muito próximo, no tempo, ao som direto, soma-se a ele, uma sensação de audição prolongada. A esse fenômeno dá-se o nome de reverberação.

A reverberação é um fenômeno comum, tanto nos ambientes internos como no arranjo dos edifícios ao longo das vias, formando uma geometria vertical em U. Nesses ambientes, em que a via é estreita e os edifícios altos com fachadas lisas de concreto e vidro, o ambiente configura-se como o mais propício para que ocorra o fenômeno da reverberação. (Figura 9). Nesses corredores, conhecidos como “cânions”, a energia do som permanece confinada pela reflexão no espaço entre os edifícios, sendo gradualmente dissipada (BISTAFÀ, 2011, p. 222).

Figura 9 - Reverberação do som em via com configuração vertical em “U”.



Fonte: NAVARRO (2014), adaptado pelo autor.

Os desfiladeiros urbanos (termo utilizado em geomorfologia e geologia para designar um vale profundo com paredes abruptas em forma de penhascos) também conhecidos como *cânions*, amplificam o ruído de tráfego devido às múltiplas reflexões que margeiam as vias de tráfego. No entanto, alguns aspectos como espaços urbanos mais amplos, com edifícios apresentando contornos irregulares ou curvos, áreas que permitam o escape horizontal, presença de vegetação nas fachadas ou árvores e gramados nos passeios, criam condições que amenizam o efeito da reverberação, pois as condições de reflexão são minimizadas e a dissipação da energia do som, favorecida (NAVARRO, 2014; BISTAFÁ, 2011; TSAI, 2009).

2.2.5 Propagação do som ao ar livre

Para análise da paisagem acústica em comunidade é notoriamente importante desenvolver relações entre a potência sonora das fontes, os níveis de pressão sonora do receptor e a influência das trajetórias de propagação da onda. Esta última, a propagação, é dada através de três componentes: a fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor (Figura 10).

Figura 10 - Mecanismo de propagação da onda sonora ao ar livre.



Fonte: BRASILEIRO (2017) *apud* CORTÊS (2013), adaptado pelo autor.

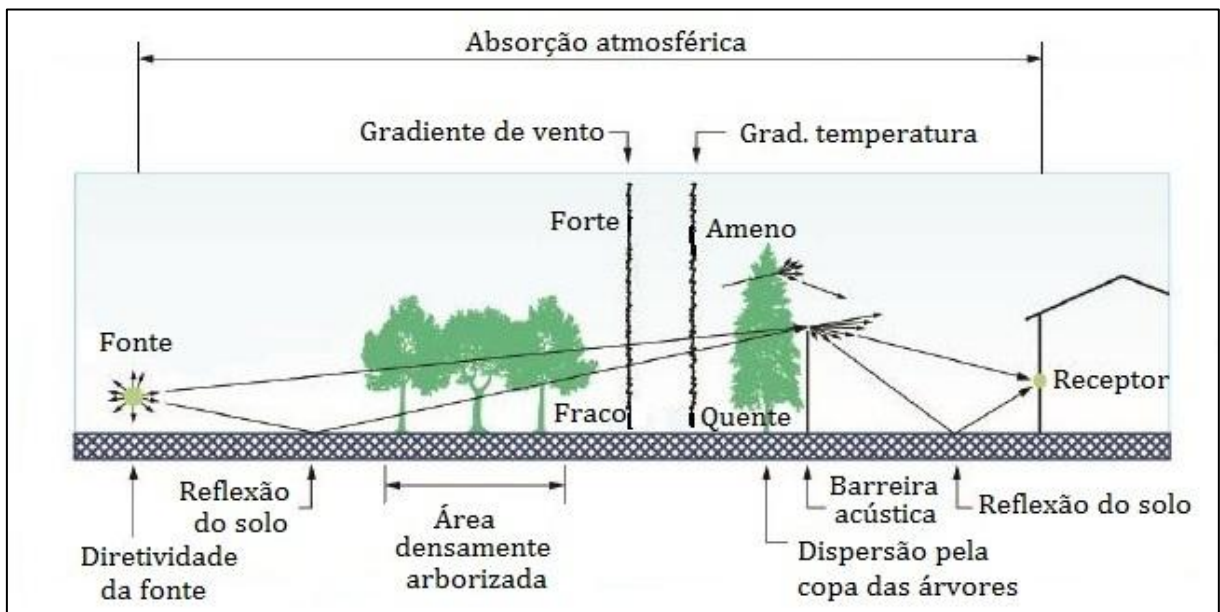
Primeiramente, a fonte sonora emite certa potência local, a qual gera um nível de pressão sonora (NPS) que pode ser aferido nas imediações da fonte. A partir daí, o NPS é atenuado à medida que se aumenta a distância entre a fonte e o receptor (GERGES, 2000; BISTAFA, 2011 *apud* PINTO, 2013).

A massa atmosférica tem maior densidade quanto mais próxima da superfície da Terra, devido à ação da gravidade, e quanto mais distante da superfície da Terra, o ar é mais rarefeito. De acordo com Silva (1971), Josse (1975), Beranek e Vér (1992) e Bistafa (2011), normalmente, a temperatura atmosférica tende a diminuir com a altitude e, então, os raios sonoros se curvam para cima, criando zonas de sombra acústica em torno da fonte sonora.

Esses efeitos (da temperatura, altitude, umidade atmosférica e vento) alteram o caminho normal retilíneo da onda criando curvaturas na propagação do som. Por conseguinte, zonas de sombra acústica são formadas (BERANEK; VÉR, 1992), ou seja, regiões onde os níveis de pressão sonora se tornam nulos ou bastante reduzidos.

O vento influencia significativamente, e através do atrito com a superfície do solo reduz a velocidade da onda, próximo ao nível da terra, ocasionando distorção da frente de onda. Por outro lado, as ondas acústicas que se encontram a favor do vento são refratadas em direção ao solo sem alterar o seu nível sonoro. “Todavia, quando a propagação se dá em sentido contrário ao movimento do ar, as ondas se refratam para cima, gerando sombras acústicas e reduzindo o nível sonoro.” (GUEDES, 2005). A Figura 11 apresenta um esquema com os principais mecanismos de atenuação envolvidos na propagação sonora ao ar livre.

Figura 11 – Mecanismos mais importantes envolvidos na propagação sonora ao ar livre.



Fonte: BERANEK e VÉR (1992), adaptado pelo autor.

A equação básica que representa o fenômeno da propagação sonora ao ar livre contém os efeitos desses atenuantes, como a divergência da onda, diretividade da fonte e superfícies próximo à fonte. Para se obter o nível de pressão sonora, segundo Grant Anderson e Ulrich Kurze (1992)⁴ *apud* Pinto et al., (2013, p. 20), emprega-se a equação 06, com adaptações:

$$Lp(r) = Lw - 20 \cdot \left(\frac{\log r}{1m}\right) + Diretiv(f) - 10 \cdot \left(\frac{\log \Omega}{4\pi}\right) - 11 - Acomb \quad (\text{eq. 06})$$

sendo:

$Lp(r)$, nível de pressão sonora da fonte-receptor na distância r , em decibéis;

Lw , nível de potência sonora, em decibéis;

r , distância fonte-receptor, em metros;

$Diretiv(f)$, é a diretividade da fonte, em decibéis;

Ω , ângulo sólido disponibilizado pela fonte para livre propagação, em graus;

$Acomb$, combinação de todos os mecanismos significativos de atenuação sonora.

No meio urbano, dois fatores são condicionantes para a propagação sonora: a fonte e o meio. Segundo Lygia Niemeyer (2007), uma via de circulação urbana cercada por edifí-

⁴ ANDERSON, G; KURZE, U. “**Outdoor sound propagation**”. In: Beranek L.L., Vér, Noise and Vibration control engineering: principles and applications. New York: J. Wiley, 1992.

cios apresenta um ambiência acústica significativamente diferente da mesma via implantada em um tecido urbano pouco denso. Logo, no que se concerne à implantação, aumento do volume e natureza do fluxo de veículos em uma via, não se deve ignorar as características do tecido urbano que a envolve, visto que, até os *níveis de pressão sonora* resultantes de uma mesma fonte podem ser bastante discrepantes ao se levar em consideração as características geométricas do meio em que estão inseridos (NIEMEYER, 2007; COSTA, 2015; OLIVEIRA, 2017).

No trabalho de Anderson e Kurze (1992) é apresentada uma tabela que resume os principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre, no entanto, para melhor entendimento e visualização dos resultados, Bistafa (2011) organizou estes resultados e elaborou uma nova versão representada na Tabela 3, com adaptações deste autor. Nesta nova tabela (mais simplificada) algumas informações foram suprimidas, como as atenuações causadas por neblina, precipitação e turbulência atmosférica, por serem pouco significativas, ou omitidas, como os efeitos da divergência da onda, diretividade da fonte e de grandes superfícies refletoras próximas à mesma, por apresentarem valores muito efêmeros.

Tabela 3 - Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.

Mecanismo	Descrição sucinta	Atenuação aproximada de 5 dB	
		Condições	À distância de
Absorção do ar	Absorção sonora do ar atmosférico.	A 10 e 70 % de umidade relativa.	800 m
			1500 m em 500 Hz 250 m em 4 KHz
Solo macio	Interferência (quase sempre destrutiva) entre o som direto e o refletido sobre o solo acusticamente “macio”.	Para altura da relação fonte-receptor da ordem de 1,2 m.	85 m
			10 m - 250 e 500 Hz 50 m - 125 e 1000 Hz
Barreira	Atenuação provocada por uma barreira acústica entre a fonte e o receptor, combinada com uma atenuação adicional de solo acusticamente “macio”.	Quando o receptor encontra-se na sombra acústica, em temperaturas normais e sem vento.	Todas
Edificações	Atenuação provocada por edificações entre a fonte e o receptor.	Quando uma fileira de edificações com aproximadamente 25 % de abertura.	Todas

Continua na próxima página...

Tabela 3 - Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre (Continuação).

Mecanismo	Descrição sucinta	Atenuação aproximada de 5 dB	
		Condições	À distância de
Vegetação densa	Atenuação provocada por vegetação densa entre a fonte e o receptor.	Áreas com muitas árvores e vegetação densa no solo.	30 m
			100 m - 500 Hz 50 m - 4000 Hz
Reverberação urbana	Amplificação sonora devida a múltiplas reflexões em edifícios urbanos.	Áreas com edificações de no mínimo 10 m de altura em ambos os lados da rua.	Todas
Vento e Temperatura	Alteração de atenuação do solo e/ou barreira, ou criação de sombras acústicas causadas por gradientes verticais e temperatura e de ventos.	Em dias ensolarados para alturas da fonte e do receptor na ordem de 1,2 m.	150 m
			150 - 500 Hz 50 m - 4000 Hz

Fonte: ANDERSON e KURZE (1992) *apud* BISTAFÁ (2011), adaptado pelo autor.

Basicamente o som se propaga de duas maneiras: de forma livre, quando o som se propaga pelo ar sem a presença de obstáculos, ou com obstáculos, na qual encontra sólidos ou líquidos obstruindo o caminho pela frente. Quando isso ocorre, a onda se divide; sendo uma parte absorvida pelo meio na forma de calor, outra, refletida pelo material, e uma última, transmitida através dele (KINSLER et al., 2000 *apud* COSTA, 2015).

A onda sonora pode ser representada por uma expressão que varia no tempo, de acordo com a equação 07:

$$\nabla^2 P = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad (\text{eq. 07})$$

em que:

$\nabla^2 P$ expressa o laplaciano do campo vetorial da função p , que é a pressão eficaz; e

v , expressa a velocidade do som definida como $v = \sqrt{\beta/\rho}$, em que β , corresponde ao módulo de elasticidade volumétrica do meio e, ρ , à massa específica;

A sétima equação é válida para propagação do som em meios onde a velocidade pode ser expressa em função do espaço, por exemplo, para a atmosfera e oceanos (KINSLER et al., 2000 *apud* COSTA, 2015) e está representada em sua forma linearizada, sendo a base para análise de propagação da onda sonora em fluidos.

Durante sua propagação, a onda sonora sofre um decréscimo em sua intensidade I , supondo uma fonte pontual com potência W em um campo livre, pode-se escrever que a in-

intensidade sonora num ponto do espaço, à distância r da fonte, é igual à potência sonora da fonte W por unidade de área da superfície esférica de raio r , dada pela equação 08:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (\text{eq. 08})$$

Quando uma onda sonora se propaga em um gás a forma de onda não é alterada. Esse tipo de propagação é chamado de não dispersiva, em contrapartida, não ocorre em obstáculos como vigas e placas. Quando o som encontra um obstáculo sólido, como, por exemplo, uma parede, parte de sua energia cinética é convertida em energia térmica, sendo por fim essa energia absorvida pelo material. Essa absorção está relacionada com a velocidade da onda, ou seja, com sua frequência e com características próprias do material (MÖSER, 2009 *apud* COSTA, 2015).

Para análise do conforto acústico de um ambiente, deve-se levar em consideração o coeficiente de absorção sonora, que relaciona a intensidade sonora absorvida e incidente (HUBER; RUNSTEIN, 2011⁵ *apud* COSTA, 2015). Trata-se de um coeficiente adimensional obtido experimentalmente conforme expressa a equação 09:

$$\alpha = \frac{I_a}{I_r} \quad (\text{eq. 09})$$

em que:

I_a é a intensidade absorvida pelo meio; e

I_r a intensidade do som refletida pela superfície.

Desta nona equação, deduz-se que quanto maior o coeficiente de absorção sonora α , maior será a atenuação na intensidade da onda sonora pelo material (HUBER; RUNSTEIN, 2011 *apud* COSTA, 2015, p. 26).

2.2.6 Tipos de ruído e classificação das fontes sonoras no espaço urbano

Para aferir o ruído ambiental é necessário não apenas o equipamento de medição, mas também, especificar os parâmetros e critérios a serem utilizados para medir e o tempo de duração de cada medição. Para isso, é necessário conhecer o tipo de ruído a ser analisado,

⁵ HUBER, D. M.; RUINTEIN, R. E. *Técnicas Modernas de Gravação de Áudio*. Taylor & Francis, 672 p. 2011.

sendo que, para cada tipo existente, há um tipo de legislação específica que o regulamenta. Segundo Brüel e Kjaer (2000)⁶ *apud* Brasileiro (2017), o ruído classifica-se em:

- **Ruído contínuo:** o qual ocorre sem interrupção, comumente produzido por máquinas, como ventiladores, bombas e equipamentos em geral.
- **Ruído intermitente:** caracterizado como um ruído que aumenta ou diminui rapidamente como, por exemplo, quando uma máquina está funcionando (em ciclos) ou durante o voo de avião.
- **Ruído impulsivo:** quando o mesmo contém impulsos (que são picos de energia acústica com duração inferior a cinco segundos) se repetindo a intervalos maiores do que um segundo, como por exemplo, martelagens, bate-estacas, tiros e explosões (ABNT, 2000).

Fontes sonoras correspondem aos elementos responsáveis pela emissão do som (NIEMEYER, 2007; SINGH et al., 2016). Compreender o conceito e as classificações dessas fontes é imprescindível para se caracterizar o ruído urbano (objeto de estudo da geração do mapa de ruído) (KUMAR; SRINIVAS, 2015).

Quanto à “mobilidade”, as fontes sonoras classificam-se em:

- **Fontes fixas:** representam as fontes de ruído produzidas por equipamentos ou instalações localizados em um determinado local permanente, como por exemplo, indústrias, turbinas eólicas, obras de construção civil, etc.
- **Fontes móveis:** representam as fontes de ruído produzidas por veículos em movimento, a exemplo dos automóveis e caminhões.

Quanto às características geométricas e à distância fonte-receptor, as fontes sonoras classificam-se em:

- **Fontes pontuais:** são as que possuem dimensões insignificantes de distância em relação ao receptor. Em que a energia sonora emitida se dissipa esfericamente, tornando o nível de pressão sonora encontrado idêntico em pontos posicionados na mesma distância da fonte. Exemplo de fontes pontuais: aeronaves, uma fábrica, um automóvel isolado, um alto-falante no alto de um mastro. Em termos de ruído de tráfego rodoviário, admite-se que um veículo que se comporta como uma fonte pontual emite ondas sonoras em todas as direções com a mesma amplitude para fins de engenharia e relativamente longe do carro (campo distante).

⁶ BRÜEL e KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel e Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 65 p., 2000.

• **Fontes lineares:** possuem uma das dimensões bem maior do que sua distância ao receptor. Para essas fontes, a energia emitida se dissipa de forma a criar um eixo de ondas sonoras que se espalha apenas horizontalmente, resultando em um setor de cilindro, cuja altura é a mesma da fonte. Em consequência, tem-se que o nível de pressão sonora é o mesmo em todos os pontos de mesma distância em relação à linha de eixo da fonte (VALLE, 2009). Exemplo de fontes lineares: uma estrada com trânsito intenso, uma linha férrea, ou mesmo, um fluido em regime turbulento passando no interior de um tubo.

• **Fontes planas ou superficiais:** possuem dimensões significativas quando comparadas a propagação sonora e o receptor. Um exemplo é um pistão que trabalha no interior de um tubo originando a propagação de ondas planas. Desde que não haja dissipação de energia sonora através das paredes do tubo, o fluxo de energia sonora é constante, desse modo, a pressão sonora apresenta o mesmo valor em qualquer ponto. Segundo Gerges (2000), um exemplo mais fácil e aplicado cotidiano urbano, pode-se citar a transmissão de ruído que acontece através de portas, janelas ou paredes de uma casa de máquinas.

Por fim, quanto à diretividade do som, as fontes sonoras classificam-se em:

• **Fontes omnidirecionais:** são as fontes que a pressão acústica tem a mesma amplitude em todos os pontos de qualquer plano constituído por perpendiculares à direção de propagação. Em consequência disso, a distribuição sonora acontece uniformemente em todas as direções.

• **Fontes direcionais:** são as que apresentam maior irradiação de energia em determinada direção provocando uma distribuição heterogênea da intensidade sonora (NIEMEYER, 2007; BISTAFA, 2011).

O ruído ambiental ou ruído urbano decorre da combinação de diversas fontes sonoras. Os ruídos basicamente são provenientes de quatro categorias de fontes sonoras existentes no espaço urbano: transporte, indústria, construção civil e doméstico. Além dessas fontes, alguns autores acrescentam o ruído proveniente de serviços e comércio, atividades militares e lazer (BRÜEL; KJAER, 2000 *apud* BRASILEIRO, 2017).

Portanto, o ruído urbano, genericamente, é provocado por fontes móveis e fixas, cuja propagação percorre o espaço urbano e é percebido sob a forma de ruído de fundo e sob a forma de campo direto. As fontes urbanas consideradas significativas são provenientes das indústrias (incluindo a construção civil) do comércio, dos veículos (terrestres e aéreos), do lazer e das habitações, sendo as mais habituais: tráfego, motores, escapamentos, sirenes, pa-

vimentação das ruas, marteleiros, buzinas, diversão pública em áreas residenciais (bares, boates, discotecas, restaurantes com música ao vivo e instalações sem tratamento acústico), comércio local, carros de som amplificado, equipamentos sonoros, brinquedos, academias de ginástica, templos religiosos, etc. (JERÔNIMO, SILVA e DA SILVA, 2015).

As máquinas fixas da construção civil (pontuais) e móveis representam o campo sonoro de uma fonte de dimensão finita situada a grande distância e observada em alguns pontos na área de estudo. Uma fonte qualquer pode ser representada por uma superposição de diversas fontes fixas e móveis, logo, para se tornar a modelagem mais precisa e completa é importante se determinar as potências acústicas das regiões estudadas.

2.2.7 Ruído de tráfego

Dentre as fontes que compõem o ruído urbano e que mais incomodam a população, está o ruído de tráfego. Gerado essencialmente pelos veículos automotivos, sejam eles, leves ou pesados, o ruído de tráfego constitui o mais comum dentre as fontes provedoras de poluição sonora urbana.

No tocante a sua denominação na ciência acústica, este ruído é considerado como “ruído de fundo”, pois é sobre ele que se produzem os outros demais ruídos dos centros urbanos (SANCHO; SENCHERMES, 1983; OUIS, 2001).

A maior fonte de ruído urbano está a cargo dos veículos leves; embora individualmente menos ruidosos que os veículos de grande porte, representam, em conjunto, a maior quantidade de energia acústica emitida. Esse fato se deve a maior fonte de ruído provir, predominantemente, dos componentes do automóvel: motor, escape, pneus e admissão do ar, no entanto, é necessariamente do atrito provocado pelo contato entre pneu e asfalto que observamos a maior emissão de ruído veicular (HANSON et al., 2004; NIEMEYER, 2007).

Genericamente, o ruído de tráfego é composto pela sobreposição do ruído de muitos veículos além das distintas condições de conservação ou tecnologia dos mesmos. Dois fatores principais são levados em consideração para sua classificação: tamanho do veículo e tipo de motor, contudo, este último fator que é o mais preponderante na classificação e caracterização deste ruído. É através das explosões que o motor realiza que a energia acústica se propaga pelo automóvel e através de mecanismos internos por meio da estrutura do veículo (SANCHO; SENCHERMES, 1983).

Segundo Antonio Méndez et al. (1994), é necessário que o gestor e o planejador urbano levem sempre em consideração as regiões de ruído adjacentes às vias, pois devido a configuração estrutural destas, bem como à disposição e orientação das edificações, o ruído pode se intensificar através do fenômeno da reverberação das ondas sonoras sobre as superfícies, amplificando assim, a percepção e os efeitos, principalmente sobre a audição.

Para que os gestores urbanos possam minimizar os efeitos do ruído urbano sobre às áreas é necessário o adequado disciplinamento e controle do mesmo, conforme características do tipo e uso do solo a qual está inserido. O ruído existente em um determinado local e momento específico provêm de inúmeras fontes, logo, sua avaliação não deve ser feita com base em uma única medição *in loco*, mas de um conjunto de amostras discretas e confiáveis (MOTA, 1981⁷ *apud* BRASILEIRO, 2017).

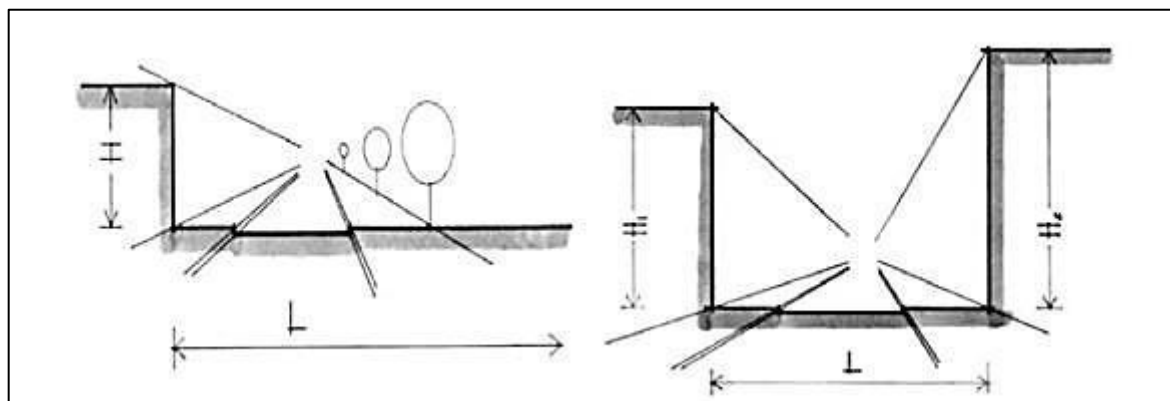
O ruído gerado pelo tráfego de veículos nas ruas e estradas é classificado, conforme sua fonte de ruído, em linear. Segundo Méndez et al. (1994, p. 60) o NPS cai três decibéis ao se dobrar a distância da fonte sonora, uma vez que o som espalha-se com uma frente de onda cilíndrica. Em vista disso, a fim de se adequar ao crescimento do volume dos veículos, há dois grandes grupos de vias:

- **Rápidas:** na qual se supõe que não existem edificações laterais margeando a via;
- **Urbanas:** representada pelas ruas das cidades, na qual se encontram uma grande quantidade de edificações de alto gabarito potencializando o ruído devido à incidência de reflexões sucessivas de ondas sonoras nas fachadas das casas e prédios.

Logo, observa-se que a variação dos NPS não se relaciona apenas com o fluxo de tráfego, mas também, com a morfologia urbana e o tipo de ocupação do solo. Em vista disso, vias locais e coletoras podem apresentar níveis de pressão sonora iguais ou até semelhantes aos registrados nas vias arteriais ou de trânsito rápido. Vias com grandes dimensões de caixa (altura \times largura) com perfil tipo “L” ou “U” confirmam a influência das características morfológicas na magnitude de emissão de ruído ao ambiente (Figura 12).

⁷ MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Universidade Federal do Ceará: Proedi, 1981.

Figura 12 - Caracterização morfológica das vias com dimensões de perfil tipo “L” e “U”.



Fonte: NIEMEYER (2007), adaptado pelo autor.

A preocupação maior no setor de transporte se refere aos impactos locais do automóvel, em termos de poluição atmosférica e sonora, e aos desperdícios de tempo resultante dos congestionamentos, além dos enormes custos envolvidos em se lidar com a problemática da poluição sonora de uma maneira convencional, ou seja, construindo mais vias (GUERRA; CUNHA, 2006). Dentro deste contexto, deve-se atentar para o conceito de Mobilidade Urbana Sustentável, já que é coordenada ao transporte seguro, eficaz, com vista ao desenvolvimento econômico e social sustentável, com impactos ambientais mínimos (COSTA, 2003). Envolve um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano através da priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e sustentável (ABNT, 2000 *apud* COSTA, 2003, p. 41).

Relatórios de impacto ambiental geralmente incluem estimativas do ruído de tráfego em virtude da elaboração de projeto para novas vias ou ampliação das existentes, a fim de que se possa avaliar o impacto causado pelo ruído nas comunidades localizadas no entorno da via, no entanto não há parâmetros normativos aplicados ao ruído. Com o desenvolvimento da sociedade, ocorre um aumento do grau de urbanização e industrialização e, conseqüentemente, da extensão da malha de transporte. Sendo assim, cada um desses fatores contribui para o aumento da poluição sonora.

Em áreas urbanas, a potência do som resultante do tráfego depende de vários fatores, tais como: tipo, qualidade e velocidade dos veículos; tipo e qualidade da pavimentação; fluxo do tráfego, aceleração ou desaceleração; características e estado de conservação dos pneus, entre outras variáveis (MOTA, 1981 *apud* BRASILEIRO, 2017). Além disso, cada

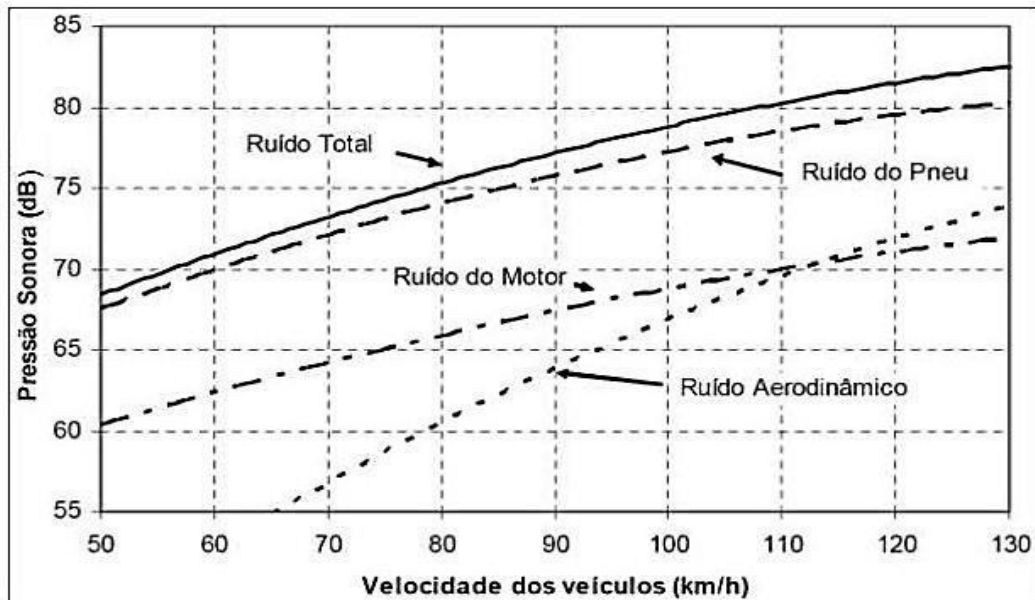
meio de transporte possui suas próprias características, pois cada veículo em uma rodovia gera seu próprio ruído ou até mesmo aqueles que são iguais. Logo, qualquer pessoa é capaz de diferenciar um caminhão de um ônibus, ou mesmo, um automóvel de uma motocicleta (SANCHO; SENCHERMES, 1982, p. 142).

À luz desses fatores, Mota (1981) *apud* Brasileiro (2017) afirma que para atenuar o ruído resultante do tráfego de veículos, podem ser adotadas as seguintes medidas:

- Melhoria dos equipamentos dos veículos;
- Restrição ao tráfego de veículos pesados em determinadas áreas;
- Melhoria do fluxo de veículos, com objetivo de evitar acelerações e desacelerações;
- Execução de barreiras arquitetônicas;
- Disciplinamento do uso do solo;
- Isolamento dos edifícios verticais;
- Projeto adequado para as vias e áreas adjacentes.

Na realidade o que ocorre para tráfegos intermediários é o agrupamento de veículos no qual, em determinados momentos, o ruído de fundo é gerado pelos veículos da via, enquanto que em outros, o nível de pressão sonora é superior ao esperado (Figura 13). Isso ocorre devido ao seu caráter aleatório, que é dado em função das variações do tipo de via e de veículos. Estas variações, segundo os autores, podem ocorrer em função do tipo de pavimentação, efeito da ladeira e fluidez do tráfego (SANCHO; SENCHERMES, 1982).

Figura 13 - Relação entre pressão sonora \times velocidade dos veículos.



Fonte: HANSON et al. (2004), adaptado pelo autor.

Naturalmente, a contribuição do ruído de tráfego está relacionado tanto em função do tipo da pista, quanto dos pneus do carro, gerado pelas características geométricas (macroscópicas e microscópicas) da superfície da via de tráfego. Os pavimentos flexíveis (capas betuminosas sobre bases rígidas) são menos ruidosos do que os rígidos. O desgaste do pavimento, em geral, aumenta o nível de pressão sonora gerado pelos pneus (SANCHO; SENCHERMES, 1982).

Para um veículo manter sua velocidade subindo uma ladeira, por exemplo, é necessário que aumente a potência do motor, e conseqüentemente, a velocidade de giro, reduzindo a uma marcha mais curta. Nestes trechos, a fonte dominante do ruído é o motor e o escape. No caso de veículos pesados, a relação potência *versus* peso do veículo os obriga a aumentar ainda mais a potência do motor, às vezes, até o máximo. No entanto, no caso dos automóveis, essa relação motor *versus* peso não necessariamente exige um aumento na potência para que o veículo consiga subir uma ladeira.

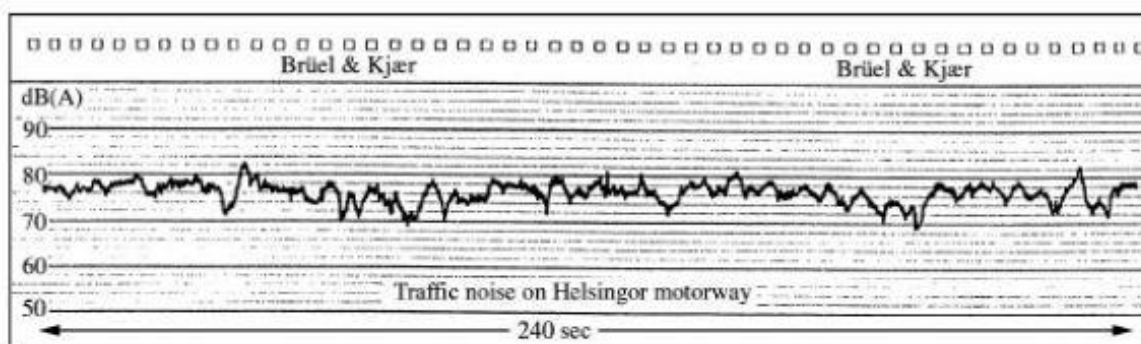
Como fluidez do tráfego, entende-se o deslocamento de veículos sem interrupções no movimento, de forma que não se produzam acelerações, paradas ou intensidades de tráfego, que obriguem os veículos a reduzirem significativamente suas velocidades ou mudarem para marchas curtas. O tráfego se caracteriza por um regime de motor em marchas longas, velocidades médias e altas e pouca interação entre os veículos (TORRES et al., 2003).

Embora Miyara (2013) pontue alguns condicionantes que produzem significativas interferências no ruído gerado pelo tráfego, a exemplo do fluxo de veículos, da composição

do trânsito, da inclinação das vias e do tipo de perfil presente no entorno, Valadares e Gerges (1998) complementam essa informação afirmando que as alterações dos níveis de pressão sonora não necessariamente estão correlacionadas ao volume de tráfego, isto porque, as condições geométricas podem ser mais um fator para elevação dos níveis sonoros mesmo que o fluxo de veículos seja pequeno.

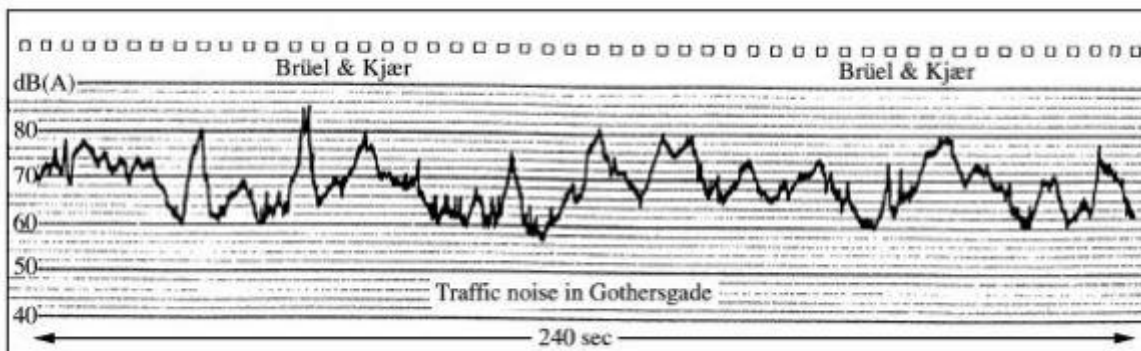
Em se tratando de fluxo de veículos, Ouis (2001) afirma que o ruído de tráfego emitido nos centros urbanos difere daquele que acontece nas rodovias. Enquanto que nas rodovias, os veículos trafegam em velocidade, predominantemente, constante com um tempo relativamente curto entre a passagem de um veículo e outro, nos centros urbanos os veículos trafegam a uma velocidade instável (devido aos efeitos de congestionamento), o que resulta em acelerações e desacelerações. Em consequência, têm-se que nas rodovias, os níveis sonoros apresentam-se mais uniformes (Figura 14) enquanto que nos centros urbanos apresentam-se com alterações significativas em decorrência de picos de ruído devido às acelerações repentinas (Figura 15).

Figura 14 - Histórico temporal típico do ruído de tráfego gerado nas rodovias.



Fonte: HASSALL e ZAVERI (1979) *apud* OUIS (2001), adaptado pelo autor.

Figura 15 - Histórico temporal típico do ruído de tráfego gerado nos centros urbanos.



Fonte: HASSALL e ZAVERI (1979) *apud* OUIS (2001), adaptado pelo autor.

Diante dessas informações, o conhecimento das frequências predominantes do ruído de tráfego é necessário pois representa um aspecto importante para o tratamento acústico e, conseqüentemente, melhora nas condições sonoras urbanas. Afirma-se que o ruído de tráfego tem grande composição em baixas frequências (sons graves), especialmente na faixa de 60 Hz, o que dificulta o isolamento do som, agravando assim a qualidade acústica ambiental (OUIS, 2001).

Os autores Orozco-Medina e Montaña (2010)⁸ *apud* Oliveira (2017) reportaram que o tráfego é responsável por cerca de 70% do ruído urbano tornando-o a principal fonte de ruído nas cidades. A maior parte provém dos automóveis, sendo que os veículos pesados compõem a fonte mais relevante, pois, diferentes tipos de veículos produzem diferentes níveis de ruído e, conforme estudos mostram o ruído produzido por um veículo pesado equivale a até nove veículos leves (HOBAN; TSUNOKAWA, 1997).

Em geral, os veículos pesados, tais como os caminhões de transporte produzem mais barulho do que os carros, pois tendem a ter mais rodas em contato com a estrada, e muitas vezes usam freios motor em desaceleração, o mesmo se dá para os veículos responsáveis pelo transporte público. A falta de manutenção destes veículos, tais como àqueles com incompletos sistemas de exaustão ou freios muito gastos, são mais ruidosos do que os que estão em melhor estado de conservação. Além disso, certos tipos de pneus são particularmente ruidosos (FIEDLER, 2013).

Didaticamente, em termos de duração, o ruído de tráfego de veículos é considerado contínuo ou permanente; já quanto às suas características geométricas e à distância fonte-receptor, caracteriza-se como não pontual, pois não se limita a uma mesma área (BROWN, 1994). Isso é o que mais contribui para o aumento do nível de ruído nos grandes centros (ZANNIN et al., 2002).

Após o estudo do ruído ambiental urbano, segue-se com as ferramentas de análise acústica a fim de se avaliar cenários urbanos do ponto de vista sonoro, e assim, poder traçar diretrizes e ações de planejamento.

⁸ OROZCO-MEDINA, M.G., FIGUEROA-MONTAÑO, A. **Urban noise and transport as a strategy of environmental quality**, 2nd Pan-American and Iberian Meeting on Acoustics, 160th ASA meeting, 7º Congress FIA, 17º Congress IMA, ISSN: 0001- 4966, Cancún, México, November, 2010.

2.3 FERRAMENTAS DE ANÁLISE ACÚSTICA

Para analisar acusticamente o espaço urbano de forma a se avaliar ou prever o impacto da poluição sonora utiliza-se como ferramentas acústicas: o mapeamento e a predição de ruído, respectivamente.

2.3.1 Mapeamento acústico

O mapa de ruído trata-se de um produto cartográfico de análise do ruído ambiental gerado por dados coletados em medições em campo ou utilizando programas computacionais, sendo que, os dados de entrada correspondem aos níveis de pressão sonora aferidos no ambiente.

Seu objetivo é a criação de uma representação visual do ruído ambiental de certa área geográfica. É uma ferramenta fundamental para o estudo, diagnóstico e controle do ruído urbano e é representado por meio de curvas isofônicas com zonas (“intervalos”) que possuem o mesmo nível de pressão sonora (similares às curvas topográficas dos mapas convencionais). Estas zonas de mesmo nível de pressão sonora podem ser separadas em trechos de decibéis, no qual, de modo geral, os limites de cada curva são representados por cores padronizadas em trechos de até 5 dB de nível de pressão (GUEDES, 2005; VENTURA et al., 2008, p. 3).

Segundo Morais (2009), os procedimentos metodológicos necessários para a elaboração dos mapas de campo acústico podem ser resumidamente expressos através de seis etapas: 1) Modelagem geométrica da região; 2) Inserção dos dados de tráfego; 3) Inserção das principais fontes sonoras; 4) Coleta de dados para alimentação do *software*; 5) Calibração do modelo acústico da região e 6) Geração do Mapa de ruído.

Durante o planejamento dos mapas acústicos, alguns pontos devem ser considerados, como: quantidade e localização dos pontos de medição; dias, horários e duração das coletas de dados acústicos; dados meteorológicos, geométricos e de tráfego características da região; além da própria, configuração e posicionamento dos equipamentos.

Os cálculos em programas computacionais são normalmente realizados de acordo com um algoritmo padrão e calculam automaticamente, para um número muito grande de pontos, os níveis de pressão sonora, a partir dos parâmetros do tráfego e das características físicas do local de estudo, ao utilizar dados de potência acústica das fontes para se gerar um

mapa dos níveis de pressão sonora através de uma escala de cores previamente definida (GERGES, 2000; BRÜEL; KJAER, 2000 *apud* BRASILEIRO, 2017; NAGEM, 2004).

Com este recurso, por meio de leitura direta no mapa, é possível conhecer os níveis de pressão sonora em qualquer ponto de uma área modelada. O mapa de ruído constitui-se assim, importante ferramenta não só para a avaliação do impacto ambiental causado pelo ruído de tráfego, mas também, para a avaliação prévia da eficácia de alternativas de controle que possam ser previstas ou adotadas (CARLIXTO, 2002).

O mapa de ruído, portanto, fornece uma representação dos dados sonoros sobre uma situação atual existente (ou predita em termos de um indicador de ruído) possibilitando assim a identificação e quantificação das principais fontes sonoras presentes no meio em estudo, seja em uma ou em diversas regiões (MILANEZ, 2013).

No caso da União Europeia, a *Directiva 2002/94/CE* do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, instituiu os mapas estratégicos de ruído como instrumentos para a gestão do ambiente sonoro. Este instrumento constitui parte da política comunitária para atingir um elevado nível de proteção da saúde e do meio ambiente:

O objetivo deste ato legislativo foi definir uma abordagem comum para evitar, prevenir ou reduzir, numa base prioritária, os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incômodo dela decorrente. Para esse efeito, colocou-se em prática, progressivamente, algumas ações, como a determinação da exposição ao ruído ambiente a partir da elaboração de mapas de ruído e a elaboração de mapas de ruído estratégico que deverá se tornar obrigatória em determinadas zonas de interesse (PARLAMENTO..., 2002).

2.3.2 Predição de ruído

Se o objetivo for a definição de um cenário futuro ou diagnóstico do atual, mas o operador não possui os dados de nível de pressão sonora para entrada, o mapeamento a ser realizado define-se como uma predição de ruído. Este tipo de mapeamento é um instrumento de controle ou redução da poluição sonora, auxiliando no desenvolvimento sustentável, pois garante um planejamento, ou solução na melhora da qualidade de vida da população urbana, que hoje, encontra níveis sonoros indesejáveis no seu dia a dia (FIEDLER e ZANNIN, 2016; MILANEZ, 2013).

O mapeamento de predição é um procedimento realizado por expressões matemáticas, nomogramas ou, em situações mais complexas, através de programas computacionais. Para isso, é preciso considerar, nesses modelos, alguns aspectos, como: características geomé-

tricas das vias, correções devido à inclinação da pista, velocidade média real dos veículos, porcentagem de veículos pesados, fontes sonoras pontuais, dentre outros fatores (GUEDES, 2005).

Conforme Brüel e Kjaer (2000) *apud* Brasileiro (2017), o cálculo é preferível e pode ser o único método possível de se realizar a predição acústica, nos seguintes casos:

- Sempre que os níveis a serem medidos se encontrarem mascarados por ruído de fundo elevado – por exemplo, quando é preciso determinar o ruído de uma instalação industrial próxima a uma estrada movimentada;
- Sempre que os níveis de pressão sonora futuros precisam ser previstos;
- Quando é preciso estabelecer cenários comparativos de redução de ruído;
- No momento em que os mapas de ruído de contorno precisam ser produzidos;
- Quando as condições do meio não possibilita, ou mesmo, inviabiliza o acesso para aferição dos níveis de pressão sonora.

Em geral, afirma-se que os modelos de predição acústica apresentam certas vantagens quando comparados aos procedimentos de medições sistemáticas de parâmetros acústicos, uma vez que fornecem informações detalhadas das principais fontes sonoras, possibilidades de análises em maior número de pontos, não sofrem interrupções diante de condições meteorológicas adversas; permitem, ainda, a avaliação de situações hipotéticas, simples atualizações e demonstram uma menor sensibilidade aos efeitos do ruído de fundo (GUEDES, 2005).

Com o objetivo de reduzir o risco de dados errôneos, recomenda-se utilizar arquivos GIS® ou AutoCAD® para gerar dados topográficos, medir níveis de potência sonora no local, contagens de tráfego e desempenho de fluxo de pontos de verificação selecionados. Finalmente, a habilidade do usuário e a experiência, tanto com a avaliação de ruído ambiente quanto com o algoritmo de cálculo, desempenham um papel importante na otimização do resultado.

Utilizados corretamente dentro da gama de cenários para os quais tenham sido concebidos, os algoritmos podem assegurar precisão globais na margem de até 3.0 dB (BRÜEL; KJAER, 2000 *apud* BRASILEIRO, 2017). Já Licitra e Memoli (2008) *apud* Pinto et al. (2013), recomendam que a diferença ideal entre os dados medidos e simulados para meio urbano deve ser de 4.6 dB, em desvio padrão, para menos ou para mais, para se ter uma confiabilidade de 95%.

A criação de mapas acústicos depende de diversos parâmetros do tráfego e das características topográficas do local a ser estudado (ENGEL e ZANNIN, 2016). Introduzindo estes dados em *softwares* sofisticados, calcula-se automaticamente a imissão de ruído em diversos pontos, e, em uma escala de cores, gera-se um mapa que é constituído por diversos níveis sonoros facilmente identificados. Esse mapeamento permite diferentes simulações, por meio da alteração de parâmetros que determinam a emissão e a imissão de ruído. O mapeamento constitui uma ferramenta fundamental para se avaliar o impacto causado pelo ruído ambiental no ambiente em estudo, bem como, prever alternativas de controle de ruído que se queira adotar (CHO et al., 2004).

Com a elaboração de uma base de dados sobre estudos da poluição sonora, é possível fazer comparações futuras que podem ser utilizadas para um planejamento preciso de políticas públicas a respeito do zoneamento urbano, legislação pertinente ao controle de emissões geradas pelas fontes sonoras ou para elaboração de leis sobre a quantidade de ruído que chega à população. Essa base de dados ainda pode ser utilizada para diminuir as medições de campo, muito dependentes das condições climáticas, além do tempo para realizá-las bem como dos gastos com recurso financeiro (MILANEZ, 2013; SOUZA FILHO, 2012).

Dessa forma, a avaliação dos dados sonoros emitidos pelas diversas fontes de ruído urbano é de suma importância para avaliação do impacto ambiental ocasionado pela poluição sonora e, o mapa de ruído, fornece, portanto, uma apresentação dos dados sonoros sobre uma situação atual existente ou predita em termos de um indicador de ruído, possibilitando assim, a identificação e quantificação das principais fontes sonoras no meio em estudo ou a ser estudado, seja em uma ou diversas regiões (MILANEZ, 2013).

O *software* a ser utilizado para processamento dos dados sonoros acerca do cenário atual ou predito, em termos de um indicador de ruído para identificação e quantificação das principais fontes sonoras existentes, será o iNoise®.

Desenvolvido pela empresa DGMR *Software* BV e instituído sob as leis dos Países Baixos, com sede e escritório registrados na Van Pallandtstraat 9-11, em Arnhem, Holanda (DGMR, 2019), a empresa fornece uma licença “registrada e gratuita”, no formato “não exclusiva e intransferível”, em que o cliente tem o direito de instalar, executar e usar o *software* iNoise® em um computador (e por mais um funcionário nomeado de cliente) pelo período de no máximo 1 (um) ano. Com esta permissão, e sob à luz dos recursos disponibilizados pela versão gratuita, a etapa modelagem e predição do ruído ambiental foi realizada.

2.3.3 Predição e modelagem acústica no *software* iNoise®

O *software* iNoise® é um sistema de modelagem acústica abrangente. De acordo com informações no site da empresa DGMR, o programa constitui uma importante ferramenta tanto para quem trabalha no campo da previsão acústica quanto do mapeamento sonoro. O pacote de dados permite:

1. Simular a propagação sonora para ambientes abertos ou fechados, de forma pontual ou abrangente;
2. Manipular e visualizar o efeito das alterações acústicas em um ambiente físico antes que medidas ou contingências reais sejam tomadas;
3. Calcular o nível de ruído em locais específicos a partir de fontes sonoras propagadas no meio ou refletidas por obstáculos ou barreiras, com base em padrões e normas internacionais vigentes (NBR 10.151 e ISO 9.613 1/2);
4. Mensurar valores de ruído, tanto de níveis aferidos quanto permitidos para uma determinada região;
5. Averiguar as consequências dos níveis excessivos de ruído para ações de planejamento e contenção da poluição sonora em diversas regiões;
6. Especificar propriedades acústicas em entidades do modelo (*itens*) com alto grau de precisão e resultados realistas.

O *software* é protegido por dois arquivos de licença: DGMR.LIC e DGMR.LICX. Para o seu perfeito funcionamento é importante que estes dois arquivos (enviados por e-mail) sejam salvos na área de trabalho antes de iniciada a instalação. Para a concretização da modelagem, o pacote de dados sonoros aferidos em campo deve estar compatível aos critérios exigidos pela licença, dentre eles, não exceder ao limite de 20 fontes sonoras por modelo. Logo, é importante checar rotineiramente a viabilidade do modelo durante sua elaboração para se evitar o desperdício de trabalho, tempo e, por que não, dinheiro.

Os dados do modelo são mantidos em projetos sob o completo controle do programa. Os itens do modelo incluem: fontes sonoras, objetos e pontos de cálculo. Cada item possui uma informação posicional que se relaciona à área da base (em termos 3-D). Geralmente esta área é sobreposta a um mapa topográfico (ou mapa de fundo em 2-D) utilizado para alinhar cada item do modelo a um determinado sistema de coordenadas ortogonais. Para projetos desenvolvidos no Brasil, deve-se utilizar o Sistema de Coordenadas Geográficas definido desde 2011, SIRGAS 2000.

No projeto, os modelos são utilizados para se prever os níveis de pressão sonora nos pontos desconhecidos da área de medição. Podem ser organizados usando-se diferentes áreas geográficas e uma escala de tempo específica. As diferentes áreas geográficas são criadas a partir de várias áreas. Já, a escala de tempo, através de várias versões.

Os projetos são estruturalmente e hierarquicamente organizados por meio de: Áreas, Versões e Modelos. Áreas são estruturas usadas para definir o nome geral e a localização do projeto. Versões, “pastas” utilizadas para organizar os modelos. Muitas vezes, descreve um estudo ou situação específica de uma determinada área em um dado período no tempo. E, por fim, Modelos, são os “modelos acústicos” propriamente ditos.

Cada modelo utiliza um método de cálculo específico. Depois de criado, permite importar itens ou inseri-los manualmente através do mouse ou digitalizador. Após a inserção, os dados podem ser processados no ambiente computacional para gerar a simulação e, quando finalizadas todas alterações, basta nomeá-lo como “modelo final” para que nenhuma alteração superveniente ou equivocada, modifique o modelo original.

Um modelo representa uma situação geográfica específica no tempo - tanto uma situação existente quanto futura - e apresenta dados com base em um método de cálculo específico. Deve conter as seguintes informações: Informações gerais (nome, descrição); Itens (fontes sonoras, objetos, dados do terreno, pontos de cálculo e itens diversos); Grupos redutores (calcular a redução e ruído nos resultados por grupo de fontes sonoras); Períodos (intervalos de tempo dentro de um dia); Configurações de cálculo (opções que irão alterar e influenciar no cálculo e no tempo de processamento); Valores de controle (valores não calculados que podem ser inseridos pelo usuário); Resultados (valores calculados em cada processo).

Os itens do modelo podem ser divididos em 5 categorias:

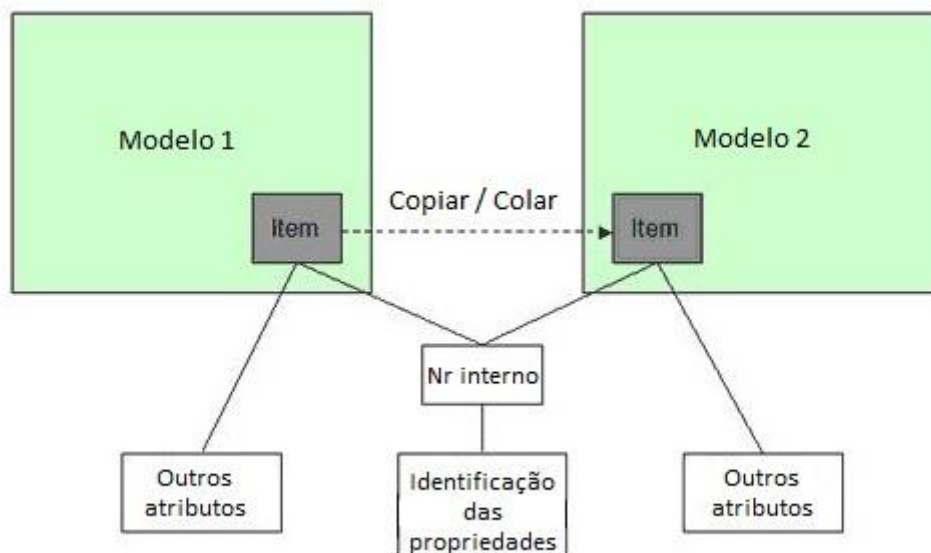
1. Itens de origem: são usados para modelar a posição e emissão de fontes. Podem ser fontes pontuais, fontes de linha, fontes de área (horizontais e verticais), turbinas eólicas, fontes móveis, fachadas emissoras e telhados emissores;
2. Itens de ponto de cálculo: usados para modelar os locais em que os resultados devem ser calculados. Podem ser pontos receptores, grades, pontos de contorno e grades verticais;
3. Itens de objeto: são itens que influenciam na propagação sonora entre os pontos de origem (fontes) e cálculo. Podem ser edifícios, barreiras, regiões terrestres, regiões de folhagem, regiões habitacionais e locais industriais;

4. Itens de terreno: são itens que descrevem a altura do terreno local. Podem ser pontos de altura e linhas de altura (estas últimas devem estar acima dos pontos de altura);

5. Itens diversos: são itens que não influenciam nos resultados. Podem ser pontos, linhas ou áreas DIV⁹ e pontos GPS.

Em um modelo, o mecanismo de cópia apresenta algumas peculiaridades. Para itens copiados, o *software* primeiro verifica se o mesmo já existe e, somente depois, o substitui no novo modelo existente. Para modelos, somente o número interno ou original “Código ID” é utilizado. Descrições, geometria e outras propriedades podem ser alteradas no modelo copiado sem afetar a versão original (Figura 16).

Figura 16 - Operação de cópia de itens e modelos no ambiente de simulação computacional.



Fonte: adaptado de iNoise®, 2019.

Diferentes modelos podem ser comparados. Os itens em um modelo de primeiro plano podem ser comparados aos itens em um de segundo plano através da opção “Comparar Modelos”. Desta forma, diferenças entre eles podem ser exibidas e editadas; no entanto, nem todos os itens de um modelo copiado são mostrados na “Tabela de resultados”. Se o mesmo item é encontrado em ambos os modelos ou está no plano de fundo, mas não possui nenhuma propriedade modificada, devido as regras da função copiar, não são disponibilizados nos resultados. Ou seja, itens que não são modificados não são mostrados na tabela.

⁹ Segundo o Manual de Configurações e Ajuda do *software* iNoise, DIV significa “Diverse” o que pode representar qualquer coisa no ambiente de simulação.

Paralelamente ao cálculo dos resultados, valores não calculados também podem ser inseridos no modelo. Estes dados são chamados de “valores de controle” e representam os àqueles inseridos manualmente no programa e que podem ser utilizados para calibração do modelo ou comparação de resultados. Dentre os valores, têm-se: limites, valores medidos, dados topográficos, coordenadas geográficas, dentre outros aferidos em ambiente real.

Um receptor é um ponto no qual os resultados referentes aos níveis de ruído são captados com base em um local específico (na frente da fachada de um prédio ou acima de um telhado, por exemplo). Deve estar localizado a uma distância menor ou igual a 0,1 m (10 cm) da superfície refletora. Os resultados são mostrados na tabela de resultados, como também, podem ser visualizados nos rótulos do modelo. Quando se calcula o 'nível de ruído incidente' para um receptor, utiliza-se apenas os níveis de ruído provenientes da fachada mais próxima (entre dois nós) e não de outras adjacentes. No entanto, o efeito de ondas advindas pela reflexão em outras superfícies adjacentes ou provenientes da fachada de outras fontes sonoras de edifícios vizinhos, não deve ser refutado.

Uma grade é uma área de polígono horizontal ou vertical cuja superfície de pontos são projetados os contornos de ruído interpolados. Uma grade tem a forma de um retângulo, polígono ou círculo. Os pontos de grade são sempre ortogonais em relação ao outro e são descritos pela distância relativa nas direções X e Y. Todas as grades e pontos de contorno em um modelo têm a mesma altura. Esta é definida nas configurações de cálculo. Mesmo sendo possível modificar a altura da grade, o programa não permite realizar cálculos com grades de diferentes alturas em um mesmo modelo.

Barreira acústica é a estrutura usada para modelar o caminho e o efeito da reflexão sonora em superfícies físicas de obstáculos, construções ou edifícios. É representada por uma poli linha, com dois ou mais pontos de modelagem. Para cada nó, uma altura relativa ao nível do terreno pode ser adicionada. A fração de energia de ruído refletida devido às características da superfície da barreira refere-se ao fator de reflexão, que classifica-se em:

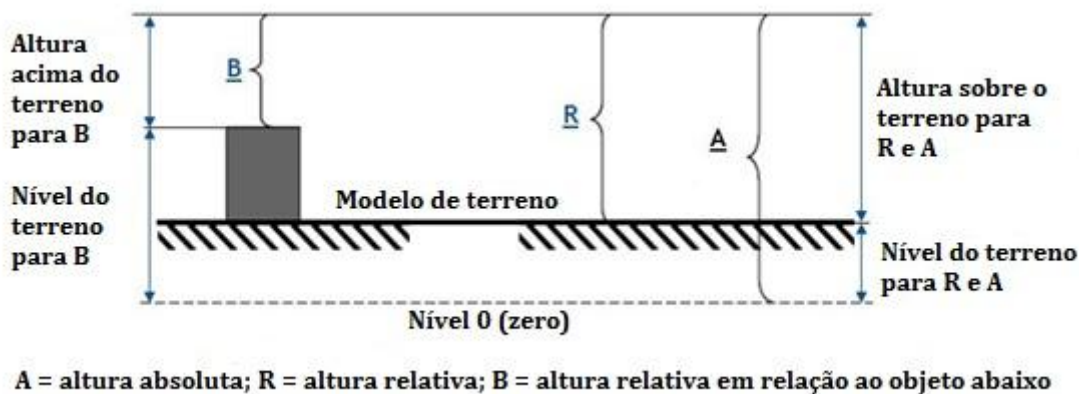
1. Fator de reflexão 1,0: superfície rígida acústica;
2. Fator de reflexão 0,0: superfície completamente absorvente;
3. Fator de reflexão 0,2: valor prático para uma superfície de absorção acústica;
4. Fator de reflexão 0,8: valor prático para uma superfície reflexiva acústica;

O fator de reflexão é inserido tanto para o lado esquerdo quanto direito (visto a partir do ponto inicial) de uma superfície, e o valor padrão considerado para o calculo deve ser igual a 0,8 (80 %), o que corresponde à uma redução de 1,0 dB no nível de ruído equivalente.

Em relação ao tipo de solo na região, como todas as outras transferências entre fonte-receptor, o efeito desse atenuador também é incluído no cálculo. É definido a partir do tipo de solo para cada região. O tipo de solo padrão é definido conforme configurações padrão de cálculo. Quando várias regiões terrestres se sobrepõem, um fator do solo médio é calculado para a área. A atenuação de solo depende do fator de solo médio em três áreas separadas, região de origem, região do meio e região do receptor. O fator de solo é um valor que varia entre 0 e 1, e aplica-se a toda região. Um fator igual a 0 (zero) significa um solo acusticamente refletivo, já um fator igual a 1 (um), um solo acusticamente absorvente.

Em relação às definições de altura para os itens quatro opções podem ser escolhidas: 1) 'Altura absoluta' (A), em que o valor inserido está acima do nível zero fixo; 'Altura relativa' (R), em que a altura do item relaciona-se ao nível do terreno calculado; 'Relativa ao item diretamente abaixo' (B), em que é inserida a altura mais alta dos itens diretamente abaixo¹⁰ e, por fim, 'Usuário definido', no qual são inseridos dois valores, o primeiro, referente à altura do nível do terreno, o segundo, à altura do item acima do nível do terreno. Somente esta opção permite modificar a altura do item em relação ao terreno. A ilustração abaixo (Figura 17) exemplifica melhor os diferentes conceitos e definições de altura utilizadas no programa.

Figura 17 - Definições para altura no ambiente de simulação computacional.



Fonte: adaptado de iNoise®, 2019.

Quando um modelo é calculado, os resultados são mostrados por ponto de cálculo ou por período do dia. Essa relação entre o nível de ruído de uma fonte sonora e a atenuação ambiental em um ponto receptor é expressa pelo *software* por meio da equação:

$$L_p(P) = L_w(P) - A_{comb} \quad (\text{eq. 10})$$

¹⁰ Caso não haja nenhum item diretamente abaixo, a altura utilizada para o item será calculada em relação ao nível do terreno no modelo.

em que:

$L_p(P)$ é o nível de ruído aferido, em um período básico P, em dB (A);

$L_w(P)$ é o nível de ruído emitido, para um período básico P, em dB (A);

A_{comb} é a combinação de todos os mecanismos significativos de atenuação sonora em dB (A).

Em relação ao fenômeno de atenuação sonora, normalmente o mesmo não é exibido durante a modelagem, no entanto, pode ser visualizado a partir dos cálculos obtidos por um receptor específico posicionado próximo a superfícies, barreiras ou solo e que esteja em contato direto com os níveis de pressão sonora refletidos. A atenuação sonora das fontes é realizada para cada ponto de cálculo disponível, logo, quanto maior o número de itens, mais enfadonho o cálculo para predição de ruído a ser simulado.

Períodos são intervalos de tempo em um dia com duração de 24 horas (ou seja, intervalo de 0 a 23 horas). Normalmente são baseados de acordo com o estabelecido durante o monitoramento e definido segundo NBR 10.151/2000. O *software* calcula o nível de ruído equivalente para cada período. Pode-se definir até quatro intervalos diferentes dentro de um dia, por exemplo: Matutino, Diurno, Noturno e L_{den} . Sendo que é preciso que o usuário determine especificamente as horas de início e término de cada período. Durante o cálculo dos resultados de previsão, apenas fontes ativas de ruído são consideradas. Se uma fonte estiver apenas parcialmente ativa durante um período, o programa calcula automaticamente uma redução no período para esta fonte.

De acordo com o definido pela norma ISO 9.613-2 (1996), o Nível de pressão sonora equivalente de longa duração (L_{den}) ao longo de um período adotado pelo *software* iNoi-se, é definido pela equação 11¹¹:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(T_{manhã} \cdot 10^{\frac{L_{manhã}}{10}} + T_{tarde} \cdot 10^{\frac{L_{tarde}+5}{10}} \cdot T_{noite} \cdot 10^{\frac{L_{noite}+10}{10}} \right) \quad (\text{eq. 11})$$

em que:

$L_{manhã}$ é o nível sonoro médio de longa duração, em dB (A), determinado durante todos os períodos matutinos de um ano;

L_{tarde} é o nível sonoro médio de longa duração, em dB (A), determinado durante todos os períodos vespertinos de um ano;

L_{noite} é o nível sonoro médio de longa duração, em dB (A), determinado durante todos os períodos noturnos de um ano;

¹¹ A nomenclatura da equação foi adaptada conforme definição do intervalo de tempo e duração de cada período do dia, explicitado na Metodologia (Quadro 5).

$T_{manh\tilde{a}}$ é o tempo de duração do período matutino, principalmente das 6 às 18 h, totalizando 12 horas;

T_{tarde} é o tempo de duração do período vespertino (incluindo o anoitecer), principalmente das 18 às 22 h, totalizando 4 horas;

T_{noite} é o tempo de duração do período noturno (incluindo a madrugada), principalmente das 22 às 6 h, totalizando 8 horas;

Por fim, realizado todos os ajustes e processado o modelo, pode-se declará-lo como “Modelo final”. Este resultado pode ser apresentado por meio de três formas: Tabelas, em que os níveis de ruído calculados nos pontos receptores são mostrados através de tabela de resultados, comparações, controle ou rótulos em um mapa; Mapas, em que os resultados para as grades receptoras (juntamente com os pontos de contorno) são disponibilizados através de linhas isofônicas ou como etiquetas no mapa; e, Resultados acumulados ou da diferença de 2 (dois) modelos, em que, os resultados entre dois modelos separados podem ser acumulados e exibidos para análise.

2.4 NORMAS E LEGISLAÇÕES PERTINENTES

Com a crescente preocupação com os efeitos nocivos do ruído infligidos aos seres humanos e ao meio ambiente, reconhecidos desde os anos 1970, várias leis, diretrizes e normas foram elaborados.

O controle dos níveis de pressão sonora é muito importante para se conseguir verificar a situação do ambiente em questão e, conseqüentemente, minimizar os efeitos da poluição sonora. Em geral, o excesso de ruído urbano está associado a problemas de má gestão e falta de política urbana. Contudo, de forma mais específica, a falta de planejamento urbano adequado somado aos efeitos da explosão demográfica das cidades e à falta de aplicação de normas que controlem os níveis de emissão de ruído de tráfego, contribuem para tornar a problemática da poluição sonora cada vez mais imponente (SANCHO e SENCHERMES, 1983).

Com o intuito de combater os níveis críticos de ruído que potencializam o fenômeno da poluição sonora foram formuladas leis (estaduais e federais) e normas regulamentadoras para auxiliar no controle, fiscalização e mitigação dos impactos provenientes de diversas fontes de ruído presentes no meio urbano bem como auxiliar na promoção de medidas voltadas a uma melhorar qualidade de vida da cidade e população.

Com esse intuito, este tópico visa apontar as normas internacionais e nacionais regulamentadoras, bem como, as legislações ambientais federais e estaduais vigentes que contribuam para uma melhor qualidade de vida e conforto ambiental à população.

O avanço tecnológico também possibilitou também o desenvolvimento de tecnologias de apoio, como os *softwares* de simulação acústica que são hoje importantes ferramentas para a visualização dos fenômenos acústicos no meio ambiente além de ser instrumento de pesquisa a ser utilizado neste trabalho.

2.4.1 Normas regulamentadoras

Este subitem tratará das Normas Internacionais e Nacionais que regulamentam as convenções e doutrina acerca do cumprimento aos níveis de pressão sonora permitidos a cada ambiente e seu método de medição.

2.4.1.1 Normas Internacionais

Green Paper (1996)

A publicação em 04 de novembro de 1996 do *Green Paper*, em Bruxelas, foi o primeiro grande avanço para política de combate ao ruído, a qual tem como objetivo estimular a discussão sobre a política de redução de ruído na Europa. Até então, a poluição sonora não teve tanta prioridade como a poluição do ar e da água. Com o foco no controle de ruído na fonte, na trajetória e na recepção, ela aborda três questões essenciais:

- Reduzir o nível de ruído emitido pelas fontes;
- Instalação de barreiras acústicas entre fonte e receptor, atenuando o nível de ruído até as pessoas afetadas.
- Diminuir o nível de ruído até o local de recepção pelo afastamento das fontes, assim como o isolamento do ruído para o ambiente interno dos edifícios. (GREEN PAPER, 1996).

O documento dá prioridade na redução de ruído com políticas de longo prazo, destacando a importância da informação e da conscientização da população para o real pro-

blema de ruído, incentivando a modificação de comportamento. Dessa forma onisciente e participativa, a comunidade se envolve, cooperando com a solução dos problemas existentes e com a prevenção, o que muito auxilia as autoridades e gestores municipais no tratamento da questão.

Esse documento teve uma importante contribuição no avanço das políticas de gerenciamento do ruído, ressaltando que para obter sucesso na redução da poluição sonora, é necessário ter uma estrutura política e de gestão do ruído, com objetivos bem definidos e compartilhados com a sociedade, com acompanhamento e atualização constante dos dados para coerência e eficácia nas ações.

Diretiva Europeia (2002)

Publicado em 25 de junho de 2002, este documento é resultado de uma série de propostas feitas desde o ano 2000 pelo Conselho do Parlamento Europeu resultando na Diretiva 2002/49/CE também conhecido como “*Environmental Noise Directive*” (END, em português Diretriz de Ruído Ambiental), tendo como objetivo principal à avaliação e a gestão do ruído ambiente. É um instrumento jurídico importante que trata da questão da poluição sonora, protegendo o meio ambiente em especial às áreas sensíveis.

Para embasar as estratégias e ações locais para prevenir ou amenizar os efeitos nocivos do ruído, essa diretriz europeia recomenda a produção da carta acústica para áreas urbanas com mais de 250 mil habitantes. Sua estrutura é baseada em quatro princípios fundamentais:

- Monitoramento de ruído ambiental - Os Estados-Membros devem desenvolver o mapeamento estratégico da poluição sonora, utilizando uma metodologia comum, nas principais estradas, ferrovias, aeroportos e aglomerações, de forma a analisar e avaliar os níveis de ruído no meio ambiente nos períodos diurno e noturno, e estimar o número de pessoas afetadas na Europa.

- Informação e consulta do público - Disponibilizar ao público os mapas estratégicos de ruído, planos de ação e informações relevantes sobre a exposição e os efeitos do ruído na saúde e no meio ambiente, desenvolvendo consultas ao público no que se refere a medidas para redução do ruído de meio ambiente.

- Gerenciamento de problemas de ruído ambiental - Os órgãos competentes devem elaborar planos de ação e medidas na redução da poluição sonora em acordo com os cri-

térios das autoridades locais, não só atuando na redução de locais ruidosos, mas também empreendendo esforços para a conservação das características dos lugares onde já existe uma boa qualidade sonora no meio ambiente.

- Desenvolvimento da estratégia de longo prazo da EU - Desenvolver uma estratégia política conjunta de longo prazo para União Europeia, com o propósito de reduzir o número de pessoas expostas ao ruído, atuando nas trajetórias de propagação e na proteção dos receptores, mas também emitindo normas produção e certificação de forma a reduzir o ruído produzido pelas fontes. (END, 2002).

CEDR (2003)

Foi criada em 2003 em Viena na Áustria a CEDR (Conferência Europeia de Diretores de Estrada). Composta por 27 países da Europa tem como objetivo a cooperação entre os países da Comunidade Europeia para facilitar a troca de experiências na análise, discussão e pesquisa das questões relacionadas ao transporte rodoviário sob os aspectos sociais, econômicos, ambientais e de sustentabilidade.

O ruído rodoviário já era considerado como um das prioridades e foi incluído no Plano Estratégico 2005-2009 da Comunidade Europeia com o objetivo do gerenciamento e de redução do ruído rodoviário, estabelecendo limites por tipo de ruído, tipo de pavimento e com ênfase nas medidas de redução do ruído por meio da implantação de barreiras acústicas, e na escolha dos materiais construtivos.

WG-AEN (2007)

O manual “*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*” (em português: Manual de Boas Práticas no Mapeamento Estratégico do Ruído e na Produção de Dados Associados à Exposição ao Ruído), produzido pelo *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise* (WG-AEN, em português Grupo de Trabalho da Comissão Europeia na Avaliação da Exposição ao Ruído), teve sua primeira versão publicada em 5 de dezembro de 2003, sendo a segunda versão revisada divulgada em 13 de agosto de 2007.

O objetivo desse documento é ajudar de maneira prática os Estados-Membros e as autoridades competentes da União Europeia a realizar o mapeamento do ruído e na coleta de

dados sobre a poluição sonora conforme Diretiva 2002/49/CE, já mencionada, orientando para que esses dados possam ser comparados, analisados e processados com qualidade uniforme possibilitando e facilitando a elaboração de estatísticas na Comunidade Europeia quanto à exposição de seus habitantes a poluição sonora. Esse trabalho é muito importante, pois a partir dele, e com a correlação de outros dados e estatísticas de áreas de saúde, produção econômica e condições sociais, pôde-se então fazer um trabalho do impacto socioeconômico e na saúde da população devido à poluição sonora (WG-AEN, 2007).

CNOSSOS-EU (2012)

CNOSSOS-EU (Common NOise aSSessment MethOdS in EU, em português Métodos Comuns de Avaliação do Ruído na União Europeia) é a mais recente metodologia de uso comum para avaliação de ruído na Europa, utilizando como base de estado da arte determinados pela comunidade científica e técnica.

Elaborada pelo Centro de Pesquisas da Comissão Europeia, esta recomendação segue as especificações apresentadas na Diretiva de Ruído Ambiental 2002/49/CE, já mencionada.

Peritos nomeados pelos Estados-Membros da União Europeia, pela Agência Europeia do Ambiente, pela Agência Europeia de Segurança da Aviação, e pela Organização Mundial de Saúde Europa foram reunidos para estabelecer os métodos que devem ser utilizados em comum pelos membros da Comunidade Europeia dando consistência e compatibilidade nas medições e cálculos do nível de ruído a que as pessoas estão expostas. Essas ações de padronização de métodos são importantes para que os resultados de trabalhos produzidos por diferentes equipes em diferentes países sejam comparáveis e integráveis na visão geral da comunidade.

Os métodos recomendados são utilizados nas medições de ruído do transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e da indústria, constituindo a abordagem mais sistemática para o combate a poluição sonora, propiciando uma estimativa confiável dos encargos associados a doenças produzidos pelo ruído. Há uma previsão de uso desse novo método no mapeamento estratégico a ser empreendido em 2017 (CNOSSOS-EU, 2012).

ISO/IEC

O ruído incomoda as pessoas individualmente. No entanto, é possível caracterizar os efeitos do ruído num agregado de pessoas em comunidades sujeitas a vários tipos de ruído ambiental. Em 1993, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou recomendações para a proteção contra o ruído. Os critérios adotados levaram em consideração as perturbações sonoras (como a do sono) e as interferências na comunicação oral (BISTAFA, 2011).

O tráfego rodoviário é a mais generalizada fonte de ruído em todos os continentes e a mais prevalente causa de incômodo. Portanto, a redução do ruído de tráfego tem grandes prioridades. Os limites de ruído, em alguns países, variam ao longo do dia e conforme as normas de cada localização. Segundo Brüel e Kjaer (2000) *apud* Brasileiro (2017), com base nos dados de alguns países coletados (Tabela 4), a Holanda possui os níveis mais restritivos; já a norma francesa é a menos restritiva. Vale ressaltar que tais valores são aceitáveis e decorrentes de fatores socioculturais.

Tabela 4 - Limites dos níveis de pressão sonora de tráfego rodoviário.

Limites de Ruído de Tráfego			
País	Índice	Limite diurno	Limite noturno
Austrália	L_{10}	60	55
Áustria	L_{Aeq}	50 – 55	40 – 45
França	L_{Aeq}	60 – 65	55 – 57
Alemanha	L_r	50 – 55	40 – 45
Espanha	L_{Aeq}	60	50
Suíça	L_r	55	45
Estados Unidos	L_{Aeq}	55	42

Fonte: BRÜEL e KJAER (2000) *apud* BRASILEIRO (2017) adaptado pelo autor.

Normas internacionais são importantes na avaliação do ruído ambiental porque são usadas para prover normas nacionais. Existem dois principais grupos que regem as normas internacionais, são eles: *The International Organization for Standardization (ISO)*, que trata da metodologia para que os procedimentos adotados permitam uma comparação dos re-

sultados, e o *International Electrotechnical Commission* (IEC), que trata da compatibilidade do instrumento com a maior precisão de dados.

2.4.1.2 Normas Nacionais

A principal norma federal que trata da poluição sonora é a NBR 10.151 (ABNT, 2000). O método de avaliação de ruído, de acordo com a NBR, baseia-se na comparação entre o Nível de pressão sonora corrigido (L_c) e o Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, conforme estabelecido por esta mesma norma. Ou seja, fixa valores de tolerância exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído na comunidade conforme tipos de áreas e períodos do dia, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB (A), conforme NBR 10.151/2000.

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

Fonte: NBR 10.151/2000, adaptado pelo autor.

Vale ressaltar que, conceitualmente, o nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} é o mesmo que o nível de pressão sonora corrigido (L_c) sem a presença de ruído com caráter impulsivo ou componentes tonais. Já o Nível Critério de Avaliação (NCA) é um método no qual o nível de pressão sonora do ambiente pode ser comparado a conjuntos dos níveis por frequência de banda de oitava (GERGES, 2000).

De acordo com a NBR 10.151 (ABNT, 2000):

- Se o ruído ambiente for superior ao valor da tabela, o NCA assume o valor do ruído ambiente. Assim, deverá ser considerado o ruído ambiente como o ruído de

fundo existente, mesmo que este ultrapasse os valores de ruído ambiente recomendado.

- As medições realizadas no exterior das edificações devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e, pelo menos, dois metros do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes, etc. Na impossibilidade de atender alguma destas recomendações, a descrição da situação medida deve constar no relatório.

- O nível corrigido L_c para ruído com componentes tonais é determinado pelo L_{Aeq} acrescido de 5 dB (A).

- Os limites de horário para o período diurno e noturno da podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22h e não deve terminar antes das 7h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno deve ser igual ou superior às 9h.

Vale destacar também que para essas medições, na referida norma técnica aplicam-se as seguintes definições:

- Nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), em decibéis ponderados em “A” [dB (A)] – é o nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com ponderação A, que simula a curva de resposta do ouvido humano) referente a todo o intervalo de medição.

- Ruído com caráter impulsivo – corresponde ao ruído que contém impulsos, isto é, picos de energia acústica com duração menor do que 1s e que se repetem a intervalos maiores do que 1s (por exemplo, martelagens, bate-estacas, tiros e explosões);

- Ruído com componentes tonais – é o ruído que contém tons puros, como o som de apitos ou zumbidos;

- Nível de ruído ambiental (L_{ra}) – Nível de pressão equivalente ponderado em “A”, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte em questão – conhecido também por Ruído de Fundo (RF).

Todas estas definições foram utilizadas e os NPS aferidos conforme recomendações expressas pela norma 61.672 de 2002 da Comissão Eletrotécnica Internacional (CEI),

bem como, suas edições internacionais anteriores, IEC nº 60.651/1979 e IEC nº 60.804/1985 (IEC 61.672-1 *apud* COSTA, 2015).

A NBR 10.151/2000 esteve em processo de revisão para reformular alguns parâmetros de avaliação. Através do Projeto de Revisão (NBR 10.151/2012) a Associação estabeleceu modificações nos limites de níveis de pressão sonora aceitáveis em função da finalidade de uso e ocupação do solo. Em termos quantitativos, foram alterados os limites para zonas mistas ou estritamente residenciais urbanas, contudo, estas mudanças são consideradas aceitáveis (Tabela 6).

Tabela 6 - Limites de níveis de pressão sonora em função da finalidade de uso e ocupação do solo segundo Projeto NBR 10.151/2012.

Tipo de áreas	Diurno (dB)	Noturno (dB)
Áreas rurais	40	35
Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais/escolas	50	40
Áreas mistas, predominantemente residenciais	55	45
Áreas mistas, com vocação comercial e/ou administrativa	60	50
Áreas mistas, com predominância ou vocação recreacional	65	55
Áreas predominantemente industriais	70	60

Fonte: NBR 10.151/2012.

2.4.2 Legislações

Este subitem tratará das leis que tratam das diretrizes acerca do controle e fiscalização dos níveis de pressão sonora permitidos a cada ambiente bem como seu método de medição, visto que não existe uma norma estadual específica para a problemática da Poluição Sonora no Estado de Goiás, como, para o próprio município de Goiânia, cabendo a este obediência às legislações hierarquicamente superiores.

2.4.2.1 Legislação Federal

A normatização acerca do controle da poluição ambiental está a cargo do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. É um órgão colegiado consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, responsável pela proteção ambiental e uso sustentável dos recursos ambientais, mas também, por estabelecer restrições a respeito dos níveis excessivos de ruídos visando assim a promoção de um meio ambiente equilibrado e necessário à sadia qualidade de vida de todos os seres vivos.

CONAMA (1986)

A Resolução nº 001 do CONAMA de 23 de janeiro de 1986, dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental, em qualquer atividade humana, direta ou indiretamente, com alteração das propriedades de meio ambiente, que afetam a saúde, o panorama socioeconômico e o meio ambiente.

Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.” (CONAMA, 1990a).

A resolução no 001 de 08 de março de 1990 (CONAMA, 1990a), trata dos níveis excessivos de ruído referenciando os limites definidos pelas normas NBR 10.151 e NBR 10.152 em seus incisos II e III, e as normas do Ministério do Trabalho e do CONTRAN no inciso IV:

“II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10152 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

III - Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10152 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

IV - A emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os produzidos no interior dos ambientes de trabalho, obedecerão às normas expedidas, respectivamente, pelo Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.” (CONAMA, 1990a).

O Novo Código Civil, ao tratar do uso anormal da propriedade, em seu artigo 1.277, adverte: “O proprietário ou o possuidor de um prédio tem o direito de fazer cessar as

interferências prejudiciais à segurança, ao sossego e à saúde dos que habitam, provocadas pela utilização de propriedade vizinha” (BRASIL, 2002).

Segundo Carneiro (2004) *apud* Brasileiro (2017), “sossego” concerne ao descanso, ao repouso e à tranquilidade que o homem necessita para repor suas energias e desempenhar bem suas atividades. Já “saúde”, diz respeito ao estado da pessoa cujas funções estão anormais. Ao conjunto das condições favoráveis à saúde dá-se o nome de salubridade.

Vale lembrar ainda que causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora, segundo a Lei 9.605/98 - a Lei dos Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), classifica-se como crime. Logo, a poluição sonora inclui como ação predatória ao meio ambiente e à saúde humana, logo, seus agentes poluidores, podem ser penalizados.

O art. 3º, inciso IV, da Lei 6.938/81 considera poluidor “a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável direta ou indiretamente por atividade causadora de degradação ambiental”. Acerca da responsabilização da poluição sonora, a referida norma reconhece a responsabilidade solidária dos diversos poluidores, os quais respondem objetivamente pelo dano ambiental: a) a pessoa jurídica que desenvolve atividade geradora de ruído (ex. indústria, templo, bar, boate, oficina, etc.); b) seus representantes legais (pessoas físicas). O Poder Público também poderá ser responsabilizado: a) como poluidor direto, quando promover, realizar ou executar atividade causadora de ruído, em desacordo com os padrões normativos; b) como poluidor indireto, quando se omitir no dever fiscalizatório, em virtude do não exercício de medidas de controle e de zoneamento (BRASIL, 1981).

Existem também a Resolução CONAMA nº 002/90, que dispõe sobre o controle de ruídos produzidos por quaisquer outras atividades, a Resolução CONAMA nº 020/94, que dispõe sobre os ruídos produzidos por eletrodomésticos. Quanto aos ruídos produzidos por veículos automotores, estes estão regulados pelas seguintes Resoluções CONAMA: nº 002/93, nº 017/95, nº 008/93 e nº 252/99 (CONAMA, 1990b, 1994, 1993a, 1995, 1993b, 1999).

2.4.2.2 Legislação Estadual

Em vista que as diretrizes da Resolução nº 001/90 do CONAMA são normas muito amplas e abrangentes, o artigo 30 da Constituição da República Federal do Brasil (BRA-

SIL, 1988) incumbe ao município promover, no que couber, o adequado ordenamento territorial urbano, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo (CONAMA, 1990a). Ou seja, os estados e municípios podem complementar os valores definidos pela normativa federal para níveis de ruído mais restritivos e adequados à realidade da população local, isto é, fixar limites de níveis de ruído menores conforme recomenda a Organização Mundial da Saúde, 55 dB (A) para regiões em ambientes externos altamente ruidosas (OMS, 1999).

No âmbito da legislação estadual de Goiás, o Decreto nº 5.871/2003 – que introduz alterações no Regulamento aprovado pelo Decreto nº 1.745, de 6 de dezembro de 1979 – dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, no entanto, em uma visão holística e generalizada (GOIÁS, 2003, 1979).

Somente através da Instrução Normativa de nº 26, de 18 de agosto de 2008 da Agência Municipal do Meio Ambiente (AMMA), publicada no Diário Oficial do Município de Goiânia através da portaria nº 4.437 de 27/08/2008, que foram apresentadas normas específicas para o controle e fiscalização da poluição sonora no contexto local. Conforme os hábitos da população e com base na normativa federal NBR 10.151, a referida norma definiu a duração dos períodos diurno e noturno além dos níveis máximos de ruído permitidos durante esses períodos. Segundo a portaria, em Goiânia, o período diurno compreende o horário entre 7 e 22 h, exceto domingos e feriados, cujo período se inicia às 9 h, e o limite máximo de ruído permitido corresponde a 55 dB para Zona Residencial Urbana e 65 dB para áreas localizadas no Centro de Goiânia (GOIÂNIA, 2008).

Para a determinação desses níveis leva-se em consideração a classificação das regiões urbanas em zonas acústicas. Nesse método não apenas os níveis de ruído são considerados mas também os aspectos socioeconômicos ligados à área de estudo, ou seja, as características relacionadas ao uso e ocupação do solo em cada região. Dessa forma, a IN nº 26 estabelece uma conexão com a Lei 8.617/08 (Plano Diretor de Goiânia) e define com propriedade os níveis de ruído permitidos para cada zona, sendo elas “Zona hospitalar”, “Residencial” ou “Centro da Capital” (GOIÂNIA, 2008a, 2008b). Como neste estudo a região selecionada está totalmente inclusa na zona “Centro da Capital”, o Nível Critério de Avaliação adotado, está de acordo com o estabelecido pela legislação ambiental municipal vigente, ou seja, 65 dB (A) de ruído para o período diurno.

Recentemente, os níveis aceitáveis de som ou ruído conforme as zonas foram modificados através da Lei Complementar nº 318, de 3 de julho de 2019 (GOIÂNIA, 2019; Ane-

xo IV), no entanto, a Agência Municipal de Meio Ambiente - AMMA, que exerce a atividade de controle e fiscalização dos níveis de pressão sonora na cidade disse, em entrevista proferida pela jornalista Carla Guimarães do Jornal “O Popular” de Goiânia em vigor (GUIMARÃES, 2019) que “mesmo após instauração da nova referência de controle de ruído nas cidades, a mesma não está sendo utilizada nos processos e atividades de fiscalização pois ainda não se encontra regulamentada, isto é, legitimamente em vigor.

Segundo Guimarães (2019) a nova legislação municipal que aumenta os limites aceitáveis de som ou ruído na capital goiana entrará em vigor a partir de quarta-feira dia 11/10/2019. A partir desta data, no Centro, por exemplo, durante o período diurno, o nível máximo aceitável de ruído passa de 65 para 80 dB (A), ou seja, 15 decibéis acima do que determina a IN nº 26 e, 25 acima do que recomenda a OMS no Guia de valores de ruído para comunidades (OMS, 1999).

Apesar de inicialmente publicada com veto parcial do prefeito Iris Rezende (MDB), em 3 de julho de 2019, a Lei Complementar nº 318/2019 acerca da tolerância de ruído em ambientes abertos na cidade de Goiânia teve seu veto derrubado pela Câmara Municipal de Vereadores, no entanto, foi novamente publicada no dia 26 de agosto, a fim de se manter o aumento no nível aceitável de ruído. Nestes casos, conforme afirma a jornalista Carla Guimarães, ante a procrastinação acerca de autorizar ou não a medida, a legislação passa por si só a vigorar, conforme estabelece o Decreto-Lei nº 4.657/1942, após 45 dias de sua publicação, ou seja, no dia 11 do corrente mês, a referência para o limite de ruído em Goiânia passa a ser de 80 dB (A) no período diurno. Diante desse impasse, o que pode se afirmar é que esta alteração ainda deverá proporcionar intensos e calorosos debates em prol das ações de controle, prevenção e fiscalização das fontes ruído ambiental na cidade.

Em relação ao Plano Diretor de Goiânia, o tema da poluição sonora é tratado implicitamente na minuta do art. 66, subseção VII, do título VIII, em que preceitua “*Melhoria da saúde ambiental na cidade no âmbito do controle da qualidade do ar, dos níveis de ruído, das epidemias e da geração de resíduos sólidos*”. Subentende-se através do artigo que o atendimento à população deve estar baseado nos princípios da integralidade, universalidade, equidade e resolutividade das ações, visando sempre uma melhor qualidade de vida para as pessoas e, desta forma, promover o conforto ambiental.

Ainda segundo este documento, a responsabilidade pela gestão, monitoramento e fiscalização das medidas de controle da poluição sonora em suas diversas esferas está a cargo do Programa de Gerenciamento de Riscos e Controle da Poluição Ambiental, o qual visa ga-

rantir segurança e qualidade ambiental a todos os cidadãos. Logo, esta pesquisa torna-se importante no sentido de auxiliar a Prefeitura a cumprir seu papel no processo de controle da poluição sonora além de contribuir na formação de um banco de dados georreferenciados para identificação, monitoramento e espacialização dos dados sonoros referentes a esta problemática ambiental urbana da cidade.

Após os embasamentos teóricos sobre “Ruído Urbano”, “Ferramentas de Análise Acústica” e “Legislações e Normas Pertinentes”, através da aplicação dos conceitos vistos, segue-se com os “Materiais” e a “Metodologia” adotados para a realização e “Desenvolvimento da Pesquisa”.

3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.1 Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa classificam-se em duas categorias: instrumentos físicos e computacionais (*softwares*).

Os instrumentos físicos utilizados foram: decibelímetro modelo DEC-490 da marca INSTRUTHERM¹²; calibrador acústico digital modelo CR-2 da marca CRIFFER¹³; tripé (altura 1,50 m) e câmera fotográfica (16 Mpx) acoplada no *smartphone* marca MOTOROLA modelo MOTO G4 Plus.

Os instrumentos computacionais utilizados foram: os *softwares* de geoprocessamento ARCGIS e QUANTUM GIS (mais conhecido como QGIS), ambos enquadrados como programas da multiplataforma de Sistema de Informações Geográficas (GIS) e que permitem criar, visualizar, editar, compilar e analisar dados geográficos, sendo que este último, é classificado como um *software* livre, ou seja, apresenta código-fonte aberto; o programa *Google Earth Professional* versão 7.3 de 2018, uma versão incrementada e, a pouco tempo, gratuita do já conhecido GOOGLE EARTH; o *software* de análise de dados sonoros *Sound Level Meter* versão 3.2 de 2010, utilizado para exportar os dados do DEC-490 para o Excel® e o *software* iNoise® de mapeamento acústico e previsão de ruído com tecnologia de geoprocessamento, oferecido em 3 tipos distintos de licenças (uma gratuita, outra profissional e a terceira para empresas).

Podemos definir dois tipos de *softwares*, os proprietários, que são comercializados pelas empresas detentoras de seus direitos autorais e sua utilização requer o pagamento de licença como forma de garantir a continuidade de sua utilização/legalização e, os *softwares* livres, que são distribuídos gratuitamente e não requerem pagamento de licença para sua utilização (O'BRIEN, 2003). Todos os *softwares* utilizados nesta pesquisa, sejam eles livres ou privados, são disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG). Até mesmo os que necessitam de licença, como o ArcGIS, desenvolvido pela ESRI, foi utilizado sem custos através de uma licença gratuita institucional for-

¹² Medidor de nível sonoro calibrado no dia 23/07/2018, Certificado de Calibração nº 71.586.A-07.18 (Anexo I).

¹³ Calibrador de nível sonoro calibrado no dia 23/07/2018, Certificado de Calibração nº 71.587.A-07.18 (Anexo II).

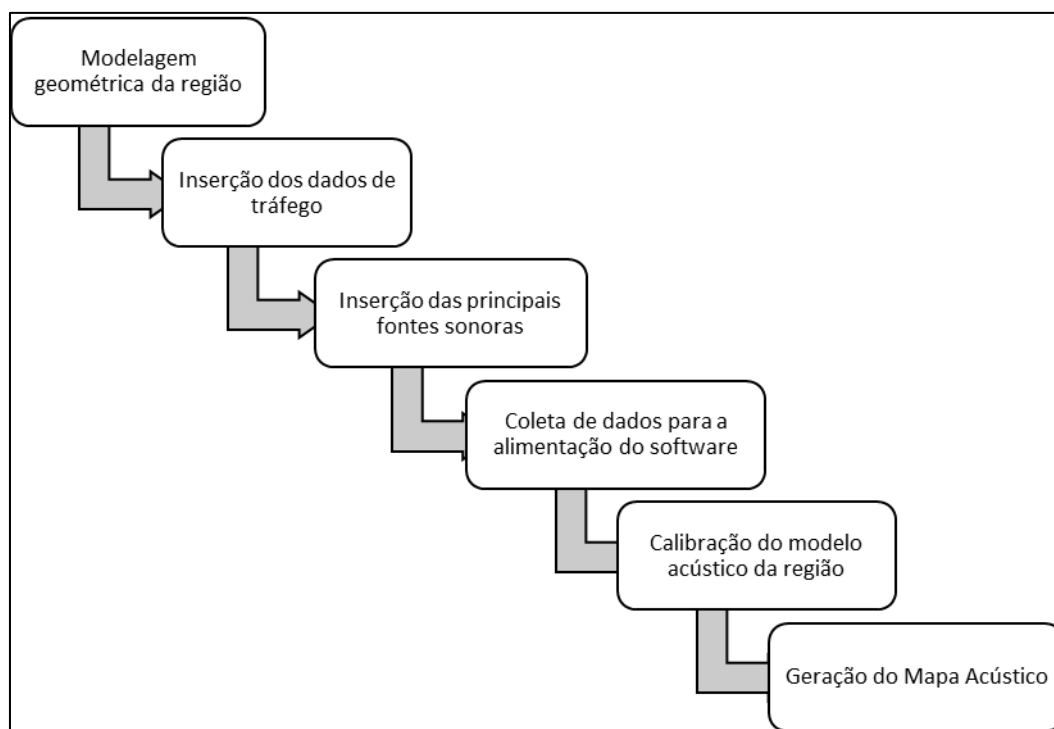
necida pela empresa para o desenvolvimento de estudos e pesquisas acadêmicas em instituições de ensino.

3.1.2 Métodos

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho foi “estudo de caso”, sendo uma parcela da região urbana central de Goiânia escolhida para esta análise.

Para definição dos procedimentos metodológicos, foi utilizado como norte o esquema de ações proposto por Elcione Morais (2009) expresso na forma de um fluxograma (Figura 18) para melhor entendimento das etapas de geração do Mapa de Ruído.

Figura 18 - Procedimentos metodológicos para elaboração do mapa acústico segundo Elcione Morais (2009).



Fonte: elaborado pelo autor.

Os procedimentos metodológicos definidos para desenvolvimento desta pesquisa ficaram dispostos conforme sequência de operações:

- 1. Escolha do local de pesquisa:** fatores objetivos e subjetivos que motivaram a escolha do local para o desenvolvimento desta pesquisa;
- 2. Caracterização, divisão e classificação da área de medição:** método direto e indireto utilizados para caracterização da morfologia urbana e paisagem sonora local; utilização de imagens de satélite para divisão da área de medição e legislação específica para classificação da região segundo limites de tolerância de ruído;

- 3. Aquisição e preparo das imagens:** utilização da plataforma *Google Earth Pro* para obtenção das imagens de satélite de alta resolução e, posteriormente, análise, correção e processamento em *software* de geoprocessamento;
- 4. Classificação das imagens:** utilização da IN nº 26/2008 (AMMA) para classificar e distinguir os limites de ruído permitidos em cada zona socioeconômica;
- 5. Amostragem:** utilização da ferramenta “*Hawth’s tools*” do ArcGis para amostragem da área de estudos, distribuição dos pontos de medição a partir de um *grid regular* e definição dos “pontos ótimos”, bem como, suas respectivas coordenadas geográficas para aferição dos dados sonoros;
- 6. Coleta dos Níveis de Pressão Sonora do ambiente:** com base nos critérios e parâmetros definidos pela NBR 10.151/2000;
- 7. Processamento de dados:** utilização de *software* de análise acústica *Sound Level Meter* para exportação dos dados no formato planilha do Excel®, para, desta forma, calcular o L_{Aeq} e descrever o comportamento de series temporais;
- 8. Elaboração do mapa de ruído:** através de modelo de interpolação no *software* de geoprocessamento ArcGIS e, comparação mapa gerado através do *software* de modelagem e predição acústica iNoise®;
- 9. Modelagem:** utilização de modelo matemático inserido no *software* predição acústica iNoise® para calibração do modelo e simulação de cenários futuros de ruído;
- 10. Análise e discussão dos resultados:** os resultados do cenário acústico atual (diagnóstico) serão confrontados com o modelo gerado pelos *softwares* ArcGIS e iNoise®, como também por resultados encontrados em outros trabalhos similares na literatura.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.2.1 Escolha do local de pesquisa

Para a escolha da região urbana onde seria desenvolvida esta pesquisa dois fatores determinantes foram levados em consideração: conhecimento prévio do tema e familiaridade com o local de estudo.

O primeiro fator, mais intrínseco e conceitual, se deve ao conhecimento teórico assimilado durante as aulas de mestrado, em que este autor teve a primeira experiência sobre a importância da poluição sonora e seus impactos sobre o meio ambiente. Durante a aula de Física Aplicada aos Sistemas Renováveis e Sustentáveis, lecionada pelo professor orientador deste projeto, Prof. Dr. Lucas Nonato de Oliveira, foi proposta uma atividade para reforçar o conhecimento sobre princípios de modelagem ambiental, através da análise e discussão do artigo “*O uso de Geotecnologias na elaboração de mapas de ruído*” de autoria de Évely Mara Scariot (SCARIOT, E. M. et al., 2012). Neste estudo, foi abordado a temática da poluição sonora através da *avaliação dos impactos do ruído em uma região urbana de Campo Grande/MS*, e o resultado, foi uma experiência didática desmistificadora quanto à percepção da problemática da poluição sonora em uma visão global, e inspiradora no sentido de despertar a atenção ao problema no contexto sociocultural em que estava inserido.

O segundo fator, indireto e existencial, se deve à familiaridade e intimidade deste autor com a área de estudo, pois a mesma se refere ao trajeto realizado diariamente por este autor, do trabalho à faculdade, durante todo o seu período de graduação em Geoprocessamento e mestrado no IFG. Logo, antes mesmo de se tornar objeto desta pesquisa, esta região já chamava atenção devido a seu caráter caótico, conturbado e ruidoso, caracterizado por um alto fluxo de carros deslocando-se nas ruas enquanto vendedores disputam cada metro quadrado com pedestres na região. O resultado é uma grande quantidade de resíduos eliminados inadequadamente nas ruas, uma atmosfera local carregada de partículas e muito “barulho” resultante tanto da emissão de ruído pelos veículos automotores quanto dos inúmeros carros de som fazendo propaganda dos produtos da região.

3.2.2 Caracterização da área de estudo

Para caracterização da área de estudo foi adotada a metodologia direta (com visitas *in loco*), e indireta, através de pesquisa literária (material textual impresso e digital, registros fotográficos e imagens de satélite).

Através das visitas *in loco* na área de medição foram observados os aspectos morfológicos urbanos, como: características das ruas, avenidas, edificações e pavimentação; além disso, a utilização de registros fotográficos e recursos midiáticos, como vídeos e áudios, auxiliaram e complementaram ainda mais a descrição e caracterização do local de desenvolvimento deste trabalho.

Para caracterizar o cenário acústico, foi utilizado um medidor de nível de pressão sonora para elaboração do mapa de ruído e identificar as principais fontes de ruído que compõem a paisagem sonora local.

A metodologia indireta foi compreendida através de pesquisas em material textual impresso, como jornais, livros e revistas, além de buscas na internet para obtenção de informações e características acerca da área de estudo. As pesquisas se concentravam nos Bairros Norte Ferroviário I e II, além do Centro Histórico de Goiânia, em especial, à região da Rua 44, importante polo comercial e têxtil do Brasil.

Dentre as fontes de consulta utilizadas como material textual impresso, vale destacar os jornais: “O Popular” e “Diário da Manhã”, importantes veículos da história da imprensa goiana, além da obra de Arístides Moysés “*Goiânia: metrópole não planejada*” que propõe um estudo sobre a história e formação da cidade além de refletir sobre o seu papel enquanto espaço de desenvolvimento social (MOYSÉS, 2004).

Nesta pesquisa, os registros fotográficos foram utilizados como instrumentos metodológicos. Segundo Sadraque Oliveira Rios (2016):

“... a fotografia é um recorte da realidade, um corte que promove o congelamento do fluxo do tempo na imagem e, também, um recorte espacial da realidade, através do ângulo, do enquadramento e dos efeitos escolhidos para tratar do tema fotografado (RIOS et al., 2016).

Deste modo, o pesquisador precisa colocar a imagem fotográfica em seu tempo e pensá-la em relação à cultura visual, ao visível, que diz respeito à esfera do poder, à ditadura do olho e à visão relacionada aos instrumentos e às técnicas de observação e aos papéis do observador respaldando assim a importância da fotografia e sua utilização como recurso metodológico (MENEZES, 2013 *apud* MONTEIRO, 2006).

Como foi dito, a área de estudo caracteriza-se como um meio ambiente urbano “conturbado”, aglutinando pessoas, carros e ruídos, desproporcionalmente, em uma mesma região. Com presença de uma estação rodoviária, *shopping center*, diversas lojas comerciais, centro educacional, hospital, uma enorme quantidade de vendedores ambulantes convivendo junto com um intenso tráfego veicular; a região de estudo, localizada no bairro Norte Ferroviário de Goiânia, com destaque para a “região da 44”, destaca-se como o mais importante polo

comercial e têxtil de Goiânia além de ser o segundo maior polo atacadista do Brasil - atrás apenas do Brás em São Paulo (FREITAS, 2017).

A paisagem sonora é formada por inúmeras fontes de ruído. Sons emitidos pelos motores de carros, buzinas, aparelhos de som, instrumentos utilizados em obras de construção civil, gritos esbravejantes de vendedores ambulantes provenientes tanto do solo através de daqueles que disputam mais um lugar ao sol quanto daqueles em cima de caminhões utilizando megafones ou outros aparelhos de som.

Estudos acústicos já foram realizados em Goiânia (SOUZA e PASQUALETTO, 2005; LAURO et al., 2014; COSTA, 2015; OLIVEIRA, 2016) mas nenhum na região da 44. Logo, torna-se imprescindível estudos descritivos e qualitativos mais aprofundados para se obter maior conhecimento acerca do impacto do ruído nas grandes cidades além da importância do monitoramento para formulação de ações mitigatórias ao controle da poluição sonora na Capital goiana, haja visto, a maioria dos outros trabalhos ter sido desenvolvida para ambientes internos ou estudos técnicos ligados à esfera de conhecimento da engenharia.

Além do mais, a avaliação dos impactos de ruído na região se torna uma importante informação para elaboração de um banco de dados sobre os índices de poluição sonora regional, além de contribuir para formulação de diretrizes e medidas de fiscalização e controle da poluição sonora em Goiânia.

A área de estudo está localizada na porção central histórica de Goiânia e compreende uma região pertencente aos bairros: Setor Central e Setor Norte Ferroviário I e II (Figuras 19 e 20). Mesmo sendo uma área notoriamente comercial, a região escolhida apresenta algumas residências antigas, centros educacionais e templos religiosos (Ver fotos da região no Apêndice 2).

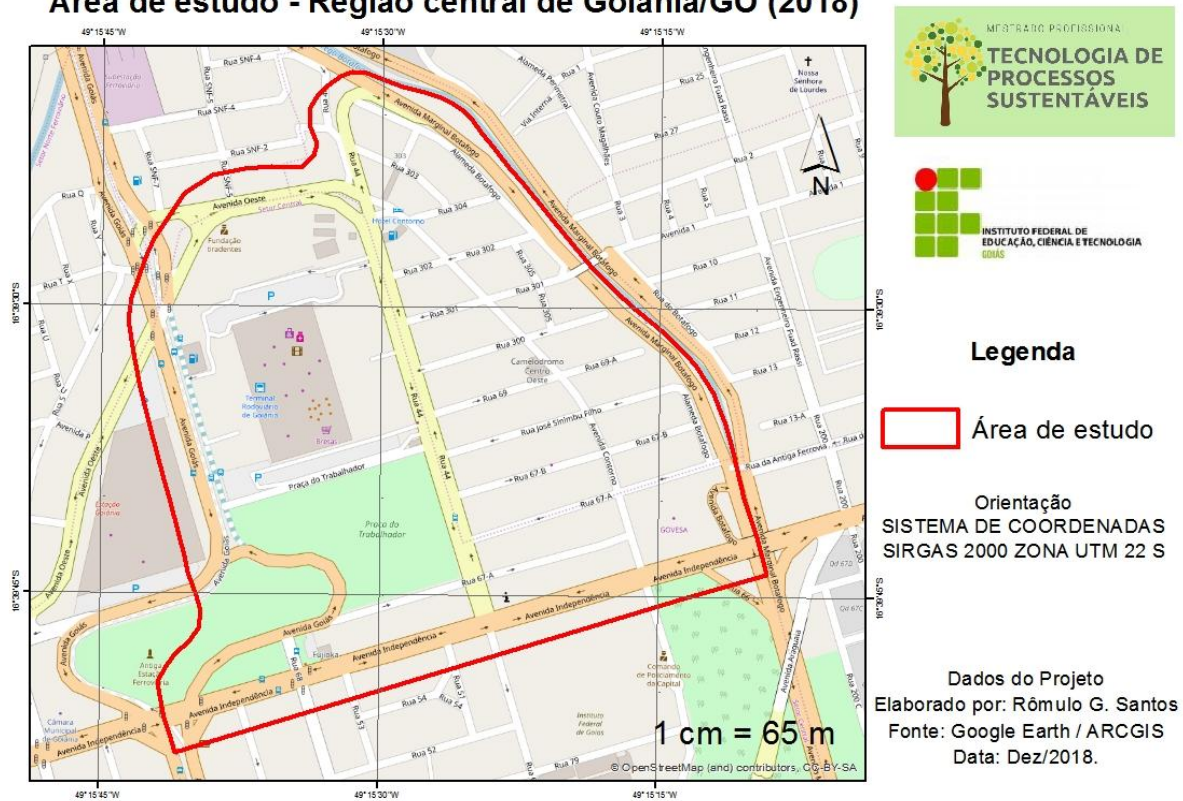
Figura 19 - Delimitação da área de estudo em imagem de satélite.



Fonte: *Google Earth Pro*, Data da imagem: 20/01/2018, Adquirida em: 08/02/2019.

Figura 20 - Delimitação da área de pesquisa em imagem vetorial.

Área de estudo - Região central de Goiânia/GO (2018)



Fonte: *OpenStreetMap (and) contributors*, CC-BY-SA, 2018. Elaborado pelo autor.

O município de Goiânia divide-se em zona rural e urbana. A parte urbana é representada pela Macrozona construída, a qual coincide aos limites do perímetro urbano definido no Plano Diretor de Goiânia (ZEE, 2008). Os dois principais bairros que compreendem a área objeto deste estudo, Setor Central e Norte Ferroviário, estão inclusos nessa Macrorregião e apresentam, segundo dados do IBGE e do MUBDG (Quadro 1), as seguintes características espaciais e demográficas:

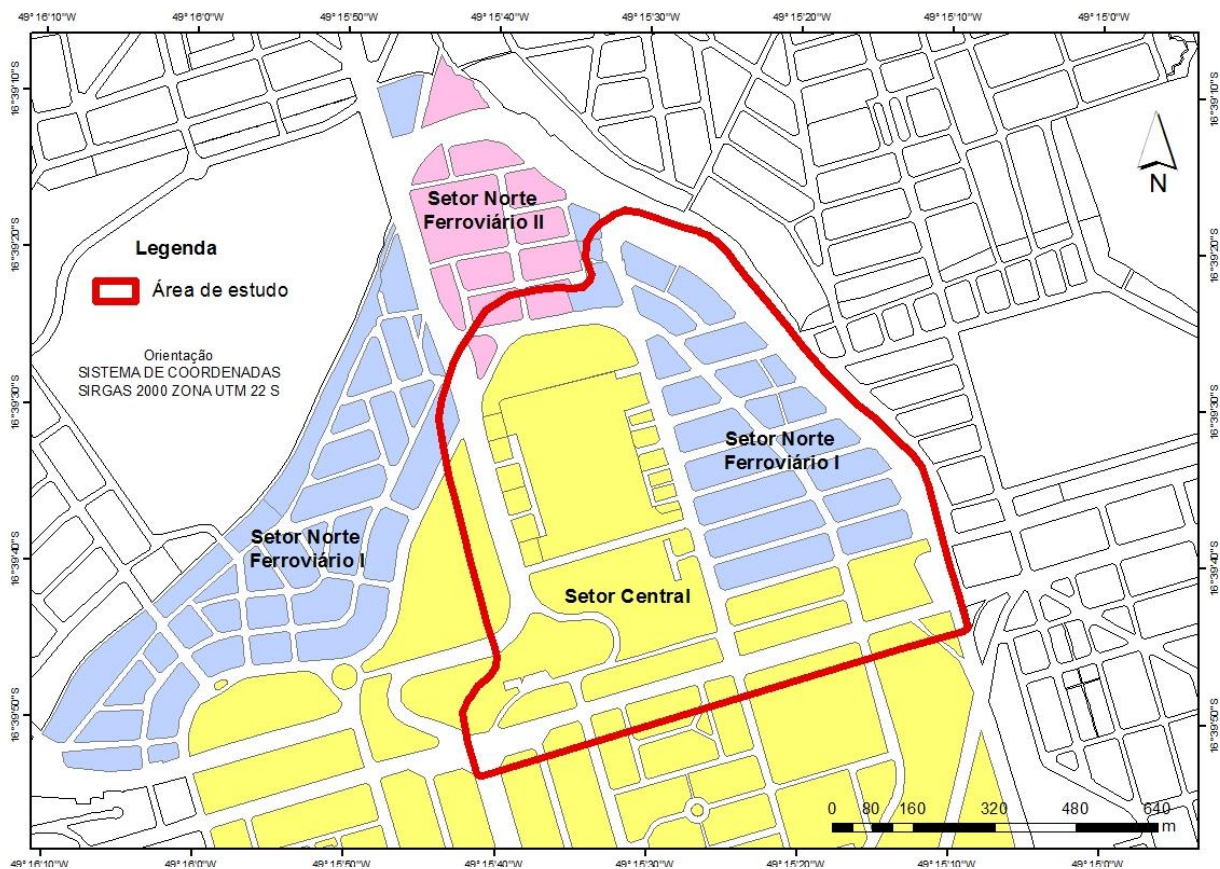
Quadro 1 - Dados espaciais e demográficos dos bairros pertencentes à área de estudos.

Bairro	Área (m²)	População (habitantes)	Densidade demográfica (hab/m²)
Setor Central	3.482.954,15	24.204	0,00694927
Setor Norte Ferroviário I	619.211,55	3.446	0,00556514
Setor Norte Ferroviário II	157.261,93	682	0,00433671

Fonte: IBGE (2010); MUBDG (2016), elaborado pelo próprio autor.

O Setor Norte Ferroviário é um bairro que se localiza na região central da cidade e subdivide-se em duas regiões, nomeadas de Norte Ferroviário I e Norte Ferroviário II (Figura 21). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), divulgados pela Prefeitura de Goiânia, no Censo 2010, a soma do número de habitantes das duas regiões do Norte Ferroviário compreende mais de quatro mil pessoas (Quadro 1). O nome do bairro é uma referência à antiga linha férrea que passava dividindo a região entre o centro e o norte de Goiânia. É um dos bairros mais antigos da cidade e surgiu após a ocupação de vários moradores durante o *boom* populacional que Goiânia viveu no início da década de 50 (CARELLI, 2016).

Figura 21 - Bairros pertencentes à área de estudo: Setor Central e Norte Ferroviário I e II.



Fonte: MUBDG (2016), elaborado pelo autor.

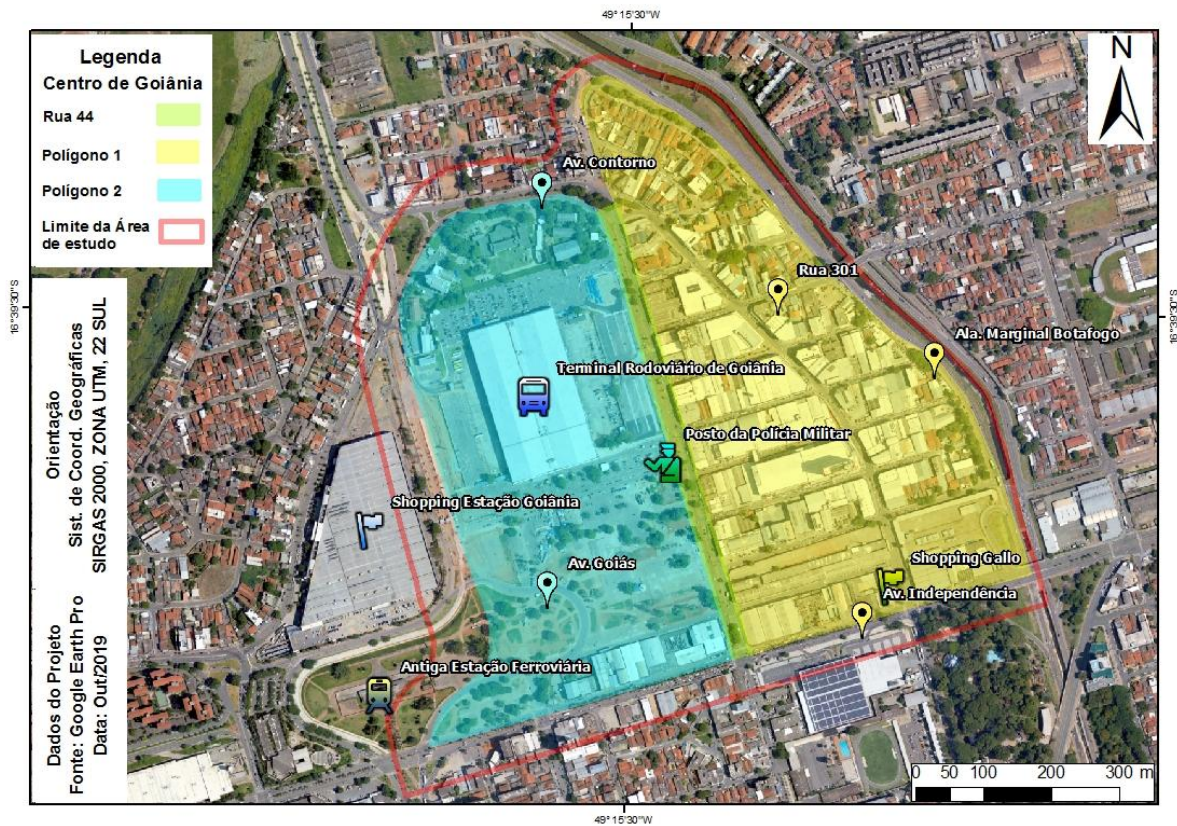
O bairro foi regularizado, de fato, em 1953, um ano após a construção da linha férrea da cidade. A população predominante, à época, era de baixa renda. Atualmente, o bairro abriga o Terminal Rodoviário de Goiânia e, no mesmo local, o centro de compras Araguaia *shopping*, o qual, para a sua construção, foi empregado uma grande quantidade de recursos e mão de obra (MOYSÉS, 2016).

O bairro norte ferroviário é um setor que contempla diversos pontos da política de desenvolvimento da cidade, como: economia, turismo, educação e comercialização de vários produtos. Hoje em dia, o bairro abriga poucos moradores, no entanto, apresenta um intenso fluxo migratório de pessoas advindas de inúmeras regiões do país em busca da grande variedade de produtos oferecidos e, principalmente, dos preços baixos.

3.2.3 Divisão da área de estudo

Para facilitar o desenvolvimento desta pesquisa, a área de estudo foi dividida em dois grandes polígonos, com base na principal via objeto deste estudo, a Rua 44 (Figura 22).

Figura 22 - Divisão da área de estudo em polígonos.



Fonte: Google Earth Pro, 2019.

O polígono 1 (em amarelo), com uma área de 26,3 ha, está delimitado a oeste pela Rua 44, de norte a leste pela Marginal Botafogo e a sul, pela Avenida Independência. A região é formada pelo comércio da Rua 44, lojas comerciais, galerias e *shopping centers* presentes na Avenida Contorno, dentre outras encontradas nas ruas adjacentes. Há um intenso fluxo de carros e pessoas, barracas de vendedores ambulantes, incidência de congestionamento e de uma expressiva emissão de ruídos provenientes de fontes diversas.

O polígono 2 (em azul), com uma área de 24,7 ha, encontra-se delimitado a oeste pela Avenida Goiás Norte (com destaque para o *shopping* Feira da Estação), a leste pela Rua 44, a norte pela Avenida Oeste e a sul pela Avenida Independência. Caracteriza-se pela presença do Terminal Rodoviário de Goiânia, o qual funciona concomitantemente com o Araguaia *shopping*, além da presença da maior e mais antiga feira ao ar livre de Goiânia, a Feira Hippie, realizada no espaço aberto da Praça do Trabalhador onde também se localiza a Antiga Estação Ferroviária de Goiânia (PREFEITURA DE GOIÂNIA, 2018). Os dados geométricos dos dois polígonos, além do que representa a Rua 44, podem ser conferidos na Tabela 7.

Tabela 7 - Dimensões espaciais dos dois polígonos e da Rua 44.

MEDIDAS	Polígono 1	Polígono 2	Rua 44
Perímetro	2,34 km	2,23 km	1,45 km
Área	26,3 ha	24,7 ha	1,86 ha
Comprimento	739,0 m	649,0 m	666,0 m
Largura	330,0 m	394,0 m	28,5 m

Fonte: *Google Earth Pro*, 2018.

O polo comercial de confecção da Rua 44 é o segundo maior do Brasil. Abriga 13 mil lojas em uma região bem pequena, formada por nove ruas e duas avenidas, sendo que, as duas vias principais (Rua 44 e Avenida Contorno) regem todo o movimento de pedestres, comerciantes e automóveis na região. Caracterizada como um verdadeiro *hotspot* do comércio de rua de Goiânia, a 44 apresenta pontos com expressivo nível de intensidade sonora, em que o ruído é bastante perceptível tanto nas calçadas das ruas em que vemos vendedores ambulantes oferecendo seus produtos quanto dentro das galerias e *shoppings* através de amplificadores acústicos.

Para um melhor fluxo de veículos e pedestres na região, em 2019, a Prefeitura de Goiânia, por intermédio da Secretaria Municipal de Transito, Transporte e Mobilidade (SMT), modificou a direção do fluxo de “mão dupla” para “mão única” no sentido sul-norte. Conforme a Secretaria Municipal de Trânsito de Goiânia, a intenção é fazer o mesmo com a Rua 44, só que, em sentido oposto. No espaço compreendido pelas nove ruas que compreende a região, quatro devem receber calçamento para priorizar o pedestre em suas compras.

No interior das quadras, imensos galpões subdivididos internamente em boxes podem ser encontrados, e variam, desde boxes minúsculos com apenas um comerciante, até boxes maiores, ocupados por lojas mais tradicionais com vários funcionários existentes. Alguns galpões são mais sofisticados, apresentam lanchonetes internas, ar condicionado, com ruas mais espaçosas e se assemelham realmente a *shoppings center*; outros, são galerias mais populares, em estrutura de galpões, com corredores mais estreitos e boxes bastante pequenos, ocupados normalmente com apenas um funcionário.

3.2.4 Classificação da área de estudo conforme Instrução Normativa nº 26/2008 (AMMA)

Para caracterização da poluição sonora, e conseqüente, avaliação dos níveis de ruído aferidos na área de estudo foi preciso classificar a região de maneira que se pudessem ter os limites de ruído permitidos para cada ponto. Para tanto, foi utilizada como parâmetro delimitador, o que estabelece a Norma NBR 10.150/2000 (ABNT, 2000), sobre o Nível Crítico de Avaliação (NCA) a qual foi determinado com base na legislação ambiental específica vigente no município de Goiânia.

Foi utilizada como parâmetro a Instrução Normativa nº 26 da Agência Municipal do Meio Ambiente (AMMA), de 18 de agosto de 2008 (Anexo III) que dispõe acerca dos limites de ruído permitidos para cada área socioeconomicamente classificada com base na regulamentação de controle das atividades não residenciais e dos parâmetros urbanísticos estabelecidos pelo Plano Diretor para a Macrozona Construída de Goiânia (GOIÂNIA, 2008b).

Segundo a instrução, sintetizada no Quadro 2, na “**Zona hospitalar**”, por exemplo, o nível de ruído não deve ultrapassar 50 dB (A) no período diurno e 45 dB (A) no período noturno. Já na região denominada de “**Centro da Capital**”, os limites são de 65 dB (A) durante o dia e, 55 dB (A), durante a noite (região esta com os maiores índices de ruídos permitidos). Por fim, para a região classificada como “**Zona residencial**”, a tolerância máxima é de 55 dB (A) durante o período diurno e 50 dB (A) durante o noturno (AMMA, 2008). Para o estudo em questão, a área encontra-se totalmente classificada dentro da Zona “Centro da Capital”.

Quadro 2 - Níveis aceitáveis de som ou ruído - Instrução Normativa nº 26/2008.

Área	Período	Decibéis
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

Fonte: GOIÂNIA, 2008. Adaptado pelo próprio autor.

3.2.5 Aquisição e preparação das imagens

Como a área de estudo é uma região urbana rica em detalhes, apenas uma única imagem não conseguia demonstrar com nitidez todos os objetos a serem visualizados. Dessa forma, para uma melhor visualização das vias, faixas de sinalização e edificações, foi necessário realizar um mosaico das imagens *raster* para que o resultado fosse uma imagem com melhor resolução espacial. Logo, foram necessárias seis imagens de satélite, através da plataforma do *Google Earth Pro*, para compor toda a cena. As imagens foram todas adquiridas com as mesmas configurações:

- Escala 1: 270 m
- Altitude: 1.170 m
- Data de aquisição: 23/07/2018.
- Sistema de Referência: WGS 84

Todas foram salvas no formato “.jpeg” com resolução de espacial de 4.800 x 2.224 pixel e georreferenciadas no *software* QGis, para construção do mosaico. Foram utilizados 5 pontos de controle para cada imagem. Erro médio residual encontrado foi menor que 0,5 pixel. O mosaico foi salvo no sistema de referência SIRGAS 2000 UTM ZONE 22 SUL (Figura 23).

Figura 23 - Mapa da área de estudos na imagem mosaica.

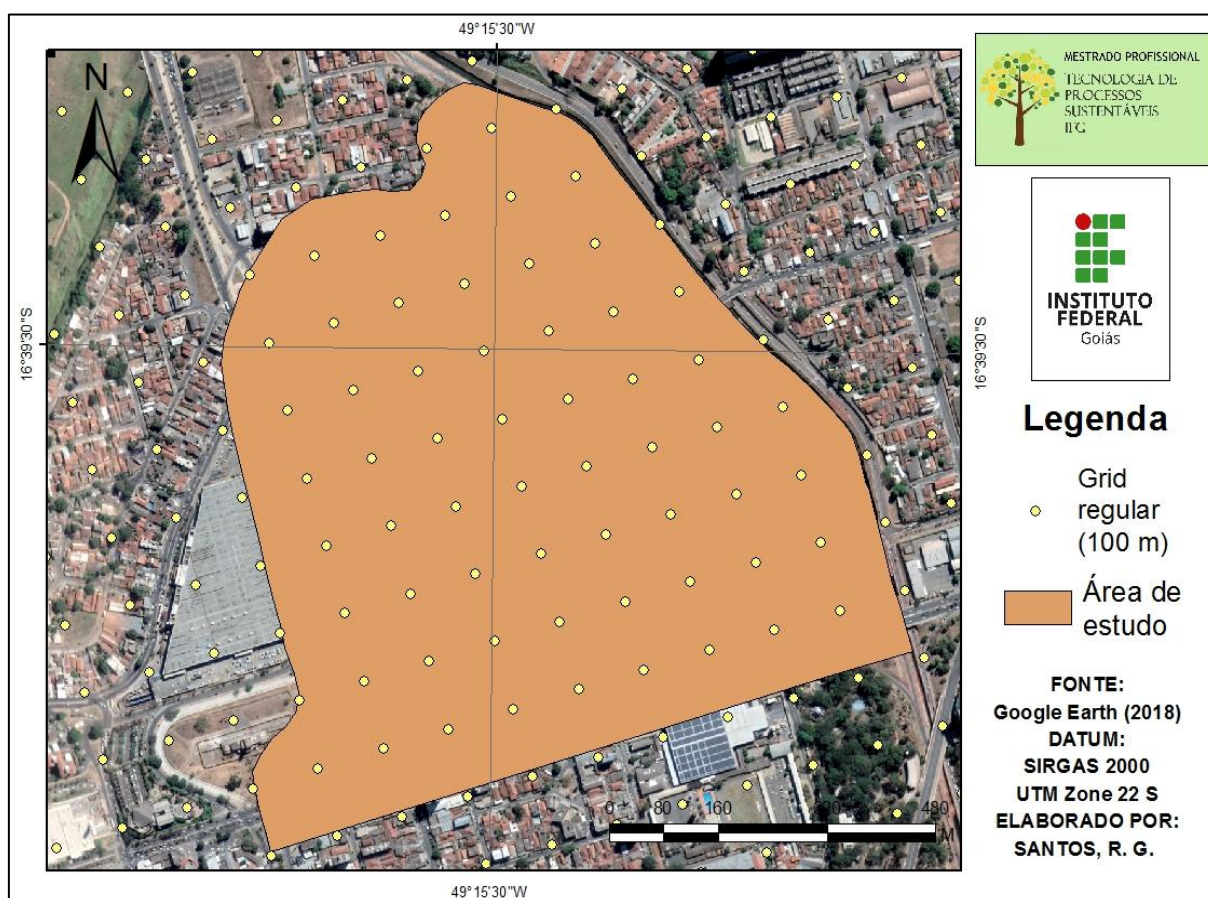


Fonte: *Google Earth*, 2018. Elaborado pelo autor.

3.2.6 Amostragem

Através da ferramenta de extensão “*Hawthh’s tools*” do *software* ArcGIS, foi elaborado um *grid* regular de 100 m de distância de um ponto a outro para melhor distribuir e selecionar os pontos de amostragem na área de estudo. Dessa forma, foi estabelecido um critério científico para amostragem da área de estudo, e assim, pode-se posicionar os pontos de medição de dados de forma padronizada, conforme apresentado na Figura 24.

Figura 24 - Distribuição amostral dos pontos de coleta segundo malha regular de 100 m.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

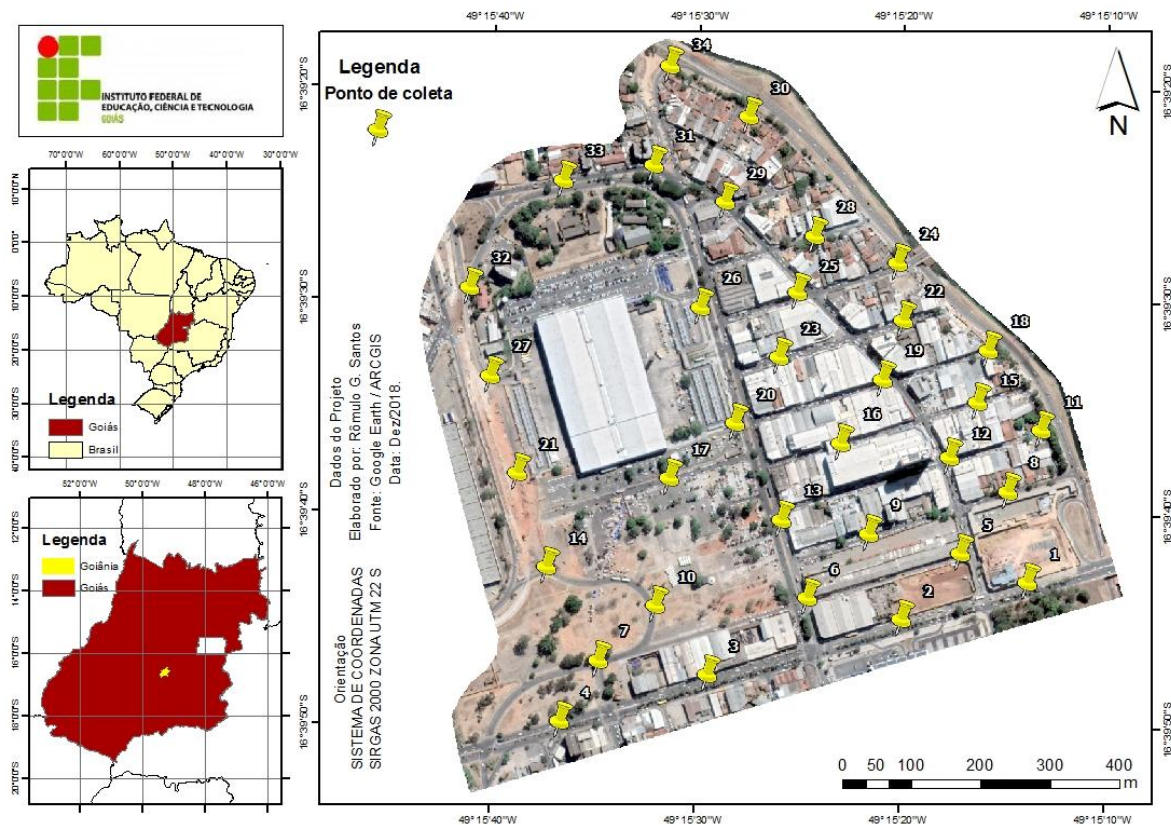
Após a sobreposição da malha regular sobre a imagem do *Google Earth*, os pontos distribuídos foram manualmente selecionados e minuciosamente avaliados de forma a eliminar àqueles que estivessem fora da área de estudo, ou dentro, porém, localizados em locais inviáveis de serem avaliados, como sobre telhados, nas copas das árvores ou no meio das vias de tráfego e preservar aqueles que estivessem dentro da área de estudo, mas em locais passíveis de serem avaliados, como calçadas, por exemplo.

A escolha da distância mínima de 100 m entre os pontos para elaboração da malha regular não só atende as recomendações da NBR 10.151/2000 para realização de medições de ruído em ambientes externos como também assegura uma maior flexibilidade na definição e posicionamento dos pontos de aferição de ruído caso sejam encontrados pontos comprometidos, localizados sobre obstáculos ou próximos a superfícies refletoras.

O posicionamento, por fim, foi realizado de forma a minimizar a interferência de pedestres ou de veículos que porventura pudessem parar ou estacionar defronte aos referidos locais. Desta forma, alguns pontos foram deslocados para se permitir a coleta, sendo que, sempre que possível, foi mantida a localização segundo a malha definida.

Os 34 pontos amostrais definidos ficaram geograficamente distribuídos segundo mapa da Figura 25.

Figura 25 - Distribuição dos 34 pontos de medição de ruído na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A distância entre um ponto de medição e seus pontos circunvizinhos variou de aproximadamente 100 até cerca de 800 metros, conforme as configurações urbanísticas do local, como extensão dos quarteirões e intersecção por vias, ou mesmo, devido a obstáculos físicos encontrados pelo caminho. No mapa da Figura 23, por exemplo, o ponto 4, localizado na Av. Independência, está a 105,11 m distante do ponto 7 (na Av. Goiás), que por outro lado, está a 810,46 m afastado do ponto 31 (no final da Rua 44).

3.2.7 Posicionamento e coordenadas dos pontos para coleta de dados

Os 34 pontos geolocalizados e definidos após amostragem foram confrontados e corroborados através da ferramenta “Street View” do *Google Earth*. Cada ponto escolhido para aferir os níveis de pressão sonora foi “visitado” para se conferir suas coordenadas geográficas adquiridas pela plataforma bem como confirmar se sua localização estava realmente

no local do ponto visitado durante as coletas *in loco*. As coordenadas geográficas adquiridas em cada ponto foram correlacionadas abaixo (Tabela 8) no sistema de projeção *Universal Transverso de Mercator (UTM)* o qual é baseado na projeção cilíndrica transversa.

Tabela 8 - Coordenadas geográficas dos 34 pontos localizados na área de estudo.

Ponto	LONG_UTM (m) E	LAT_UTM (m) S
1	686219	8157026
2	686036	8156973
3	685756	8156893
4	685541	8156826
5	686122	8157068
6	685901	8157004
7	685597	8156914
8	686190	8157158
9	685989	8157097
10	685681	8156993
11	686239	8157246
12	686107	8157208
13	685863	8157117
14	685522	8157049
15	686147	8157287
16	685948	8157228
17	685701	8157177
18	686163	8157362
19	686009	8157320
20	685796	8157257
21	685480	8157185
22	686039	8157406
23	685860	8157352
24	686031	8157489
25	685886	8157446
26	685746	8157425
27	685441	8157326

Continua na próxima página...

Tabela 8 - Coordenadas geográficas dos 34 pontos localizados na área de estudo (Continuação).

Ponto	LONG_UTM (m) E	LAT_UTM (m) S
28	685912	8157528
29	685781	8157577
30	685816	8157700
31	685679	8157631
32	685412	8157454
33	685548	8157609
34	685702	8157774

Fonte: Próprio autor (2018).

A ferramenta “*Street View*” tem como fundamento a utilização de imagens obtidas de carros adaptados com câmeras que andam pelas ruas fazendo fotografias dos lugares em 360°. Dessa forma, o usuário pode ter uma percepção do ambiente como se estivesse no próprio local (FREISLEBEN e KAERCHER, 2014). Através deste recurso e do conhecimento prévio da região, foi elaborada uma tabela com a descrição e caracterização de cada ponto de coleta visitado na área de estudo (Tabela 9).

Tabela 9 - Caracterização e descrição dos 34 pontos aferidos na área de estudo.

PONTOS	DESCRIÇÃO
001	Av. Independência ao lado da construção do Polo Mega Moda.
002	Av. Independência, ao lado da construção do <i>Shopping</i> Galo e de um ponto de ônibus.
003	Av. Independência com presença de um ponto de ônibus.
004	Av. Independência com presença de um semáforo no cruzamento com a Av. Goiás.

Continua na próxima página...

Tabela 9 - Caracterização e descrição dos 34 pontos aferidos na área de estudo (Continuação).

PONTOS	DESCRIÇÃO
005	Rua 67-A com Av. Contorno, ao lado de obras de construção do <i>Shopping Mega Moda</i> .
006	Rua 67-A com Rua 44, ponto localizado no canteiro, anterior ao semáforo do cruzamento da Rua 44 com Av. Independência, presença de um intenso e lento fluxo de veículos, além de muitos vendedores ambulantes na ruas.
007	Rua 67-A com Av. Goiás, ponto localizado em espaço aberto ao lado da Praça do Trabalhador (vegetação rasteira).
008	Rua 67-A, ponto localizado na calçada, no meio da quadra e com baixo fluxo de veículos.
009	Rua 67-A, ponto localizado na calçada, no meio da quadra e com baixo fluxo de veículos.
010	Av. Goiás, ponto localizado em espaço aberto ao lado da Praça do Trabalhador (vegetação rasteira).
011	Rua 67-B com Av. Botafogo, ponto localizado no final da rua (sem saída).
012	Rua 67-B com Av. Contorno, presença de intenso fluxo de veículos.
013	Rua 67-B com Rua 44, ponto localizado no canteiro, anterior ao semáforo do cruzamento da Rua 44 com Av. Independência, presença de um intenso e lento fluxo de veículos, além de muitos vendedores ambulantes na ruas.
014	Av. Goiás, ponto localizado em área com trânsito interrompido devido às obras do BRT.
015	Rua José Sinimbu Filho, ponto localizado na calçada, no meio da quadra, com baixo fluxo de veículos e muitos vendedores ambulantes.
016	Rua José Sinimbu Filho, ponto localizado na calçada, no meio da quadra, com intenso comércio de rua e obras de construção da Galeria Fashion.
017	Viela da Rua 44, ponto localizado em espaço aberto ao lado do estacionamento do Araguaia <i>shopping</i> .
018	Rua 69, ponto localizado no final da rua (sem saída).

Continua na próxima página...

Tabela 9 - Caracterização e descrição dos 34 pontos aferidos na área de estudo (Continuação).

PONTOS	DESCRIÇÃO
019	Rua 69 com Av. Contorno
020	Rua 69 com Rua 44
021	Av. Goiás, ponto localizado em área com trânsito interrompido devido às obras do BRT.
022	Rua 300, ponto localizado no meio da quadra, com intenso comércio de rua e fluxo lento de veículos.
023	Rua 300, ponto localizado na faixa de rolamento devido à dificuldade de se encontrar espaço livre na calçada. Presença de inúmeras bancas de vendedores ambulantes, lojas comerciais e galerias de roupas.
024	Rua 301, ponto localizado em cima da calçada, no final da rua com intenso fluxo de veículos leves e pesados (saída de ônibus rodoviário) e ao lado Marginal Botafogo.
025	Rua 301 com Av. Contorno, ponto localizado em cima da calçada, intenso fluxo de veículos leves e pesados (saída de ônibus rodoviário).
026	Rua 44, ponto localizado na saída do Araguaia <i>shopping</i> , próximo ao local de entrada/saída (leste) de ônibus rodoviário.
027	Av. Goiás, ponto localizado na saída do Araguaia <i>shopping</i> , próximo ao local de entrada/saída (oeste) de ônibus rodoviário e obras do BRT.
028	Rua 302, ponto localizado na calçada, com intenso fluxo de veículos e ao lado de obras de reforma do Feirão dos Camelôs da 44.
029	Rua 304, região intenso comércio, vendedores ambulantes nas ruas e baixo fluxo de veículos.
030	Av. Botafogo, ponto localizado em rua de baixo fluxo de veículos, ao lado da Marginal Botafogo.
031	Rua 44 com Av. Contorno e Av. Oeste, ponto localizado na calçada de encontro de 3 vias, com intenso e lento fluxo de veículos leves e pesados, presença de Hotéis, restaurantes, lojas comerciais, além de muitos vendedores ambulantes.

Continua na próxima página...

Tabela 9 - Caracterização e descrição dos 34 pontos aferidos na área de estudo (Continuação).

PONTOS	DESCRIÇÃO
032	Av. Goiás com Av. Oeste, intenso fluxo de veículos leves e pesados, tráfego lento devido às obras do BRT.
033	Av. Oeste, em frente ao Centro de Referência em Saúde do Trabalhador (CE-REST).
034	Rua 44 com Av. Botafogo, ponto bem ao lado da Marginal Botafogo.

Fonte: Próprio autor.

3.2.8 Determinação do horário de coleta e Nível Critério de Avaliação (NCA)

Para determinação do horário de realização das medições *in loco* nos 34 pontos distribuídos no mapa, primeiramente, foi necessário, avaliar as possibilidades de estudo da área sob a perspectiva da variável tempo. Foi preciso fixar esta variável para se estabelecer um critério ou padrão para seleção das amostras do ruído no universo amostral tão complexo deste fator, apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Definição da variável tempo para pesquisa.

Tempo	Unidade	Selecionados
1 Ano	12 Meses	Agosto/Setembro/Outubro*
1 Mês	4 Semanas	Todas
1 Semana	7 Dias	Todos, exceto sábado e domingo
1 Dia	24 Horas	Conforme metodologia específica elaborada pelo autor: período das 6 às 18 horas**

* Período de seca e menor incidência de intempéries climáticas.

** Amostragem realizada durante todo o mês de setembro e parcialmente nos meses de agosto e outubro.

Fonte: Próprio autor.

Para determinação do horário das coletas, foram utilizados dois critérios como parâmetros para se definir o Nível Critério de Avaliação (NCA): o expresso pela normativa NBR 10.151/2000 da ABNT e o expresso pela legislação ambiental específica da AMMA, Instrução Normativa nº 26/2008, pensada na Lei Complementar nº 132/2004 (Anexo III).

O resultado desta avaliação foi a determinação do horário de coletas aplicado especificamente para a área de estudo localizada na zona “Centro da Capital”. O período de

horário definido foi o diurno, durante o intervalo de tempo de 7 às 22 horas, nos dias de meio da semana (Quadro 4)

Quadro 4 - Nível Critério de Avaliação (NCA) definido para a área de estudo.

Dias	Período	Horário ^{1,2}	NBR ¹	AMMA ²	NCA ³
Meio de semana	Diurno	7 a 22	60	65	65
	Noturno	22 a 7	55	55	55
Domingo e feriados	Diurno	9 a 22	60	65	65
	Noturno	22 a 9	55	55	55

¹ (L_{Aeq}) em [dB (A)] para "Área mista, com vocação comercial e administrativa", segundo NBR 10.151:2000 da ABNT.

² (L_{Aeq}) em [dB (A)] para "Área no Centro da Capital", segundo Lei Complementar nº 132/2004 da AMMA.

³ Nível Critério de Avaliação (NCA) aplicado para a área e o horário da medição na área de estudo.

Fonte: Próprio autor.

Como o período diurno, segundo a NBR 10.151:2000, é muito longo mas representa o momento em que a maioria das atividades diárias dos cidadãos acontece, foi realizada uma subdivisão de um dia (com intervalo de 24 horas) em quatro faixas temporais de seis horas para melhor ser estudado e avaliado, com as seguinte nomenclatura: "Manhã", "Tarde", "Noite" e "Madrugada". No caso, o período diurno, compreende as três primeiras faixas temporais: "Manhã", "Tarde" e "Noite", sendo eliminado o período da Madrugada, entre 00:01 e 6:00. Além do mais, por razões de segurança em realizar medições no período "Noturno", este, por sua vez, também não foi avaliado (Quadro 5).

Dessa forma somente os turnos matutino ("Manhã") e vespertino ("Tarde") foram definidos para se aferir os níveis de pressão sonora. O intervalo de tempo, duração de cada um e quantidade de visitas realizadas no final da pesquisa estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Intervalo de tempo, duração e quantidade de visitas realizadas em cada período do dia.

Período	Legenda	Período (h)	Duração (h)	Qntd. de visitas
Manhã	MAT	06:01 - 12:00	6	57
Tarde	VESP	12:01 - 18:00	6	65
Noite	NOT	18:01 - 00:00	6	NA*
Madrugada	-	00:01 - 06:00	6	NA*

*NA - Não avaliado

Fonte: Próprio autor.

3.2.9 Procedimentos metodológicos para coletas de campo

Para avaliação da poluição sonora, foi utilizado as especificações estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da norma técnica NBR-10.151 e ISO-1996, Parte 1 e Parte 2. Os procedimentos metodológicos preceituados pela norma, acrescidos de algumas adaptações conceituais, estão discriminados a seguir:

1. Calibração dos instrumentos;
2. Verificação e checagem dos equipamentos;
3. Instalação do equipamento;
4. Execução da coleta;
5. Processamento de dados via *software* específico (ex.: Excel®);
6. Análise e discussão dos resultados;
7. Conclusões.

Realizada a caracterização e divisão da área de estudo, definidos a posição dos pontos de amostragem e preparadas as imagens da área, deu-se início à coleta de dados em campo propriamente dita. Os dados coletados servirão para obtenção de 3 índices básicos: Níveis de Pressão Sonora (NPS) aferidos do ambiente, Contagem do Fluxo de Veículos (CFV) e Velocidade Média do Fluxo de Tráfego (VMFT), descritas a seguir:

3.2.10 Coleta de dados

Após definido o horário de coletas associado ao Nível Critério de Avaliação (NCA) para área de estudo além foram realizadas as aferições dos níveis de pressão sonora em campo com base nos procedimentos metodológicos prescritos para a realização da mesma, segundo normativa da ABNT.

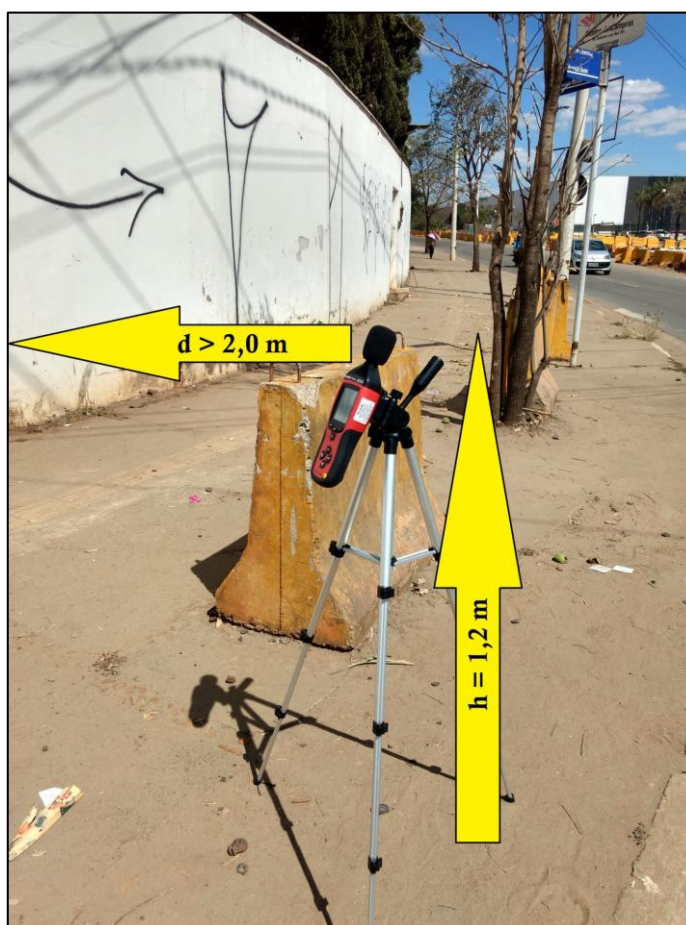
3.2.10.1 Coleta dos Níveis de Pressão Sonora (NPS)

A coleta dos níveis de pressão sonora foi realizada durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro, em dias de semana comuns (segunda, terça, quarta, quinta e sexta-feira), no período de 29/08/2018 a 02/10/2018 através de registro manual dos resultados dos NPS aferidos pelo decibelímetro em uma planilha (Apêndice II). O horário definido para medição dos NPS corresponde ao período diurno entre 6 e 18 horas.

As medições foram executadas com o decibelímetro modelo DEC-490 da marca INSTRUTHERM e o calibrador acústico digital modelo CR-2 da marca CRIFFER. Este foi utilizado para checagem antes e após cada coleta para harmonização da frequência no aparelho com a realizada durante a medição. Ambos os equipamentos, medidor e calibrador, foram regulados e calibrados conforme determina as especificações da norma NBR/ISO/IEC 17.025 de 2005 (ABNT, 2005) pela empresa CRIFFER. (Certificados no Anexo I e II).

O aparelho foi posicionado no tripé a 1,20 m do solo, distante no mínimo 2,00 m das superfícies refletoras como paredes de edificações, por exemplo (Figura 26), e colocado, quando possível, em direção aos ventos dominantes para não criar barreira, conforme determina a norma NBR 10.151 (ABNT, 2000).

Figura 26- Dimensões recomendadas para instalação do tripé com o decibelímetro.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos canteiros, como os presentes na Rua 44, por exemplo, o aparelho foi posicionado no seu alinhamento para captar o ruído dos dois sentidos da via. Já nas calçadas, foi colocado perpendicularmente à via para minimizar os efeitos de reverberação das ondas sonoras nos dados coletados.

O decibelímetro foi configurado em modo de resposta *fast* o qual efetua registros de dados a cada 1 segundo e também configurado para realizar a leitura do nível de pressão sonora do meio a cada 5 s. Logo, a taxa de leitura de ruído foi de 12 aferições/min.

Para determinação do tempo de duração da amostragem em cada ponto, foi consultado na literatura alguns trabalhos para poder se determinar o tempo ideal de duração de cada coleta. Segundo Hansen (2005)¹⁴ *apud* Oliveira (2017) recomenda-se que as medições sonoras tenham uma duração entre 10 a 15 minutos, porém inúmeros trabalhos científicos publicados trazem uma variação com amplitude maior, de 30 segundos a 45 minutos (NAGEM, 2004). Nesta pesquisa foi adotado o tempo de duração de amostragem de 11 minutos em cada ponto, gerando 132 registros de NPS do ambiente para determinação do ruído ambiental.

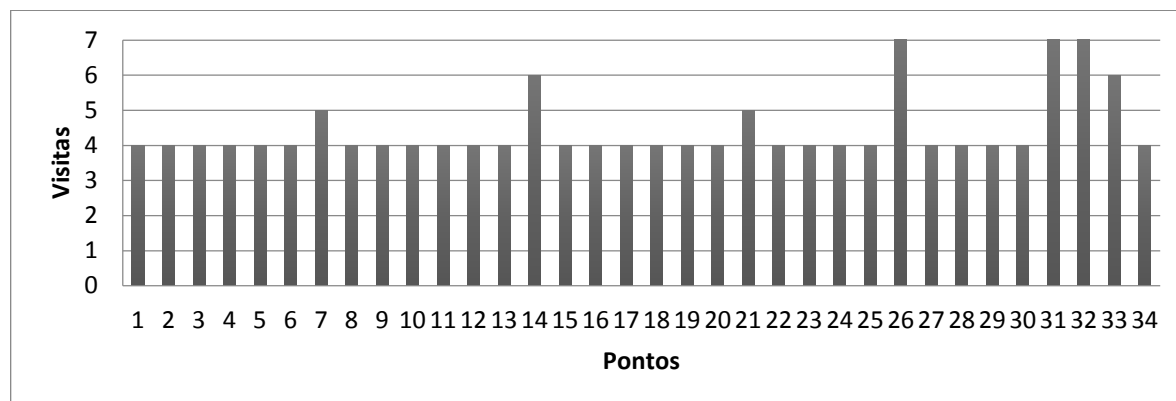
O ruído ambiental urbano é formado pelo conjunto de ruídos de diversas fontes e potências variadas em um determinado espaço e período de tempo específicos (GERGES, 2006; COSTA, 2015). É representado por um valor único obtido a partir do cálculo do nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}) em dB, o qual, registrado na curva de ponderação “A”, passa a denominar-se L_{Aeq} (ABNT, 2000).

A fim de se evitar a influência de sons indesejados como vento, ruído de interferências elétricas ou proveniente de intempéries climáticas, não foram realizadas coletas de dados nos dias em que ocorreram, ou mesmo fossem previamente perceptíveis, estas eventualidades, visando assim sempre garantir a segurança da pesquisa e a manutenção do perfeito estado de vida útil dos equipamentos.

Após caracterização dos 34 pontos de aferição dos NPS distribuídos na área de estudo, todos com distância mínima de 100 metros entre eles, posicionados tanto nas calçadas quanto nos canteiros das vias de tráfego, caracterizados conforme Tabela 10, foi realizada as visitas para a coleta de dados. A escolha dos pontos visitados não seguiu uma ordem pré-estabelecida. As coletas foram realizadas através de trajetórias aleatórias, o que resultou em pontos com muito mais de quatro visitas realizadas (alguns obtiveram até 7 visitas) como pode-se observar no gráfico da Figura 27.

¹⁴ HANSEN, C. H. **Noise control: from concept to application**. New York USA: Taylor e Francis, 2005.

Figura 27 - Quantidade de visitas realizadas em cada ponto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Deste modo, mesmo tendo obtidos muitos valores de NPS em um mesmo ponto, para uniformizar a pesquisa e não prejudicar o cálculo do L_{Aeq} com quantidade e valores de amostras discrepantes, a média foi realizada utilizando-se apenas as 4 primeiras amostras coletadas em cada ponto, sendo elas: as duas primeiras do período matutino e as duas primeiras do período vespertino.

3.2.10.2 Contagem do Fluxo de Veículos (CFV)

Simultaneamente às medições dos níveis de pressão sonora, foi realizada manualmente a contagem do fluxo de veículos a partir de observação visual e registro em uma planilha em branco (Apêndice III). Os veículos automotivos foram todos classificados em 3 categorias segundo porte e definição constantes no Código de Trânsito Brasileiro de 1997 (BRASIL, 1997). As classificações definidas foram as seguintes: motocicletas, veículos leves (carros e caminhonetes de pequeno porte) e veículos pesados (caminhões e ônibus).

A contagem dos veículos foi realizada durante o mesmo período de coleta de ruído, sendo o tempo de duração da observação o mesmo de medição dos NPS, ou seja, 11 minutos. Foram registradas todas as vias pertencentes à área de estudos - até as que não tiveram pontos de medição inseridos. A relação apresenta o nome da via, a velocidade máxima permitida (em Km/h) conforme classificação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 1997), o ponto de medição e a quantidade absoluta de veículos observados, leves ou pesados. Os resultados de ambos os períodos, matutino e vespertino, foram organizados em duas tabelas de dados (Tabela 10 e 11, respectivamente) apresentadas a seguir:

Tabela 10 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV) - Período Matutino.

Contagem de veículos - MATUTINO											
VIAS	V. Máx. (Km/h)	Pts.	1ª Mês (Agosto/2018)			2ª Mês (Setembro/2018)			3ª Mês (Outubro/2018)		
			Dias: 29, 30 e 31/08/18			Dias: 03, 14, 20, 24 e 25/09/18			Dias: 01 e 02/10/18		
			VL	VP	Motos	VL	VP	Motos	VL	VP	Motos
Avenida Botafogo	60	11	12	1	6	10	0	8	10	2	2
Avenida Botafogo	60	24	13	2	4	9	2	6	16	1	4
Avenida Botafogo	60	30	8	4	2	8	2	3	20	2	6
Avenida Botafogo	60	34	Repetido								
Avenida Contorno	60	5	186	11	48	111	4	45	96	4	32
Avenida Contorno	60	12	158	10	13	146	4	23	102	2	42
Avenida Contorno	60	19	204	12	36	208	15	36	118	9	26
Avenida Contorno	60	25	206	5	27	180	4	37	126	10	27
Avenida Contorno	60	31	Repetido								
Avenida Contorno	60	29	86	6	12	88	8	23	92	12	18
Avenida Goiás	40	7	134	12	18	140	9	27	112	16	23
Avenida Goiás	40	10	106	32	60	200	16	52	202	26	37
Avenida Goiás	40	14	Interditado								
Avenida Goiás	40	21	Interditado								
Avenida Goiás	40	27	16	18	6	12	12	22	67	9	18
Avenida Independência	60	1	237	17	65	212	17	60	209	15	103
Avenida Independência	60	2	229	9	70	189	18	65	123	12	94
Avenida Independência	60	3	236	18	55	137	15	52	132	13	92
Avenida Independência	60	4	232	12	36	204	16	31	206	20	56
Avenida Oeste	60	31	Repetido								
Avenida Oeste	60	32	187	12	90	134	18	54	126	12	76
Avenida Oeste	60	33	96	18	64	106	6	67	130	10	82
Marginal Botafogo	80	-	Não avaliado								
Rua 300	30	22	8	0	5	11	1	6	8	0	3
Rua 300	30	23	6	1	3	13	0	4	6	0	6
Rua 301	30	24	Repetido								

Continua na próxima página...

Tabela 10 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV) - Período Matutino (Continuação).

Contagem de veículos - MATUTINO											
VIAS	V. Máx. (Km/h)	Pts.	1ª Mês (Agosto/2018)			2ª Mês (Setembro/2018)			3ª Mês (Outubro/2018)		
			Dias: 29, 30 e 31/08/18			Dias: 03, 14, 20, 24 e 25/09/18			Dias: 01 e 02/10/18		
			VL	VP	Motos	VL	VP	Motos	VL	VP	Motos
Rua 301	30	25	Repetido								
Rua 302	30	28	16	2	10	18	4	21	16	6	10
Rua 303	30	-	Não avaliado								
Rua 304	30	29	Repetido								
Rua 305	30	-	Não avaliado								
Rua 44	40	6	176	12	83	186	15	140	293	17	102
Rua 44	40	13	234	10	100	204	14	93	200	9	117
Rua 44	40	20	236	8	94	201	14	77	306	10	92
Rua 44	40	26	198	16	76	196	12	77	203	10	98
Rua 44	40	31	246	36	119	239	32	92	301	47	82
Rua 44	40	34	98	2	6	77	1	8	106	2	12
Rua 67-A	30	5	Repetido								
Rua 67-A	30	6	Repetido								
Rua 67-A	30	7	Repetido								
Rua 67-A	30	8	18	1	3	22	3	8	12	2	9
Rua 67-A	30	9	9	0	6	8	2	12	16	1	10
Rua 67-B	30	11	Repetido								
Rua 67-B	30	12	Repetido								
Rua 67-B	30	13	Repetido								
Rua 69	30	18	6	1	9	8	2	8	4	0	6
Rua 69	30	19	Repetido								
Rua 69	30	20	Repetido								
Rua José Sinimbu Filho	30	15	16	3	8	11	2	4	21	6	10
Rua José Sinimbu Filho	30	16	36	3	12	13	4	6	33	10	22
Viela Botafogo	30	-	Não avaliado								
Viela da Rua 44	30	17	20	6	12	18	4	16	26	4	12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV) - Período Vespertino.

Contagem de veículos - VESPERTINO											
VIAS	V. Máx. (Km/h)	Pts.	1ª Mês (Agosto/2018)			2ª Mês (Setembro/2018)			3ª Mês (Outubro/2018)		
			Dias: 29, 30 e 31/08/18			Dias: 03, 14, 20, 24 e 25/09/18			Dias: 01 e 02/10/18		
			VL	VP	Motos	VL	VP	Motos	VL	VP	Motos
Avenida Botafogo	60	11	13	2	4	11	1	7	18	2	1
Avenida Botafogo	60	24	10	3	3	11	3	6	18	2	3
Avenida Botafogo	60	30	6	0	1	3	1	1	2	0	2
Avenida Botafogo	60	34	Repetido								
Avenida Contorno	60	5	187	12	13	132	16	27	183	12	10
Avenida Contorno	60	12	137	9	36	116	10	31	91	12	53
Avenida Contorno	60	19	207	14	26	209	43	21	231	31	26
Avenida Contorno	60	25	149	3	21	150	2	20	116	5	17
Avenida Contorno	60	31	Repetido								
Avenida Contorno	60	29	85	5	9	76	7	26	102	11	15
Avenida Goiás	40	7	167	28	52	218	21	40	197	13	27
Avenida Goiás	40	10	123	49	70	167	82	53	207	36	36
Avenida Goiás	40	14	Interditado								
Avenida Goiás	40	21	Interditado								
Avenida Goiás	40	27	32	41	26	47	40	23	131	18	32
Avenida Independência	60	1	263	17	79	240	10	82	241	23	73
Avenida Independência	60	2	304	23	32	244	21	35	301	26	66
Avenida Independência	60	3	196	14	35	196	27	60	290	41	87
Avenida Independência	60	4	301	21	36	306	23	31	290	26	56
Avenida Oeste	60	31	Repetido								
Avenida Oeste	60	32	186	11	15	115	15	21	116	10	18
Avenida Oeste	60	33	97	19	31	105	15	32	200	9	21
Marginal Botafogo	80	-	Não avaliado								
Rua 300	30	22	7	1	6	9	0	3	7	0	6
Rua 300	30	23	7	0	6	9	1	3	7	1	10
Rua 301	30	24	Repetido								

Continua na próxima página...

Tabela 11 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV) - Período Vespertino (Continuação).

Contagem de veículos - VESPERTINO											
VIAS	V. Máx. (Km/h)	Pts.	1ª Mês (Agosto/2018)			2ª Mês (Setembro/2018)			3ª Mês (Outubro/2018)		
			Dias: 29, 30 e 31/08/18			Dias: 03, 14, 20, 24 e 25/09/18			Dias: 01 e 02/10/18		
			VL	VP	Motos	VL	VP	Motos	VL	VP	Motos
Rua 301	30	25	Repetido								
Rua 302	30	28	26	2	10	23	1	40	19	2	11
Rua 303	30	-	Não avaliado								
Rua 304	30	29	Repetido								
Rua 305	30	-	Não avaliado								
Rua 44	40	6	155	11	80	161	11	137	200	15	95
Rua 44	40	13	234	9	95	204	12	89	200	8	107
Rua 44	40	20	206	12	32	304	36	12	201	32	60
Rua 44	40	26	134	21	89	136	22	96	196	30	102
Rua 44	40	31	263	37	121	241	30	111	292	39	84
Rua 44	40	34	102	33	11	95	23	30	143	28	21
Rua 67-A	30	5	Repetido								
Rua 67-A	30	6	Repetido								
Rua 67-A	30	7	Repetido								
Rua 67-A	30	8	16	6	10	21	4	12	13	6	12
Rua 67-A	30	9	7	2	4	3	2	11	12	6	9
Rua 67-B	30	11	Repetido								
Rua 67-B	30	12	Repetido								
Rua 67-B	30	13	Repetido								
Rua 69	30	18	5	0	8	7	1	7	3	1	7
Rua 69	30	19	Repetido								
Rua 69	30	20	Repetido								
Rua José Sinimbu Filho	30	15	21	7	14	25	7	8	21	3	2
Rua José Sinimbu Filho	30	16	36	3	12	13	4	6	33	10	22
Viela Botafogo	30	-	Não avaliado								
Viela da Rua 44	30	17	23	6	7	12	1	2	11	3	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da contagem realizada em ambos os turnos é imprescindível destacar os seguintes tópicos:

- Os pontos 14 e 21, localizados na Avenida Goiás, não apresentaram dados sobre fluxo de veículos pois o trecho em que os pontos estavam inseridos se encontravam interditados devido às obras de construção do BRT;
- Os pontos localizados nas esquinas das ruas, ou seja, em confluência com mais de uma via (34, 31, 24, 25, 29, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 19 e 20) foram classificados como “repetidos” pois não fazia sentido realizar duas contagens no mesmo local. Para se evitar a geração de dados redundantes, o que interferiria no cálculo do fluxo de veículos, a via escolhida para amostragem correspondeu a que apresentava maior velocidade máxima permitida, conforme especificações do artigo 61 do CTB/97, ou seja, uma via de trânsito rápido (80 km/h) se sobrepuja a uma via arterial (60 km/h) que estava acima a uma via coletora (40 km/h) que, por fim, estava acima a uma via local (30 km/h). Quando ambas apresentavam a mesma velocidade utilizava-se como critério de seleção a via que apresentasse o maior fluxo de veículos durante o período de observação.
- Algumas vias não tiveram o fluxo de veículos contabilizado pois não apresentavam pontos amostrais inseridos, ou seja, durante a distribuição e definição dos pontos amostrais, algumas vias, por estarem muito próximas (distância menor que 200 m), não foram selecionadas para amostragem de ruído.

Portanto, as tabelas de dados sobre o número de veículos visualizados em cada ponto, durante os períodos matutino e vespertino, foram unificadas em uma única que correspondesse ao período diurno (Tabela 12). A partir dos dados observados para ambos os turnos, foi realizada uma média do número de veículo leves, pesados e motocicletas, observados durante o intervalo temporal de amostragem (11 min) quanto para o fluxo durante o período de 1 hora. Além da frequência em minutos, a tabela apresenta também o volume total de veículos registrados na via de tráfego durante o intervalo de uma hora.

Tabela 12 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV), Frequência e Volume Total - Período Diurno.

CONTAGEM DO FLUXO DE VEÍCULOS (FV) - DIURNO									
	V. Máx.		11 MIN			1 HORA			TOTAL
VIAS	Km/h	Pnts.	VL	VP	Motos	VL	VP	Motos	Veículos/h
Avenida Botafogo	60	11	11	1	5	58	5	29	93
		24	13	2	4	73	9	24	105
		30	13	3	4	68	15	21	104
Avenida Contorno	60	5	67	3	22	367	18	117	503
		12	151	9	21	825	51	116	993
		19	146	11	36	795	61	198	1054
		25	193	18	27	1054	97	149	1300
		29	114	6	19	619	33	101	753
Avenida Goiás	40	7	108	10	20	590	55	107	752
		10	182	23	45	991	124	244	1358
		27	99	34	34	538	187	186	912
Avenida Independência	60	1	178	25	52	971	135	281	1386
		2	214	15	77	1168	81	421	1670
		3	226	19	55	1231	105	302	1638
		4	221	22	51	1204	118	277	1599
Avenida Oeste	60	32	224	19	57	1222	102	312	1635
		33	125	12	45	681	64	243	987
Rua 300	30	22	72	7	16	390	40	89	519
		23	8	0	5	44	2	25	71
Rua 302	30	28	12	2	10	66	13	55	134
Rua 44	40	6	121	8	64	657	45	351	1053
		13	192	12	104	1049	64	565	1678
		20	230	10	92	1255	55	504	1815
		26	218	20	59	1189	107	323	1619
		31	209	31	97	1138	171	527	1836
		34	180	19	57	979	101	311	1391
Rua 67-A	30	8	65	15	14	356	82	75	513
		9	14	3	10	75	17	56	149

Continua na próxima página...

Tabela 12 - Contagem do Fluxo de Veículos (CFV), Frequência e Volume Total - Período Diurno (Continuação).

CONTAGEM DO FLUXO DE VEÍCULOS (FV) - DIURNO									
	V. Máx.		11 MIN			1 HORA			TOTAL
VIAS	Km/h	Pnts.	VL	VP	Motos	VL	VP	Motos	Veículos/h
Rua 69	30	18	7	2	8	36	12	43	91
Rua José Sinimbu Filho	30	15	11	2	7	57	12	40	109
		16	25	6	11	135	31	58	225
Viel da Rua 44	30	17	24	5	13	133	28	73	234

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta contagem é fundamental para se estabelecer a influência do tráfego de veículos e sua relação com a poluição sonora urbana, sendo também um dos dados de entrada para realizar a modelagem em *softwares* utilizados para mapeamentos do ruído (SOUZA FILHO et al., 2015; BUNN, ZANNIN, 2016; ZANNIN et al., 2013; ZANNIN e SANT’ANA, 2011; RODRIGUES, 2010).

3.2.10.3 Velocidade Média do Fluxo de Tráfego (VMFT)

Para a determinação da velocidade média do fluxo de veículos nas vias analisadas foram considerados os padrões de velocidade máxima permitida previstos no Artigo 61 do Código de Trânsito Brasileiro (1997), que estabelece:

“Art. 61 - A velocidade máxima permitida para a via será indicada por meio de sinalização, obedecida suas características técnicas e as condições de trânsito.

§ 1º Onde não existir sinalização regulamentadora, a velocidade máxima permitida será de:

I - nas vias urbanas

a) 80 (oitenta) quilômetros por hora, nas vias de trânsito rápido;

b) 60 (sessenta) quilômetros por hora, nas vias arteriais;

c) 40 (quarenta) quilômetros por hora, nas vias coletoras;

d) 30 (trinta) quilômetros por hora, nas vias locais” (BRASIL, 1997).

Dessa forma, para a determinação da velocidade média das vias, foram relacionadas todas àquelas pertencentes à área de estudo, bem como, os pontos de medição inseridos em cada uma delas (Tabela 13). Além de representar quais eram os pontos de medição inseridos em cada via, foram destacados também, utilizando um asterisco *, àqueles que faziam confluência com mais de uma via, ou seja, localizados nas esquinas das ruas ou avenidas, co-

mo por exemplo, o Ponto 31, que estava localizado no encontro de 3 (três) vias de tráfego: Avenida Oeste, Contorno e Rua 44.

Além dos pontos em comum, foram demonstradas as vias da área de estudo que não apresentaram pontos a serem aferidos. Este fato se deve ao pré-posicionamento definido pela malha regular além do próprio distanciamento de uma via a outra, na qual as que estão muito próximas (abaixo de 200 m) não tiveram pontos inseridos.

Para a classificação das vias de tráfego, indiferentemente de terem ou não ruas com pontos de medição inseridos, foi estabelecido como critério o valor máximo permitido para o tráfego, segundo CTB/97. A identificação foi realizada através da conferência direta por visita *in loco* ou indireta através da conferência de sinalização pela ferramenta “*Street View*” do *Google Earth*.

Logo, para caracterização da morfologia urbana e do fluxo médio de tráfego na região de estudo, a velocidade máxima permitida em cada via, a classificação e a quantidade de pontos de medição presentes nas mesmas estão descritos na Tabela 13.

Tabela 13 - Velocidade média permitida e classificação das vias de tráfego.

VIAS	PONTOS	VELOC. MÁX. PERMITIDA (km/h)	CLASSIFICAÇÃO
Marginal Botafogo	-	80	Via de trânsito rápido
Avenida Independência	1, 2, 3, 4	60	Via arterial
Avenida Goiás	7*, 10*, 14, 21, 27, 32	40	Via arterial
Avenida Oeste	31*, 32*, 33	60	Via arterial
Avenida Contorno	5*, 12*, 19*, 25*, 31*	60	Via arterial
Avenida Botafogo	11*, 18*, 30, 34*	60	Via arterial
Rua 44	6*, 13*, 20*, 26, 31*, 34*	40	Via coletora
Vielha Botafogo	-	30	Via local
Rua 303	-	30	Via local

Continua na próxima página...

Tabela 13 - Velocidade média permitida e classificação das vias de tráfego (Continuação).

VIAS	PONTOS	VELOC. MÁX. PERMITIDA (km/h)	CLASSIFICAÇÃO
Rua 304	29	30	Via local
Rua 305	-	30	Via local
Rua 302	28	30	Via local
Rua 303	-	30	Via local
Rua 301	24, 25*	30	Via local
Rua 300	22, 23	30	Via local
Rua 69	18*, 19*, 20*	30	Via local
Rua José Sinimbu Filho	15, 16	30	Via local
Vuela da Rua 44	17	30	Via local
Rua 67-B	11*, 12*, 13*	30	Via local
Rua 67-A	5*, 6*, 7*, 8, 9, 10*	30	Via local

* Ponto localizado em esquina.

Fonte: Próprio autor.

Portanto, a área de estudo é formada por 24 vias de tráfego, sendo que somente 15 tiveram pontos de medição avaliados. Logo, as vias foram todas classificadas segundo sua velocidade máxima permitida em (Quadro 6):

Quadro 6 - Classificação das vias de tráfego da área de estudo.

Velocidade máxima permitida (km/h)	Classificação segundo CTB/97	Quantidade
80	Trânsito rápido	01
60	Arteriais	05
40	Coletoras	01
30	Locais	13

Fonte: Próprio autor.

Além dos níveis de pressão sonora e a contagem de veículos, a velocidade média do fluxo de tráfego é um dado muito importante para a execução da modelagem computacional. Esses dados de tráfego são importantes para avaliação do cenário acústico da região, bem

como, predição do ruído, a ser realizada pelo *software* iNoise® de predição e modelagem acústica.

3.2.11 Simulação computacional no *software* iNoise®

Para a predição e avaliação dos níveis de pressão sonora em um *grid* horizontal, levando-se em conta a geometria das vias, a volumetria dos edifícios e a os materiais de revestimento das superfícies refletoras, foi utilizado o modelo matemático definido pela norma ISO 9.613 Parte 1 e 2 (ISO, 1933; 1996) embutido nas configurações do *software* iNoise®.

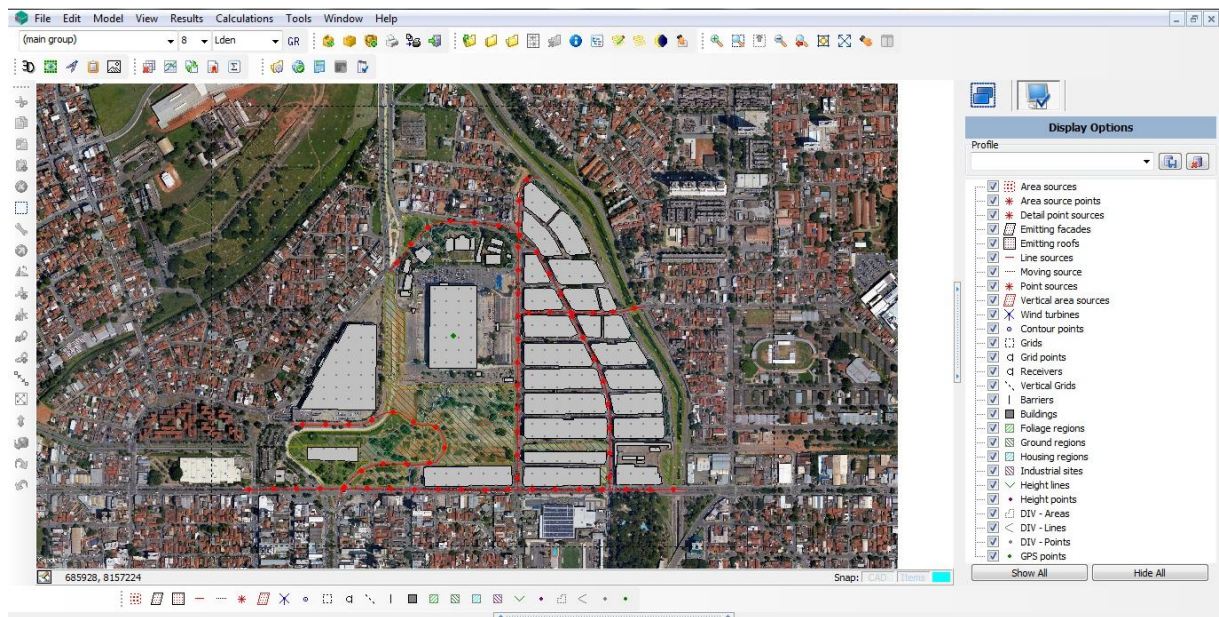
O modelo está embasado na equação nº 5 que representa o fenômeno da propagação sonora ao ar livre e influências de seus fatores atenuantes, como divergência da onda, diretividade da fonte e de superfícies próximas à mesma. Esta equação, descrita e explicitada na seção de Referencial Bibliográfico, foi adaptada para melhor entendimento, distinção das variáveis do cálculo e visualização dos resultados segundo padrões normativos e condições ambientais acústicas para a região de estudo.

Após o *download* do *software* iNoise® pelo site da DGMR, instalação e registro da licença gratuita online, deu-se início elaboração do projeto para simulação do níveis de ruído no cenário acústico da região de pesquisa no ano de 2018.

Para introdução dos dados sonoros, primeiramente foi preciso criar a área de pesquisa no ambiente computacional. Com base no mosaico produzido a partir de imagens de satélite, foi realizada a vetorização de toda a região, delimitando todas as construções do terreno, barreiras acústicas, vias de tráfego, além de formações vegetais, como árvores ou grama, encontradas nas praças e canteiros da região.

Quanto maior o número de itens criados para descrever a área de pesquisa, mais próximo o modelo computacional estava do ambiente na situação real. A Figura 28 demonstra o *layout* do *software* com destaque para a barra de ferramentas (acima), o *display* de opções (à direita) além da área de simulação (ao centro) com a região de pesquisa já vetorizada.

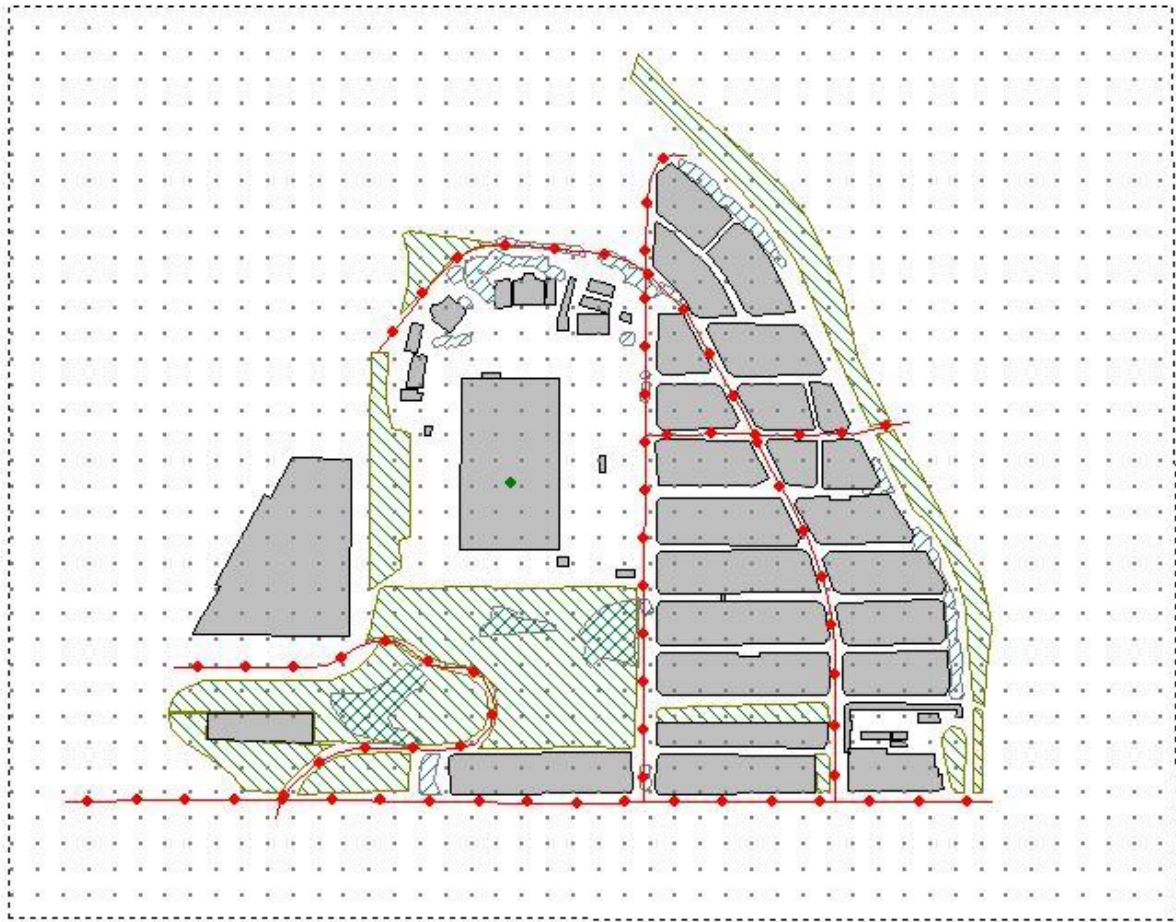
Figura 28 - *Layout, display* de opções e área de pesquisa analisada para simulação no software iNoise®.



Fonte: elaborado pelo autor.

A área de pesquisa foi totalmente vetorizada e seus itens foram todos criados. A maioria das casas, lojas e galerias da região foram todas agrupadas segundo suas características em “construções ou edificações”. As vias de tráfego, representadas através de “fontes sonoras lineares de ruído”; os veículos automotivos (carros, motos e caminhões), como “fontes pontuais móveis de ruído”. As regiões com formações vegetais do tipo rasteira (gramínea), arbórea ou arbustiva, em “regiões de folhagem”; já outras, sem revestimento vegetal, mas com pavimentação de concreto (superfície altamente reflexiva), asfalto (parcialmente reflexiva) ou mesmo ausente (“chão de terra”) em regiões com base no “tipo de solo ou terreno” (Figura 29).

Figura 29 - Área de pesquisa analisada para simulação no *software* iNoise®.



Fonte: elaborado pelo autor.

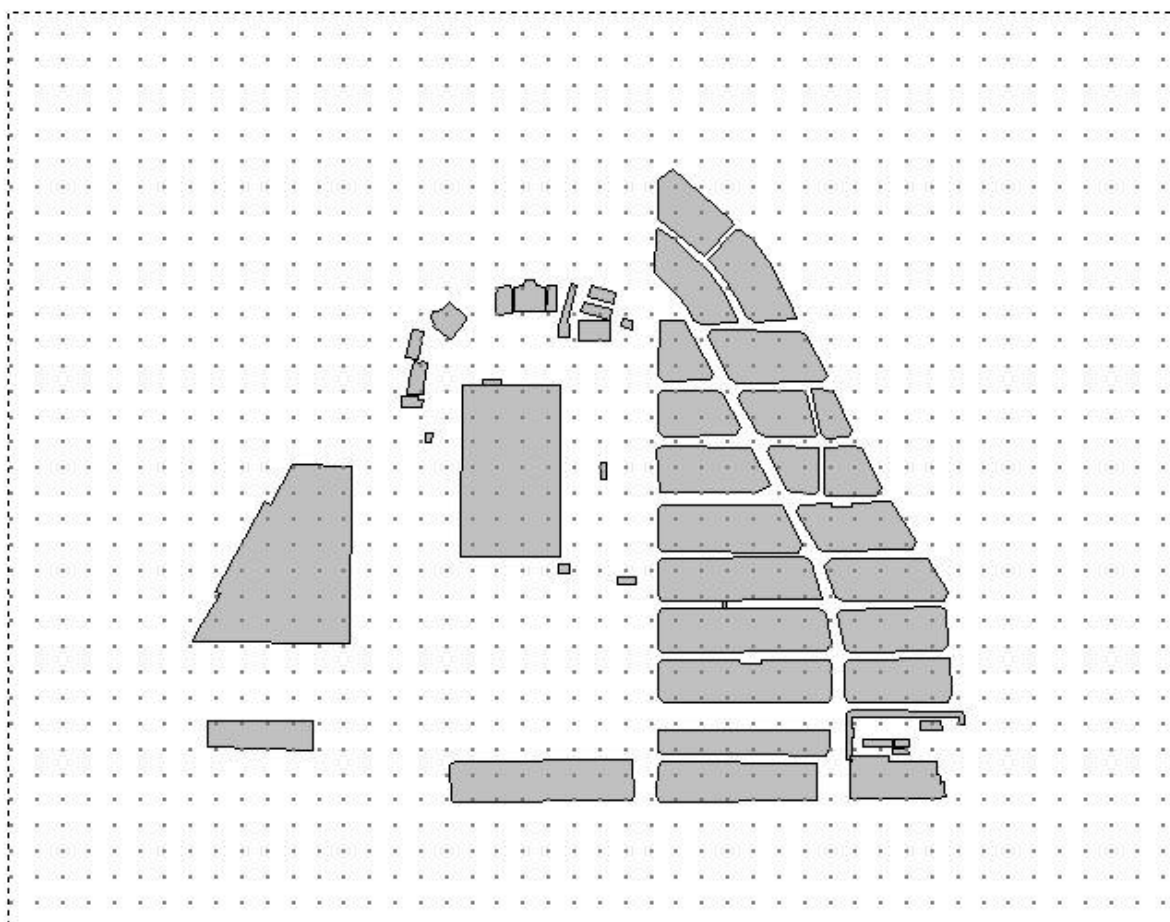
O modelo foi georreferenciado no Sistema de Projeções Cartográficas SIRGAS 2000 conforme imagem de satélite inserida no *background* e, calibrado segundo ponto de controle coletado no ambiente real. O ponto está posicionado no telhado do Araguaia *shopping* e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: X = 684525,60 m de Latitude (E) e Y = 8157408,43 m de Longitude (S).

Antes de dar início ao cálculo do modelo foi realizada a checagem dos itens para se averiguar possíveis erros bem como se a quantidade de caracteres não estava ultrapassando o limite disponibilizado pela versão *free*. Desta forma, quanto mais fontes sonoras, construções e pontos de cálculo no *grid* forem criados, mais caracteres para análise do ruído necessitam ser mensurados; logo, mais complexo o modelo se torna.

As barreiras acústicas no modelo compreendem parte do conjunto de casas, lojas e estabelecimentos comerciais inseridos na região. Como a mesma encontra-se no Centro de Goiânia, quase não são identificadas quadras com lotes ou terrenos vazios, logo, algumas foram totalmente vetorizadas como uma única feição do tipo “construção”. Desta forma, através

do item “*building*” polígonos retangulares formados por linhas de contorno na cor sólida cinza-escuro foram projetados para representar barreiras acústicas desde construções isoladas, como guarita da segurança, galpão ou estacionamento, a próprias quadras da área de estudo (Figura 30).

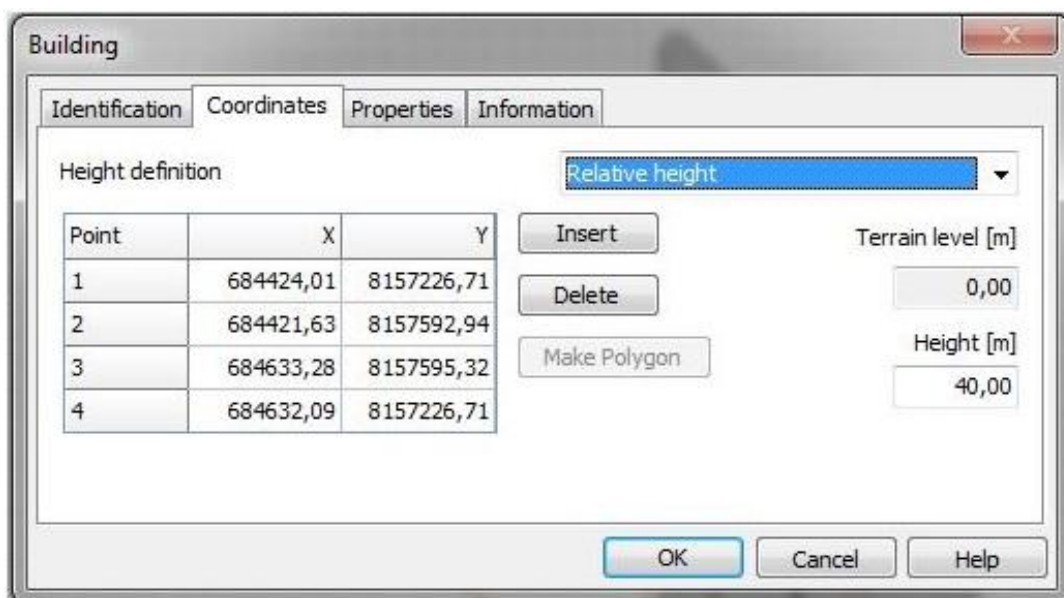
Figura 30 - Barreiras acústicas presentes a partir das construções nas quadras da área de pesquisa analisada para simulação no *software* iNoise®.



Fonte: elaborado pelo autor.

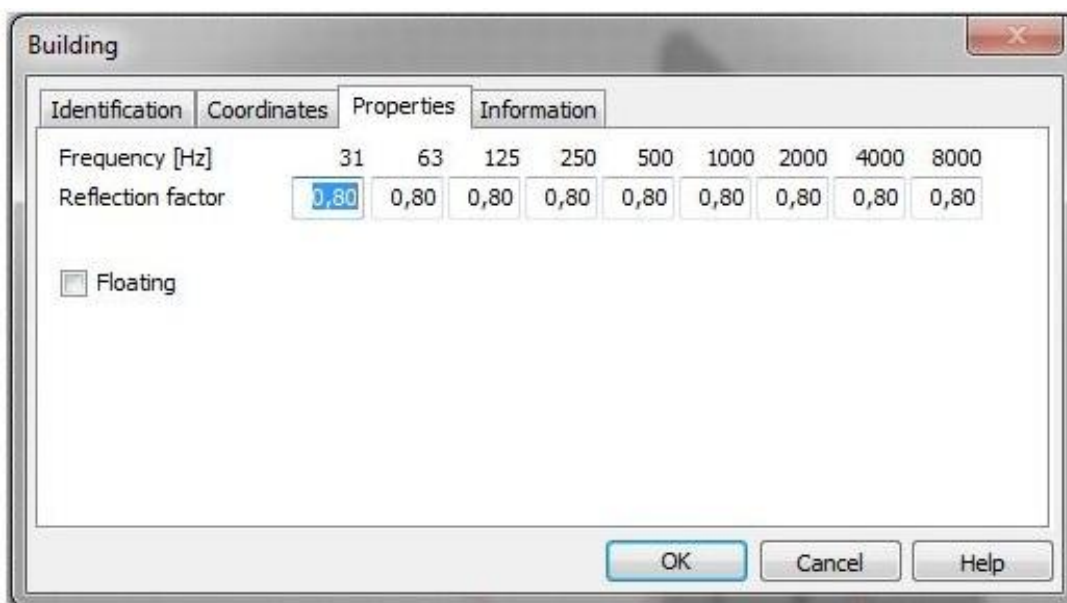
Os dados referentes ao grau de altitude e ao fator de reflexão das construções acústicas foram ajustados conforme recomendações sugeridas pelo Manual do *software* iNoise ou indicadas normativa técnica vigente (ISO 9.613 Parte 1/2 e NBR 10.151). Logo, a altura dos itens foi definida na categoria “relativa” e o fator de reflexão, com valor de 0,8 (Figuras 31 e 32, respectivamente).

Figura 31 - Configuração da altitude relativa para construções.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 32 - Configuração do fator de reflexão para barreiras acústicas.

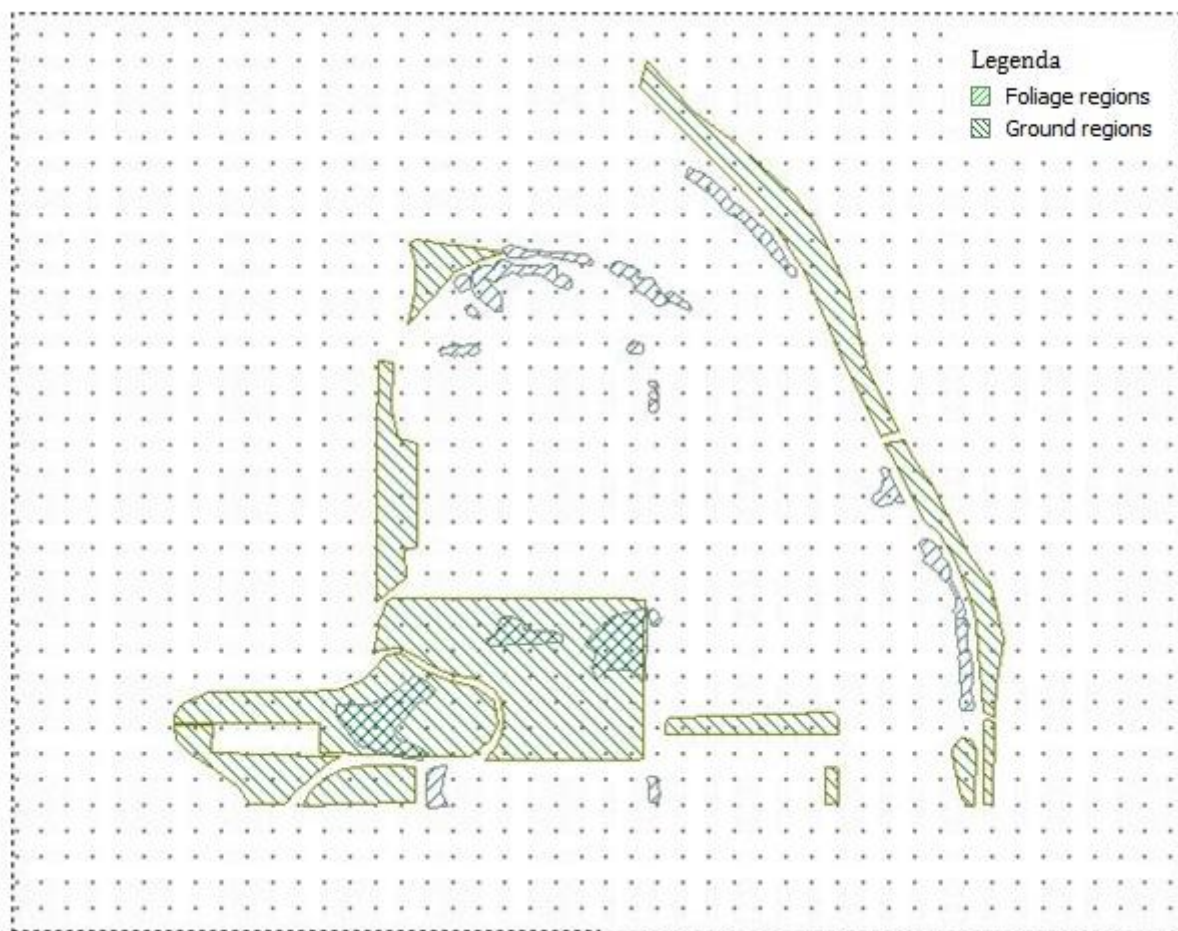


Fonte: elaborado pelo autor.

Espaços vazios identificados em uma mesma quadra, como estacionamentos ou lotes baldios, sem a presença de edificações, foram representados e classificados conforme suas características de tipo de terreno na região, em inglês, “*ground regions*”. Dessa forma, o solo poderia estar recoberto por vegetação do tipo folhagem, em inglês, “*foliage regions*”, que representa regiões com vegetação rasteira, arbórea ou arbustiva, como também, regiões sem pavimentação, em que o terreno fosse formado por características acústicas que variam desde

solo altamente reflexivo, como por exemplo, recoberto por piso de cerâmica ou concreto, à altamente absorvente, como grama, esgoto ou água poluída encontrado no terreno da área de pesquisa analisada (Figura 33).

Figura 33 - Regiões com vegetação ou diferentes tipos de solo conforme características da área de pesquisa para simulação no *software* iNoise®.



Fonte: elaborado pelo autor.

Observada a distancia mínima entre os pontos, conforme especifica a NBR 10.151 para trabalhos na área de mapeamento acústico, ou seja, menor que 200 m (ABNT, 2000), as vias de tráfego foram traduzidas e representadas como fontes lineares de ruído. A partir dos dados de nível de pressão sonora aferidos pelo decibelímetro nos períodos matutino e vespertino foram selecionados àqueles localizados nas principais vias de tráfego da área de pesquisa para representar o NPS da respectiva via de tráfego no ambiente em simulação.

Dentre os NPS aferidos, a Tabela 18 apresenta os valores na faixa de ponderação A, a qual além de simular a curva de percepção sonora mais próxima ao ouvido humano também atende aos preceitos técnicos de trabalhos acústicos com ruído ambiental em ambientes abertos sugeridos pela ABNT. Os níveis de ruído ambiental aferidos com o decibelímetro

nesta faixa de ponderação substituirão o valor de ruído padrão fornecido pelo programa especificamente na banda de oitava ou faixa espectral de 63 Hz. Será utilizado o valor máximo da via para gerar o ruído linear equivalente (L_w ou L_{Aeq}) emitido por metro nas vias de tráfego pelas fontes de ruído em movimento, como carros, motos e caminhões identificados através da Contagem do Fluxo de Veículos.

As avenidas Contorno, Independência e Goiás Norte, além das ruas 301 e 44 foram escolhidas para representação das principais fontes lineares de ruído presentes na área de estudos. Os valores máximos aferidos em dB (A) estão destacados na Tabela 14.

Tabela 14 - Tabela com os valores de L_{Aeq} e L_c aferidos nas principais vias de tráfego da região.

Vias	Ponto	Período Matutino		Período Vespertino		Maior valor registrado dB (A)
		L_{Aeq} dB (A)	L_c dB (A)	L_{Aeq} dB (A)	L_c dB (A)	
Avenida Contorno	5	72,74	72,74	72,08	72,08	75,85
Avenida Contorno	12	73,14	75,64	72,55	72,55	
Avenida Contorno	19	70,39	70,39	72,08	72,08	
Avenida Contorno	25	68,10	68,10	72,84	75,34	
Avenida Contorno	31	75,85	75,85	72,74	72,74	
Avenida Goiás Norte	7	73,71	73,71	72,52	75,02	75,64
Avenida Goiás Norte	10	73,14	75,64	66,53	66,53	
Avenida Goiás Norte	14	68,25	68,25	70,67	70,67	
Avenida Goiás Norte	21	69,20	69,20	71,27	71,27	
Avenida Goiás Norte	27	70,84	73,34	68,66	68,66	
Avenida Goiás Norte	32	70,59	70,59	71,50	71,50	80,29
Avenida Independência	1	75,29	80,29	72,29	72,29	
Avenida Independência	2	73,42	73,42	72,25	74,75	
Avenida Independência	3	72,94	72,94	70,99	70,99	
Avenida Independência	4	73,34	75,84	65,40	65,40	75,34
Rua 301	24	69,93	69,93	70,27	70,27	
Rua 301	25	68,10	68,10	72,84	75,34	

Continua na próxima página...

Tabela 14 - Tabela com os valores de LAeq e Lc aferidos nas principais vias de tráfego da região (Continuação).

Vias	Ponto	Período Matutino		Período Vespertino		Maior valor registrado dB (A)
Rua 44	6	69,60	69,60	71,63	74,13	75,85
Rua 44	13	70,18	70,18	70,50	70,50	
Rua 44	20	72,14	72,14	72,96	72,96	
Rua 44	26	71,41	73,91	72,37	74,87	
Rua 44	31	75,85	75,85	72,74	72,74	
Rua 44	34	71,23	73,73	70,36	70,36	

Fonte: elaborado pelo autor.

Deste modo, as características geométricas das principais vias, como quantidade de pontos sonoros observados ou o comprimento em metros da via, e o valor de ruído equivalente por metro (L_w/m) emitido em dB (A) estão dispostos na Tabela 15.

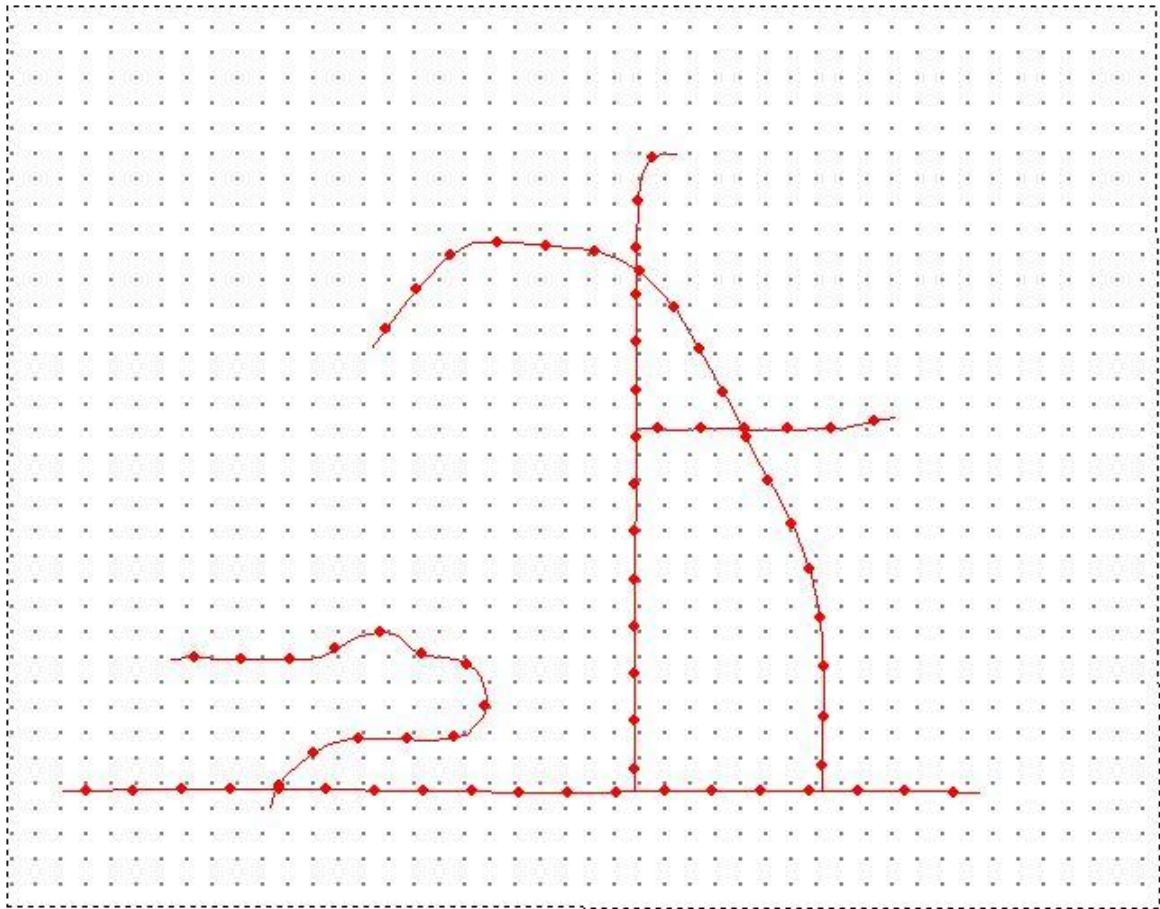
Tabela 15 - Tabela com características das fontes de ruído lineares das principais vias selecionadas para simulação do ruído de tráfego na região.

Via	Nome	Feição linear	Quantidade de pontos	Comprimento 2D (m)	Ruído L_w/m em dB (A)
1	Avenida Contorno	“Contorno”	21	2009,57	75,87
2	Avenida Goiás Norte	“Goiás Nort”	14	1366,06	75,87
3	Avenida Independência	“Indepen”	19	1876,99	75,87
4	Rua 301	“Rua 301”	6	546,52	81,48
5	Rua 44	“Rua 44”	13	1293,40	75,87

Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim as principais vias de tráfego foram representadas no ambiente computacional através de feições lineares na cor sólida vermelha com pontos sobrescritos equidistantes 100 m (Figura 34).

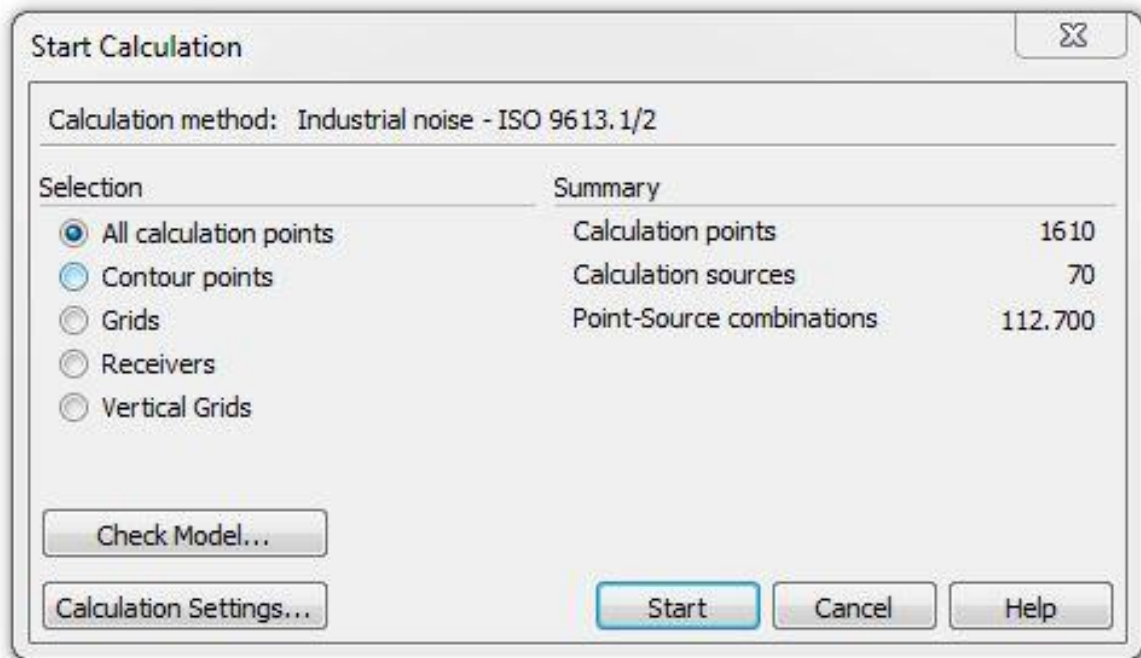
Figura 34 - Fontes sonoras lineares com fontes pontuais acústicas sobrescritas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para realização da simulação acústica na região, o modelo apresentou após checagem: 1670 pontos a serem calculados, 70 fontes sonoras e uma combinação de 112.700 pontos *por* fonte para processamento (Figura 35).

Figura 35 - Checagem dos itens para realização do cálculo do modelo.



Fonte: elaborado pelo autor.

O resultado do processamento dos dados é o mapa de espalhamento do ruído simulado em um *grid* horizontal para o cenário acústico da região central urbana de Goiânia, localizada entre os bairros Central e Norte Ferroviário, no ano de 2018.

Após apresentados os “Materiais” e “Métodos” da pesquisa, como as ferramentas utilizadas, os mecanismos adotados e os “procedimentos metodológicos” realizados tanto para operação dos recursos disponíveis quanto para realização da simulação computacional, segue-se com os “Resultados e Discussões” obtidos na pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM CAMPO

4.1.1 Níveis de pressão sonora aferidos e valores acima do NCA

Os dados dos níveis de pressão sonora coletados em campo estão diretamente relacionados com a determinação do ruído. Todos eles foram processados em condições específicas e classificados conforme fórmulas para intervalos elaboradas no Excel®.

Levando em consideração as definições dos conceitos:

- Margem de Erro (ME): calculada com base nas configurações originais do equipamento; obtida a partir da classificação do tipo de classe do decibelímetro (classe 2) e precisão original de fábrica de +/- 1,4 dB (A).

- Nível Critério de Avaliação (NCA): adotado segundo legislação ambiental municipal vigente de Goiânia, ou seja, a tolerância máxima de 65 dB (A) de ruído no período diurno para o cenário acústico da região central urbana de Goiânia.

- Nível de Pressão Sonora Corrigido (L_c): é o nível de pressão sonora equivalente corrigido devido à identificação de presença de ruídos com caráter impulsivo ou componentes tonais. Apresenta cálculo com metodologia específica (segundo NBR 10.151) já explicitado no Referencial Bibliográfico desta pesquisa.

O comparativo entre os dados sonoros aferidos no ambiente (expresso pelos níveis de pressão sonora equivalente ou corrigidos) e o limite estabelecido pelo NCA (previsto através da legislação ambiental municipal vigente) resultou na categorização do ruído conforme as seguintes classes:

- Dentro da NCA: quando L_c era menor que o NCA;
- Dentro da ME: quando a diferença entre o L_c e o Erro fosse menor ao NCA;
- Acima da NCA: quando o L_c fosse maior que o NCA.

As tabelas 16, 17 e 18 apresentam os resultados dos níveis sonoros encontrados para os períodos matutino (Tabela 16) e vespertino (Tabela 17), além da classificação do ruído segundo comparativo para o período diurno (Tabela 18).

Tabela 16 - Dados acústicos coletados em campo (Período matutino).

Ponto	Máx dB (A)	Mín dB (A)	L _{Aeq} dB (A)	Erro dB (A)	L _c dB (A)	NCA dB (A)	Comparativo	Valor acima NCA dB (A)
1	91,8	63,3	75,3 ⁽⁺⁾	4,8	80,3 ⁽⁺⁾	65	Acima do NCA	15
2	84,6	63,4	73,4	4,5	73,4	65	Acima do NCA	8
3	83,3	61,7	72,9	2,8	72,9	65	Acima do NCA	8
4	88,5	61,2	73,3	4,3	75,8	65	Acima do NCA	11
5	86,0	61,1	72,7	5,4	72,7	65	Acima do NCA	8
6	80,5	61,3	69,6	2,4	69,6	65	Acima do NCA	5
7	87,7	63,3	73,7	4,1	73,7	65	Acima do NCA	9
8	85,5	59,8	71,2	3,7	71,2	65	Acima do NCA	6
9	86,7	63,4	73,1	3,7	73,1	65	Acima do NCA	8
10	94,8 ⁽⁺⁾	61,5	73,1	5,7	75,6	65	Acima do NCA	11
11	81,3	61,6	71,5	2,2	71,5	65	Acima do NCA	6
12	87,7	60,9	73,1	4,7	75,6	65	Acima do NCA	11
13	81,2	60,4	70,2	2,5	70,2	65	Acima do NCA	5
14	79,5	54,3 ⁽⁻⁾	68,3	5,6	68,3	65	Dentro da ME	3
15	82,8	60,2	71,1	3,9	71,1	65	Acima do NCA	6
16	86,6	59,7	72,8	3,8	75,3	65	Acima do NCA	10
17	86,1	61,8	71,3	3,0	71,3	65	Acima do NCA	6
18	78,9	60,0	69,7	2,4	69,7	65	Acima do NCA	5
19	82,8	58,5	70,4	5,6	70,4	65	Dentro da ME	5
20	82,5	62,2	72,1	2,0	72,1	65	Acima do NCA	7
21	84,9	58,6	69,2	4,7	69,2	65	Dentro da ME	4
22	79,1	58,1	69,8	1,9	69,8	65	Acima do NCA	5
23	87,9	57,2	72,1	4,8	74,6	65	Acima do NCA	10
24	83,3	61,9	69,9	3,0	69,9	65	Acima do NCA	5
25	84,6	57,5	68,1	4,0	68,1	65	Dentro da ME	3
26	92,0	57,7	71,4	6,1	73,9	65	Acima do NCA	9
27	88,6	55,3	70,8	5,0	73,3	65	Acima do NCA	8
28	89,3	64,2	74,5	3,7	77,0	65	Acima do NCA	12
29	82,8	59,7	69,7	4,7	69,7	65	Acima do NCA	5
30	80,2	62,1	71,3	2,2	71,3	65	Acima do NCA	6
31	88,6	65,4	75,9	3,1	75,9	65	Acima do NCA	11
32	78,2	58,5	70,6	1,6	70,6	65	Acima do NCA	6
33	81,5	58,2	70,9	2,4	70,9	65	Acima do NCA	6
34	87,4	60,9	71,2	5,3	73,7	65	Acima do NCA	9
Média	84,9	60,4	71,6	3,8	72,4	-	-	7

(+) Maior valor registrado

Acima do NCA = Acima do Nível Crítico de Avaliação

(-) Menor valor registrado

Dentro da ME = Dentro da Margem de Erro

Fonte: Próprio autor.

Os dados tabulados revelaram que, dos 34 pontos aferidos no período matutino, 30 se encontravam com níveis de pressão sonora acima do NCA (88,23%) e 4 dentro do NCA

(11,77%). O maior NPS registrado foi encontrado no Ponto 10 (94,8 dB (A)) e o menor no Ponto 14 (54,30 dB (A)). A média dos valores de L_{Aeq} encontrada para os 34 pontos no período matutino foi de 71,6 dB (A), já o maior valor registrado foi de 75,3 dB (A) no Ponto 1.

Para as coletas de NPS em que foram identificados a presença de ruído com características impulsivas e/ou componentes tonais, foi acrescido 5 dB (A) no somatório da média, conforme especifica a NBR 10.151/2000 para o cálculo do Nível de Pressão Sonora Corrigido (L_c). O maior valor de L_c encontrando durante o período matutino foi de 80,3 dB (A) no Ponto 1, justamente onde estava localizada as obras de construção do *Shopping Mega Moda* na Av. Independência, construção esta em que fora observado vários sons emitidos de martelo, britadeiras e/ou bate-estacas.

Já para os dados tabulados dos 34 pontos aferidos no período vespertino (Tabela 17):

Tabela 17 - Dados acústicos coletados em campo (Período vespertino).

Ponto	Máx dB (A)	Mín dB (A)	L_{Aeq} dB (A)	Erro dB (A)	L_c dB (A)	NCA dB (A)	Comparativo	Valor acima NCA dB (A)
1	84,3	63,9	72,3	3,1	72,3	65	Acima do NCA	7
2	86,6	59,9	72,3	5,2	74,8	65	Acima do NCA	10
3	83,1	59,5	71,0	3,3	71,0	65	Acima do NCA	6
4	73,6	59,3	65,4	2,5	65,4	65	Dentro da ME	0
5	84,6	62,6	72,1	3,0	72,1	65	Acima do NCA	7
6	92,6	60,0	71,6	6,0	74,1	65	Acima do NCA	9
7	86,7	62,7	72,5	3,6	75,0	65	Acima do NCA	10
8	75,9	59,0	65,3	3,1	65,3	65	Dentro da ME	0
9	84,9	62,6	70,9	2,9	70,9	65	Acima do NCA	6
10	86,4	58,5	66,5	4,7	66,5	65	Dentro da ME	2
11	87,2	59,9	71,0	3,3	71,0	65	Acima do NCA	6
12	84,7	64,5	72,6	1,8	72,6	65	Acima do NCA	8
13	83,9	60,8	70,5	3,4	70,5	65	Acima do NCA	6
14	85,6	57,8	70,7	3,9	70,7	65	Acima do NCA	6
15	90,5	60,3	72,6	6,2	75,1	65	Acima do NCA	10
16	81,4	56,3	65,8	4,8	65,8	65	Dentro da ME	1
17	73,9	57,3	65,4	1,9	65,4	65	Dentro da ME	0
18	92,1	59,9	72,2	6,1	74,7	65	Acima do NCA	10
19	84,6	62,6	72,1	3,0	72,1	65	Acima do NCA	7
20	86,4	62,1	73,0 ⁽⁺⁾	3,1	73,0	65	Acima do NCA	8

Continua na próxima página...

Ponto	Máx dB (A)	Mín dB (A)	L _{Aeq} dB (A)	Erro dB (A)	L _c dB (A)	NCA dB (A)	Comparativo	Valor acima NCA dB (A)
21	82,9	60,8	71,3	2,1	71,3	65	Acima do NCA	6
22	85,1	60,0	71,6	3,5	71,6	65	Acima do NCA	7
23	82,7	58,1	69,6	2,9	69,6	65	Acima do NCA	5
24	86,5	57,8	70,3	3,6	70,3	65	Acima do NCA	5
25	92,7	62,4	72,8	5,4	75,3⁽⁺⁾	65	Acima do NCA	10
26	87,1	61,7	72,4	4,3	74,9	65	Acima do NCA	10
27	81,0	58,3	68,7	3,7	68,7	65	Dentro da ME	4
28	85,3	62,9	72,2	3,0	72,2	65	Acima do NCA	7
29	80,4	60,8	71,0	2,1	71,0	65	Acima do NCA	6
30	93,5⁽⁺⁾	60,2	70,6	5,7	73,1	65	Acima do NCA	8
31	83,7	63,7	72,7	2,6	72,7	65	Acima do NCA	8
32	86,8	57,7	71,5	3,1	71,5	65	Acima do NCA	7
33	82,8	55,9⁽⁻⁾	71,0	2,8	71,0	65	Acima do NCA	6
34	80,5	60,8	70,4	2,1	70,4	65	Acima do NCA	5
Média	84,7	60,3	70,6	3,6	71,2	-	-	6

(+) Maior valor registrado

Acima do NCA = Acima do Nível Critério de Avaliação

(-) Menor valor registrado

Dentro da ME = Dentro da Margem de Erro

Fonte: Próprio autor.

28 foram identificados com níveis acima do NCA (82,35%) e 6 dentro do NCA (17,65%). O maior NPS registrado foi no Ponto 30 (93,5 dB (A)) e o menor no Ponto 33 (55,9 dB (A)).

A média dos 34 valores de L_{Aeq} encontrados no período matutino foi de 70,6 dB (A), já a amostra com valor mais elevado, foi diagnosticada no Ponto 20 (L_{Aeq} = 73,0 dB (A)). O maior valor de L_c encontrando durante o período vespertino foi de 75,3 dB (A) no Ponto 25, localizado na calçada da esquina da Av. Contorno com a Rua 301, onde foi constatado som estridente de motos e carros de som fazendo publicidade das lojas além de ser uma esquina com fluxo intenso de saída de ônibus rodoviário.

Em vista da diversidade de fontes sonoras na área de estudo e da insignificativa diferença observada entre as médias dos valores de L_{Aeq} dos turnos matutino e vespertino, foi realizada uma média aritmética destes valores a fim de se obter um único que representasse o fenômeno da poluição sonora na região durante o dia (Tabela 18), além de caracterizar um período de amostragem maior, de 22 minutos em cada ponto.

Tabela 18 - Níveis de pressão sonora aferidos (Período diurno).

Ponto	Máx dB (A)	Mín dB (A)	L _{Aeq} dB (A)	Erro dB (A)	Lc dB (A)	NCA dB (A)	Comparativo	Valor acima NCA dB (A)
1	88,0	63,6	73,8⁽⁺⁾	3,9	76,3⁽⁺⁾	65	Acima do NCA	11
2	85,6	61,6	72,8	4,8	74,1	65	Acima do NCA	9
3	83,2	60,6	72,0	3,0	72,0	65	Acima do NCA	7
4	81,0	60,2	69,4	3,4	70,6	65	Acima do NCA	6
5	85,3	61,8	72,4	4,2	72,4	65	Acima do NCA	7
6	86,5	60,6	70,6	4,2	71,9	65	Acima do NCA	7
7	87,2	63,0	73,1	3,9	74,4	65	Acima do NCA	9
8	80,7	59,4	68,3	3,4	68,3	65	Dentro da ME	3
9	85,8	63,0	72,0	3,3	72,0	65	Acima do NCA	7
10	90,6⁽⁺⁾	60,0	69,8	5,2	71,1	65	Acima do NCA	6
11	84,3	60,7	71,2	2,7	71,2	65	Acima do NCA	6
12	86,2	62,7	72,8	3,3	74,1	65	Acima do NCA	9
13	82,5	60,6	70,3	2,9	70,3	65	Acima do NCA	5
14	82,6	56,0⁽⁻⁾	69,5	4,8	69,5	65	Dentro da ME	4
15	86,6	60,2	71,9	5,1	73,1	65	Acima do NCA	8
16	84,0	58,0	69,3	4,3	70,6	65	Acima do NCA	6
17	80,0	59,6	68,3	2,5	68,3	65	Acima do NCA	3
18	85,5	59,9	70,9	4,2	72,2	65	Acima do NCA	7
19	83,7	60,6	71,2	4,3	71,2	65	Acima do NCA	6
20	84,4	62,2	72,6	2,5	72,6	65	Acima do NCA	8
21	83,9	59,7	70,2	3,4	70,2	65	Acima do NCA	5
22	82,1	59,0	70,7	2,7	70,7	65	Acima do NCA	6
23	85,3	57,6	70,8	3,9	72,1	65	Acima do NCA	7
24	84,9	59,8	70,1	3,3	70,1	65	Acima do NCA	5
25	88,6	59,9	70,5	4,7	71,7	65	Acima do NCA	7
26	89,5	59,7	71,9	5,2	74,4	65	Acima do NCA	9
27	84,8	56,8	69,8	4,3	71,0	65	Acima do NCA	6
28	87,3	63,6	73,3	3,3	74,6	65	Acima do NCA	10
29	81,6	60,2	70,3	3,4	70,3	65	Acima do NCA	5
30	86,9	61,2	70,9	4,0	72,2	65	Acima do NCA	7
31	86,2	64,5	74,3	2,9	74,3	65	Acima do NCA	9
32	82,5	58,1	71,0	2,3	71,0	65	Acima do NCA	6
33	82,1	57,0	71,0	2,6	71,0	65	Acima do NCA	6
34	83,9	60,9	70,8	3,7	72,0	65	Acima do NCA	7
Média	84,8	60,4	71,1	3,7	71,8	-	-	6,8

(+) Maior valor registrado

Acima do NCA = Acima do Nível Crítico de Avaliação

(-) Menor valor registrado

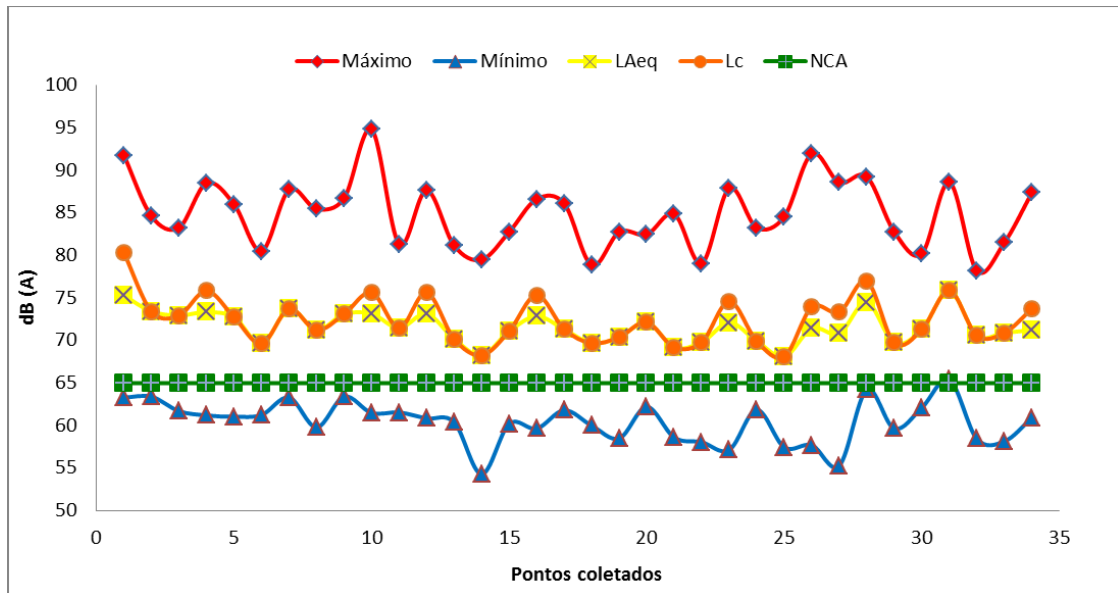
Dentro da ME = Dentro da Margem de Erro

Fonte: Próprio autor.

4.1.2 Níveis de pressão sonora equivalente, corrigido e valores acima do NCA

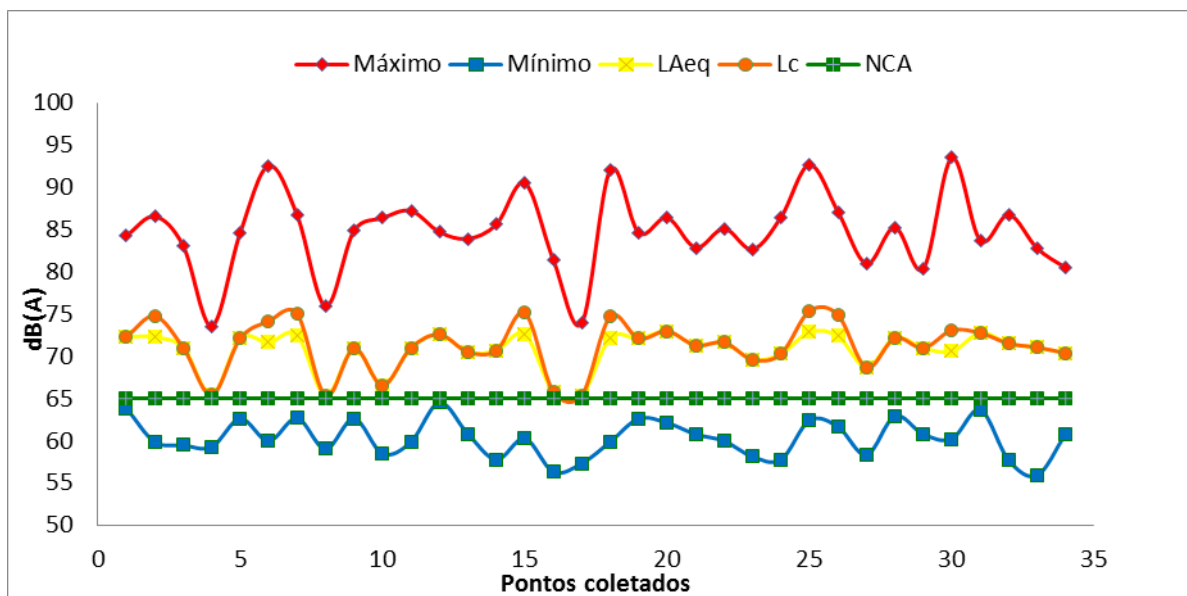
Para melhor visualizar as discrepâncias entre os valores de ruído aferidos no cenário acústico dos períodos matutino e vespertino, os resultados apresentados nas tabelas 15 e 16, foram graficamente representados através das Figuras 36 e 37, respectivamente, para melhor avaliar o ruído e analisar os resultados de L_{Aeq} .

Figura 36 - Comportamento dos Níveis de Pressão Sonora aferidos (Período matutino).



Fonte: Próprio autor.

Figura 37 - Comportamento dos Níveis de Pressão Sonora aferidos (Período vespertino).



Fonte: Próprio autor.

Pôde-se observar através dos gráficos (Figuras 36 e 37) que os níveis de pressão sonora calculados tanto para o período matutino quanto para o vespertino estão significativamente maiores que os permitidos para a região, conforme NCA adotado a partir da legislação ambiental específica vigente.

Segundo Morettin e Toloí (1987, p. 01) “uma série temporal é um conjunto de observações ordenadas no tempo”. Observa-se que as séries acústico temporais de ambos os períodos apresentam comportamentos parecidos. Enquanto que os valores mínimos dos NPS encontrados oscilam próximo à faixa de tolerância, chegando em alguns momentos a atingir o NCA, os valores máximos foram observados bem acima dos 65 dB (A), com valores expressivamente altos, bem acima das curvas de L_{Aeq} e L_c . Estes últimos, por sua vez, apresentaram comportamento bastante parecidos, pois, mesmo quando identificadas oscilações, estas eram mínimas e pontuais, oriundas da própria natureza do cálculo do L_c que, conforme orientação específica, estabelece um acréscimo de 5 dB (A) à média do NPS aferido com componentes tonais ou impulsivos (ABNT, 2000).

No período matutino, foram observados dez pontos que tiveram o L_{Aeq} corrigido devido à identificação de ruídos com características tonais ou impulsivas: Ponto 1, 4, 10, 12, 16, 23, 26, 27, 28 e 34, já no período vespertino, oitos pontos foram identificados: Ponto 2, 6, 7, 15, 18, 25, 26 e 30. Estes, tiveram as fontes sonoras caracterizadas pela presença de ruídos emitidos de bate-estacas, martelos, britadeiras, apitos, carros de som automotivo, autofalante ou megafones, todos, registrados e descritos manualmente na planilha de dados.

4.1.3 Análise de tendência dos valores acima do NCA

Gráficos com linhas de tendência estatística exibem tendências em dados e analisa problemas de previsão¹⁵. Esta análise também é chamada de análise de regressão e é capaz de fazer uma estimativa da relação entre variáveis para que determinado valor possa ser previsto a partir de uma ou mais variáveis diferentes (STEVENSON, 1986).

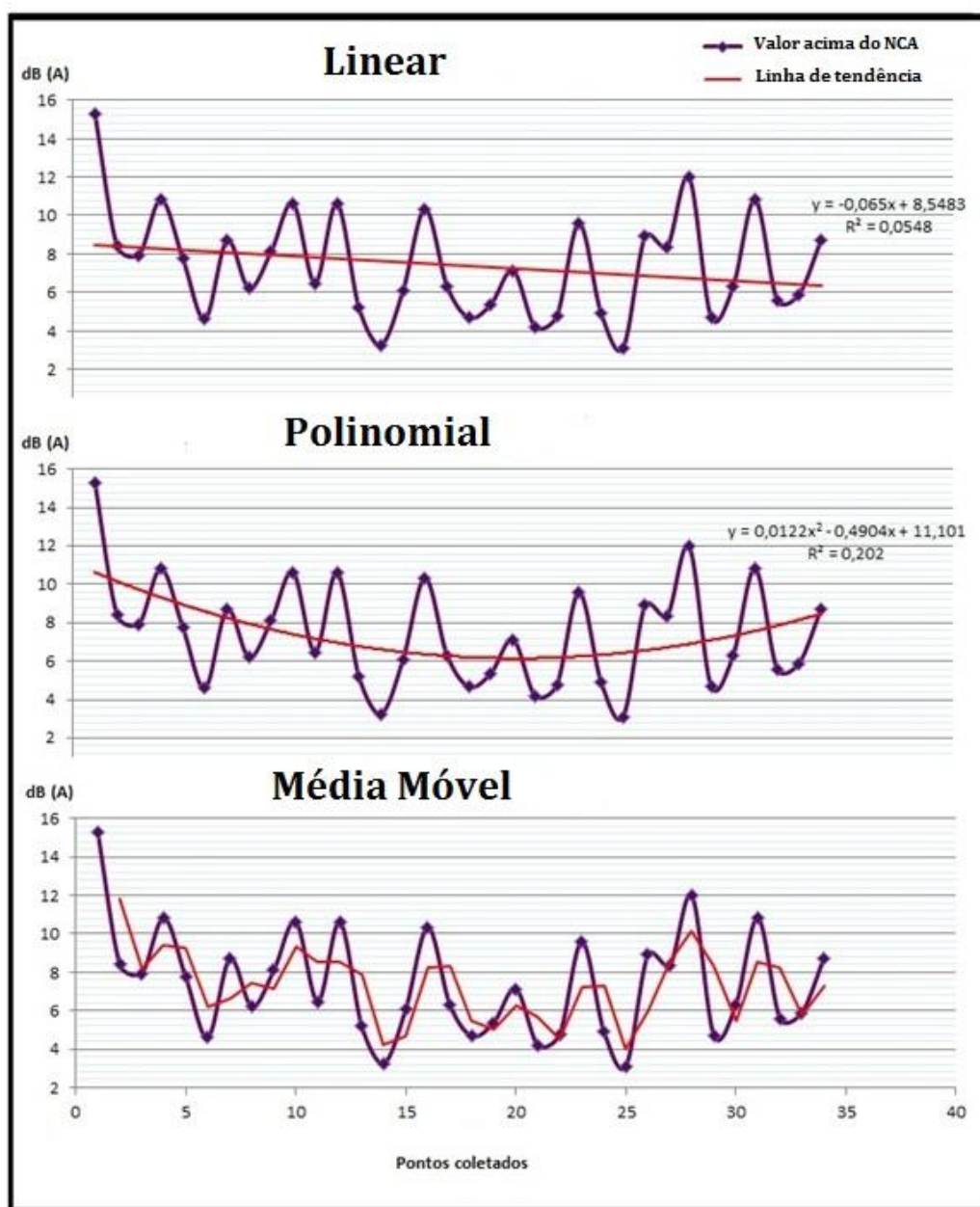
Usando a análise de regressão, podemos estender uma linha de tendência estatística em um gráfico além dos dados reais para prever valores futuros. Essa previsão pode ser tanto uma *retrospectiva* (projeção anterior aos dados) quanto *prospectiva* (projeção futura dos dados). É importante salientar que a previsão não constitui um fim em si, mas apenas um

¹⁵ Etimologicamente (*prae e videre*), a palavra previsão sugere que se quer ver uma coisa antes que ela exista. Alguns autores preferem a palavra predição, para indicar algo que deverá existir no futuro. Ainda outros utilizam o termo projeção (MORETTIN e TOLOI, 1987). Nesta pesquisa, será utilizada consistentemente a palavra previsão com o sentido indicado acima.

meio de fornecer informações para uma consequente tomada de decisões, visando a determinados objetivos (MORETTIN e TOLOI, 1987).

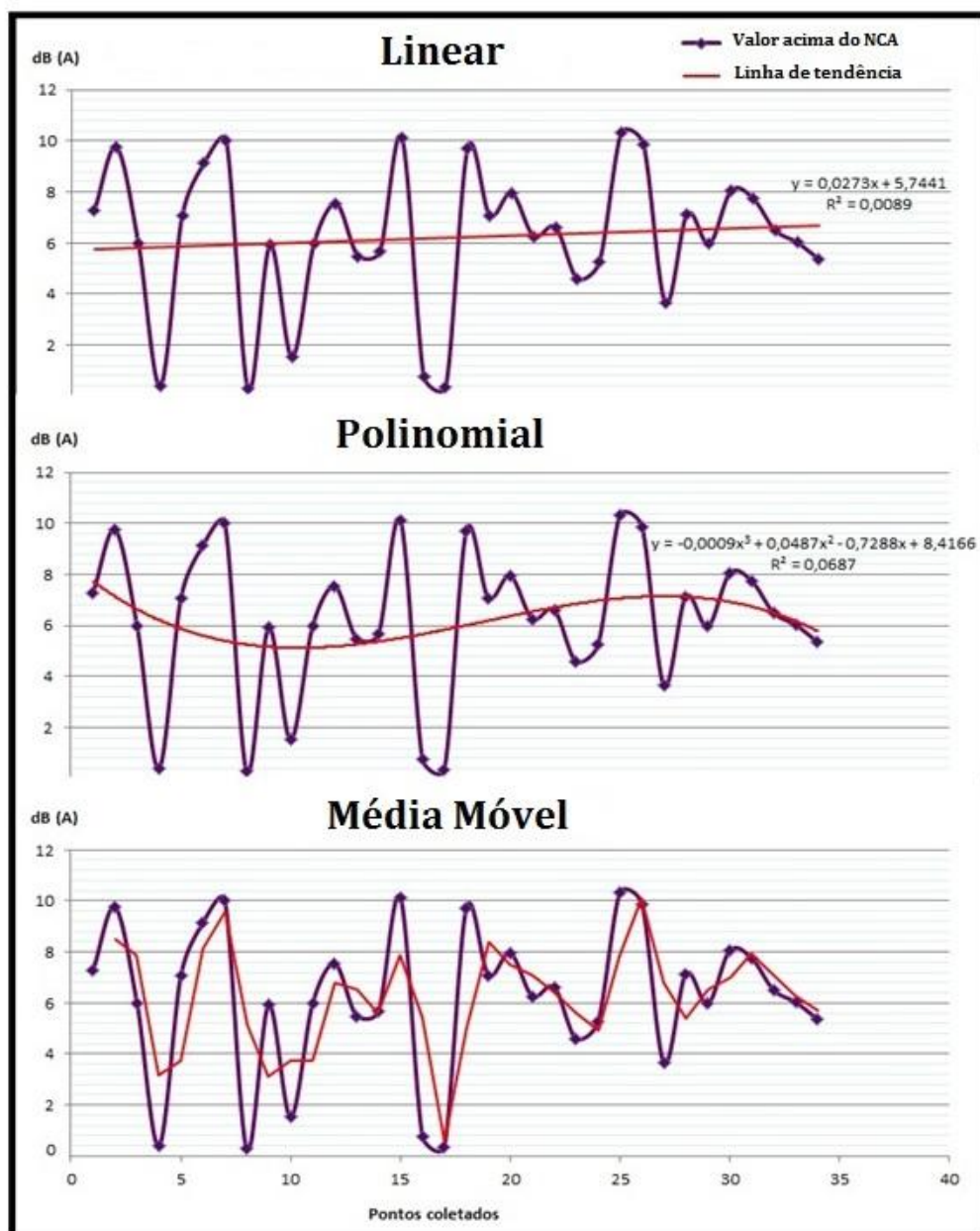
Dessa forma, para analisar o comportamento temporal da série de NPS acima do NCA obtidos a partir dos 34 pontos aferidos no ano de 2018, foram utilizadas três equações diferentes para representar a linha de tendência de regressão: Linear, Polinomial e Média Móvel. Essas três representações adotadas estão disponíveis, respectivamente, de cima para baixo, nos três gráficos elaborados através do programa Excel®, para o cenário acústico do período matutino (Figura 38) e, para o do vespertino (Figura 39).

Figura 38 - Tendência de comportamento dos NPS acima do NCA (Período matutino).



Fonte: Próprio autor.

Figura 39 - Tendência de comportamento dos NPS acima do NCA (Período vespertino).



Fonte: Próprio autor.

A regressão linear utiliza uma linha reta de melhor ajuste para conjuntos cujos dados são lineares. Uma linha de tendência linear (equação de 1º grau) geralmente mostra que algo está aumentando ou diminuindo a uma taxa fixa. Neste caso, pode-se observar que os NPS aferidos acima do NCA apresentam um comportamento decrescente no período matutino (coeficiente angular de -0,065) e levemente crescente (coeficiente angular de 0,027). O modelo não é o mais adequado pois ao se reverter os pontos de NPS aferidos a taxa muda, ou seja,

o comportamento da série passa a ser decrescente. Logo, o método de regressão linear não é o mais aconselhável para avaliar a curva dos NPS aferidos no local.

Quando utilizada uma equação polinomial de 3º grau para se extrair a linha de tendência¹⁶ dos valores de NPS acima do NCA a curva apresenta comportamento parabólico no período matutino e, no período vespertino, um comportamento aparentemente senoidal.

Já para a configuração de “Médias Móveis”, na qual utiliza um número específico de pontos de dados, a linha de tendência tende a se suavizar e adaptar-se às flutuações dos dados. Neste caso, para um período igual a 2 (dois) o valor do ponto na linha de tendência equivale à média das duas amostras anteriores, e assim, sucessivamente¹⁷. No terceiro gráfico da figura 29 e 30, é possível perceber que a linha de tendência acompanha a curva dos níveis de ruído acima do NCA para ambos os períodos, apresentando, somente no final da série, comportamento crescente durante o período matutino, e decrescente, durante o vespertino. Este fato já era esperado, pois a região acústica, conforme já descrita, apresenta uma grande diversidade de fontes sonoras e pode ser traduzida com aspecto sonoro caracterizado por ruído desarmônico, oscilando em momentos com NPS bem altos (picos acima de 90 dB (A)), como também, momentos com pouco ruído ou abaixo do NCA.

4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES COMPUTACIONAIS

4.2.1 Mapa de ruído interpolado gerado no *software* de geoprocessamento ArcGIS

Para analisar a distribuição superficial do ruído na área de estudo, foi realizada a interpolação dos NPS aferidos pelo conhecido método do Inverso da Distância ao Quadrado.

A Ponderação do Inverso das Distâncias (*Inverse Distance Weighting*) implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Para prever um valor para algum local não medido, o IDW usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou

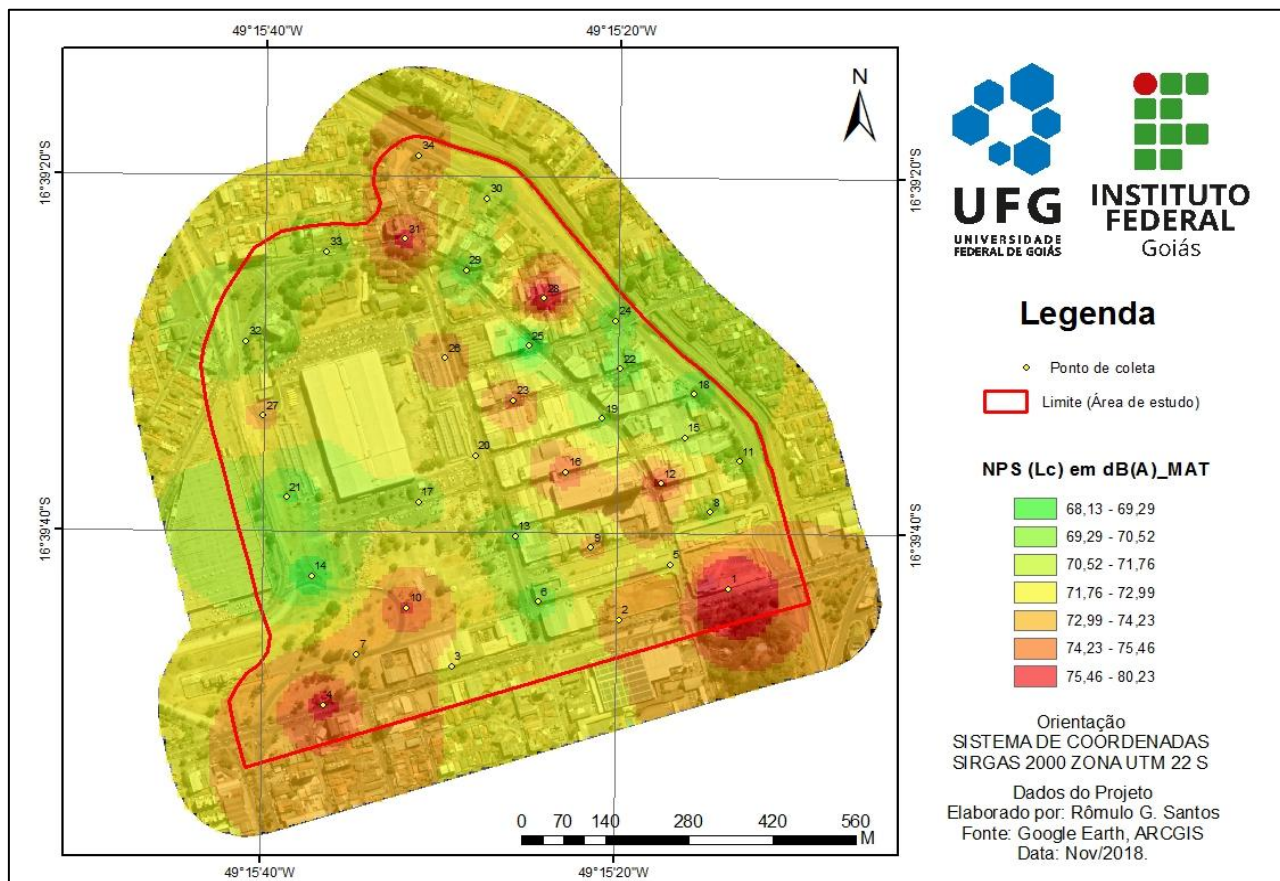
¹⁶ Quando supomos que a tendência possa ser representada por um polinômio de baixo grau isso implica que usamos todas as observações para estimar o polinômio. O problema mais sério que se encontra ao estimar tendência através de um polinômio é que, embora ele possa ajusta-se bem ao conjunto de valores observados, extrapolações futuras podem ser bastante ruins (MORETTIN e TOLOI, 1987).

¹⁷ A técnica de média móvel consiste em calcular a média aritmética das observações mais recentes. O método é apropriado quando temos uma série temporal cuja componente sazonal varia com o tempo, ou seja, para séries cuja sazonalidade é estocástica. O nome é utilizado porque, a cada período, a observação mais antiga é substituída pela mais recente, calculando-se uma média nova. A previsão de todos os valores futuros é dada pela última média móvel calculada (MORETTIN e TOLOI, 1987).

seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta, daí seu nome (MORETTIN e TOLOI, 1987).

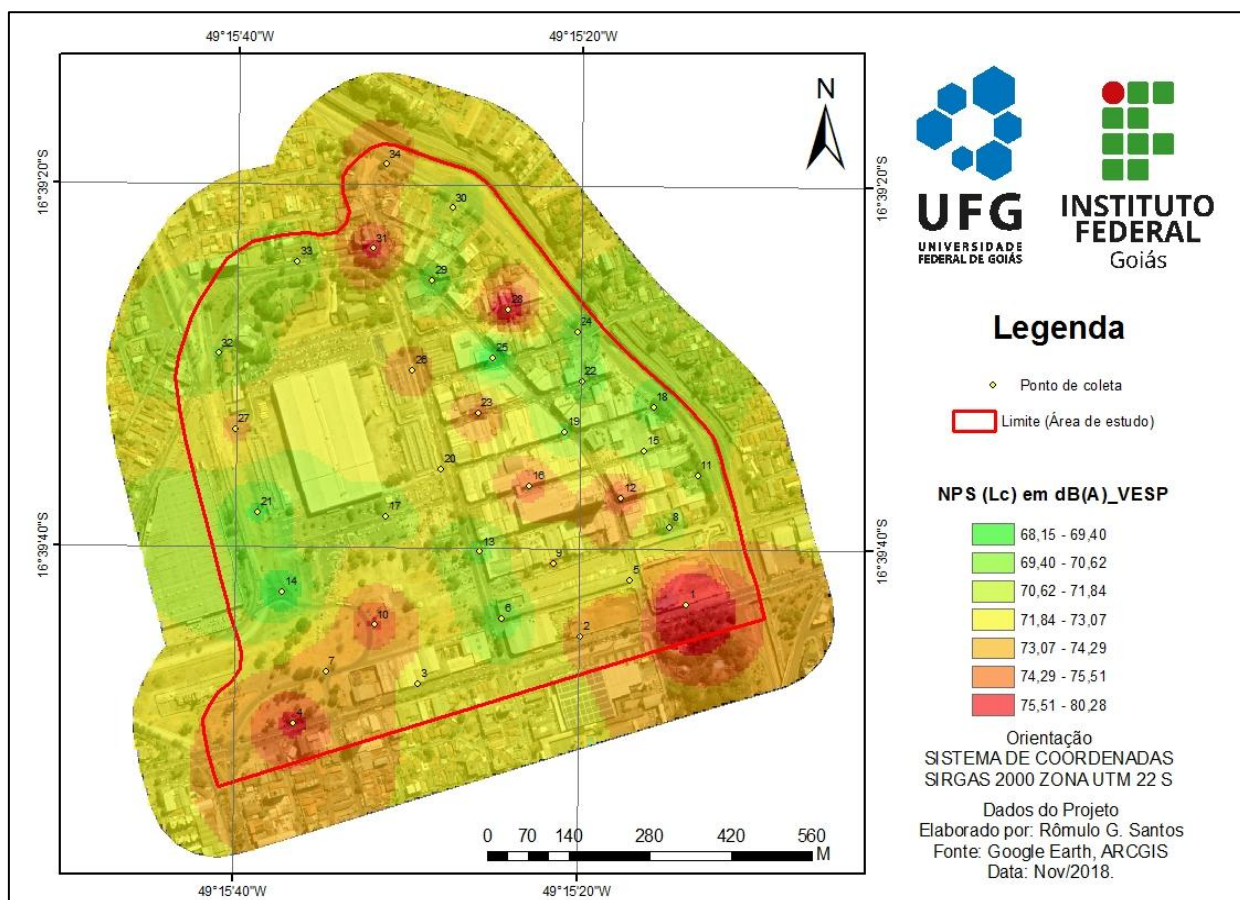
A análise foi realizada através do *software* de geoprocessamento ArcGis utilizando a ferramenta de extensão “*Spatial analysis*”. Esta análise resultou em dois mapas de ruído, um representando o NPS corrigido para o cenário acústico do período matutino (Figura 40) e o outro, para o vespertino (Figura 41).

Figura 40 - Mapa dos Níveis de Pressão Sonora, Período Matutino, Goiânia (2018)



Fonte: Próprio autor.

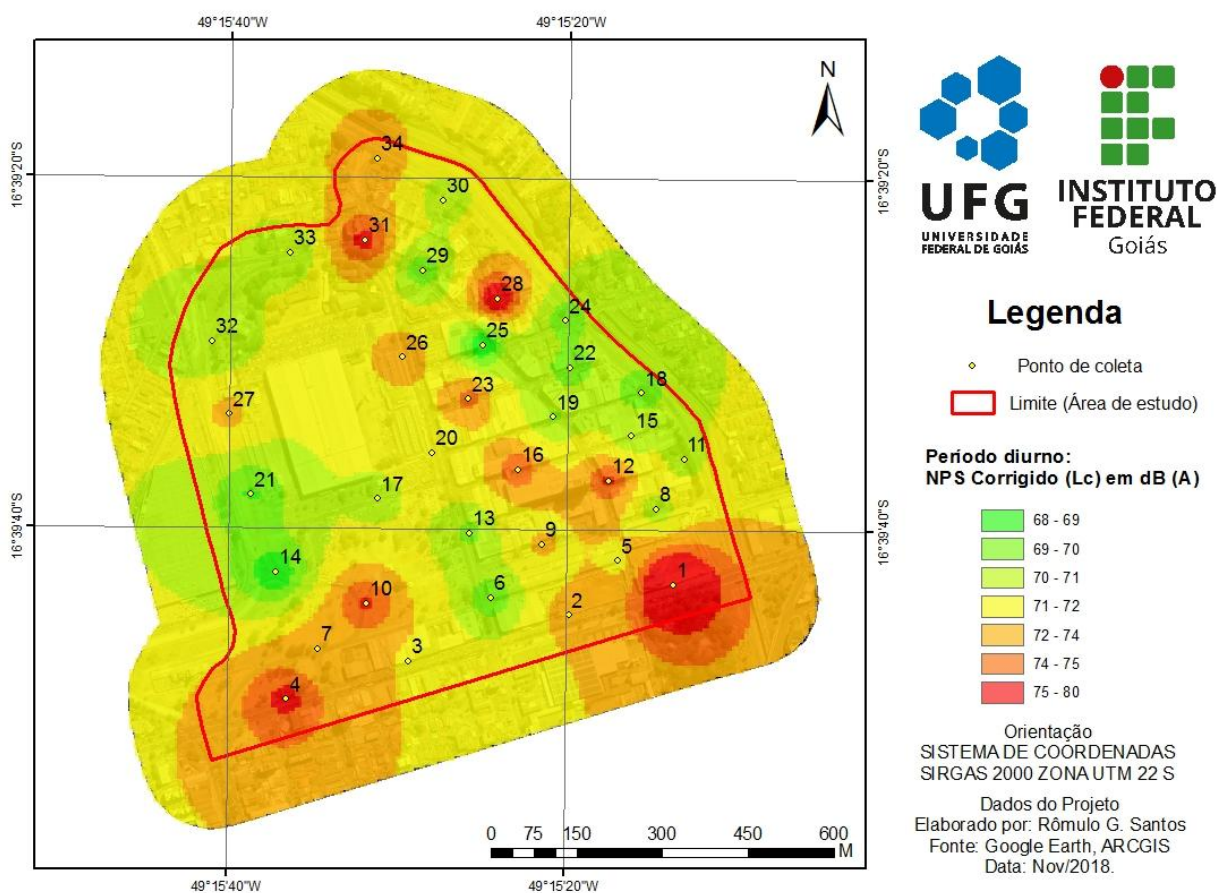
Figura 41 - Mapa dos Níveis de Pressão Sonora, Período Vespertino, Goiânia (2018)



Fonte: Próprio autor.

Através dos mapas, foi possível observar que não houve diferenças significativas entre os níveis de ruído diagnosticados para o período matutino e vespertino, apenas valores de ordem decimal. Logo, como ambos os mapas contam com a mesma quantidade de classes e intervalos semelhantes, ambos foram unificados no programa QGIS, sobrepondo o *layer* da interpolação IDW do período matutino sobre o outro do período vespertino e, alterando-se o nível de transparência de ambos para 50%. Dessa forma, foi possível obter um mapa de ruído predito com uma informação mais homogênea e completa da distribuição superficial do ruído a partir dos NPS coletados nos 34 pontos da área de estudo (Figura 31)

Figura 42 - Mapa interpolado de ruído (Período diurno).



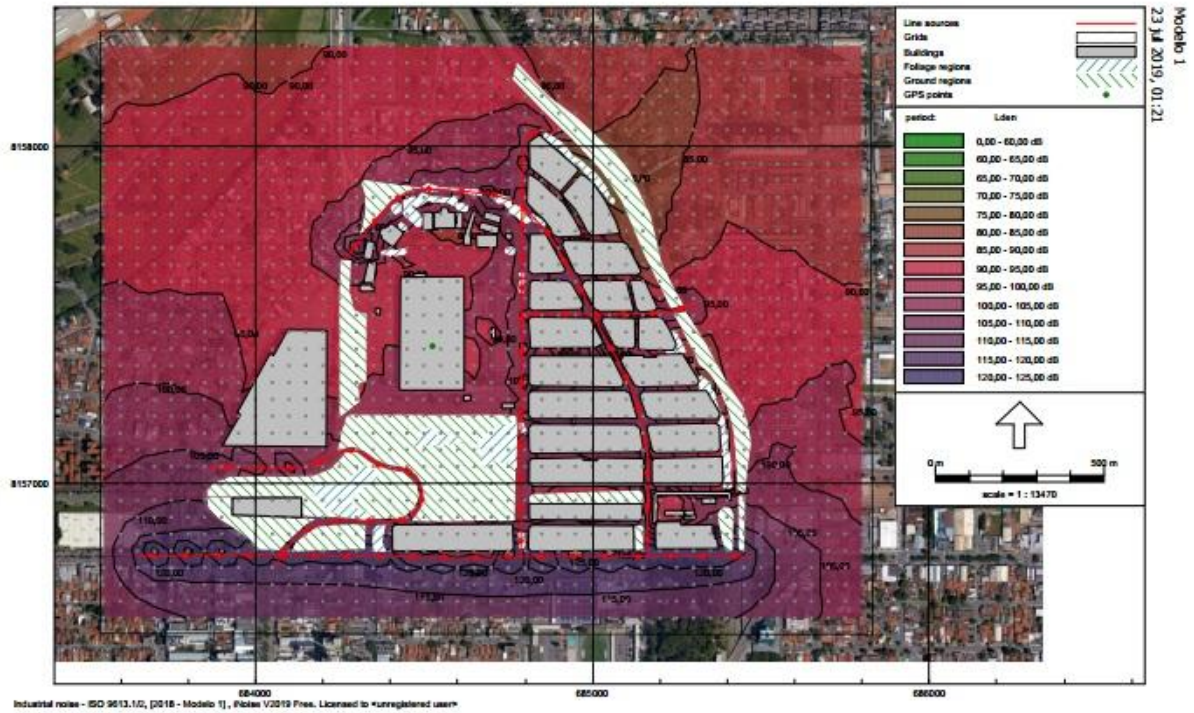
Fonte: Próprio autor.

Quanto aos mapas produzidos, pôde-se verificar que os níveis de pressão sonora calculados encontravam-se consideravelmente altos, ou seja, comparando-se com o NCA adotado, que determina um limite de ruído de no máximo 65 dB (A) para o período diurno para a região localizada no Centro da Capital, é possível perceber que mesmo os valores de ruído variando a uma amplitude de apenas 5 decibéis, [70dB (A);75dB (A)], os valores de intensidade sonora estão extremamente altos, ou seja, na ordem de 3 a 16 vezes acima do permitido para a região.

4.2.2 Mapa de ruído interpolado simulado no *software* de previsão acústica iNoise®

Conforme descrito nos procedimentos metodológicos, o resultado da simulação acústica do espalhamento do ruído da área de estudos em um *grid* horizontal está apresentado na Figura 43.

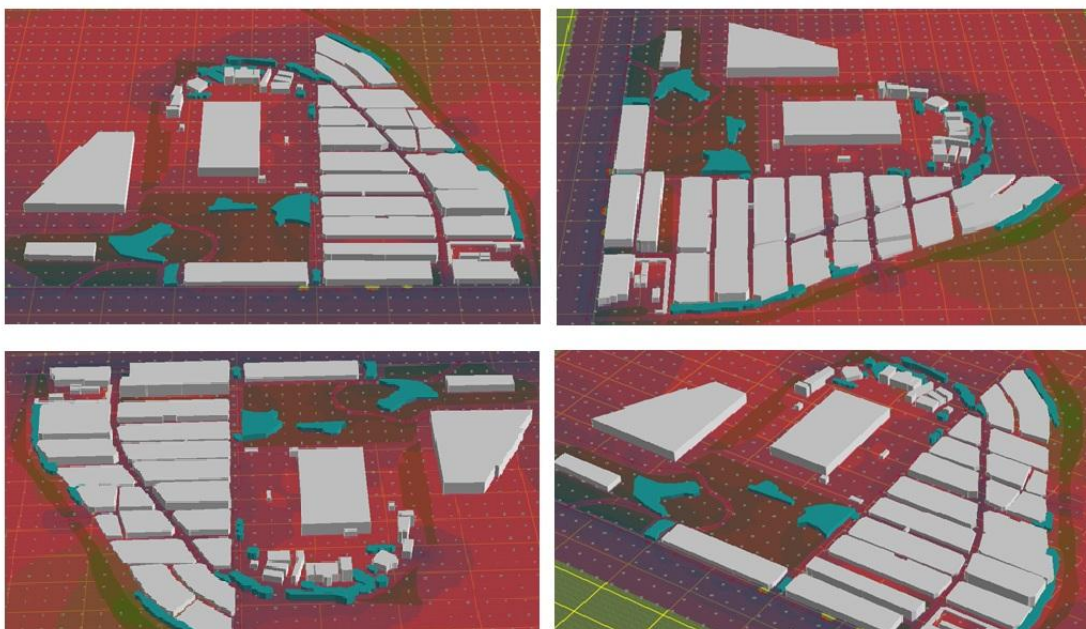
Figura 43 - Mapa de ruído da região simulada gerado pelo *software* iNoise®.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para melhor visualização do resultado e facilitar o entendimento do espalhamento do ruído no mapa, o resultado também pode ser conferido em diversos ângulos no formato 3D, conforme Figura 44.

Figura 44 - Mapa de ruído da área de estudo (em 3D).



Fonte: elaborado pelo autor.

Portanto, nesta pesquisa, foram utilizadas medições *in loco* e, posteriormente, realizadas predições com os *softwares* de Geoprocessamento ArcGis e QGis, e posteriormente, simulações com o *software* de predição acústica iNoise®. Para validação desses modelos gerados, foi realizada comparação dos resultados obtidos através dos mapas com os coletados nas medições em campo, e o resultado, foi que os dados obtidos através das simulações, predições e cálculos estão de acordo com os padrões de conformidade estabelecidos pela NBR 10.151:2000 especificamente no que trata de trabalhos acústicos realizados em ambientes externos e conforme a norma ISO 9.613 Parte ½ acerca de modelagem acústica em *software* de predição sonora.

4.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise do mapa de ruído elaborado tanto através do *software* de Geoprocessamento ArcGIS quanto pelo de predição acústica iNoise® permitiu verificar que os NPS aferidos encontravam-se consideravelmente altos quando comparados aos padrões de ruído aceitos para a região. Até mesmo os pontos preditos com valores mais baixos (em torno de ~70 dB (A)) foram diagnosticados com NPS excedentes. Dessa forma, em vista do mapa de ruído elaborado, os pontos críticos com valores de L_{Aeq} igual ou 10 dB (A) acima do NCA adotado a fim de se identificar, caracterizar e descrever as diferentes fontes de ruído que contribuem para o fenômeno da poluição sonora na região estão dispostos na Tabela 20.

Tabela 19 - Descrição das fontes de ruído nos pontos monitorados.

Pontos	Período	Valor acima do NCA dB (A)	Local	Explicação (fontes de ruído)
1	MAT	15	Av. Independência	Construção civil (Polo Mega Moda) e entrada de veículos para Marginal Botafogo.
2	VESP	10	Av. Independência	Construção civil (<i>Shopping</i> Galo) e intenso fluxo de veículos na avenida (ônibus).
3	MAT	8	Av. Independência	Tráfego intenso de veículos de grande porte (ônibus coletivo urbano e rodoviário).

Continua na próxima página...

Tabela 19 - Descrição das fontes de ruído nos pontos monitorados.

Pontos	Período	Valor acima do NCA dB (A)	Local	Explicação (fontes de ruído)
4	MAT	11	Av. Independência	Tráfego intenso de veículos de grande porte (ônibus coletivo urbano e rodoviário).
7	VESP	10	Av. Goiás com Rua 67-A	Espaço aberto, passagem de ônibus coletivo urbano e próximo às obras do BRT.
10	MAT	11	Av. Goiás	Espaço aberto, passagem de ônibus coletivo urbano e próximo às obras do BRT.
12	MAT	11	Av. Contorno esq. com Rua 67-B	Intenso fluxo de veículos, motos/carros de som (publicidade), ruído de tráfego (trânsito lento e congestionado).
15	VESP	10	Rua Jose Sinimbu Filho	Construção civil (Galeria Fashion), vendedores ambulantes vocalizando e motos/carros de som (publicidade).
16	MAT	10	Rua José Sinimbu Filho	Construção civil (Galeria Fashion), gritos de vendedores ambulantes e motos/carros de som (publicidade).
18	VESP	10	Rua 69-A	Construção civil e fluxo de veículos da Marginal Botafogo (abaixo).
23	MAT	10	Rua 300	Tráfego intenso de veículos (motos e pequeno porte) e vendedores ambulantes vocalizando.
25	VESP	10	Av. Contorno esq.com Rua 301	Som de motos/carros de som (publicidade) e ruído de tráfego (trânsito lento e congestionado).
26	VESP	10	Rua 44	Entrada e saída de veículos da rodoviária (ônibus), ruído de tráfego (trânsito lento e congestionado) e vendedores ambulantes vocalizando.
28	MAT	12	Rua 302	Obras de Construção civil (reforma do Feirão dos Camelôs da 44) e som de motos/carros de som (publicidade).
31	MAT	11	Rua 44, esq. com Av. Oeste e Contorno	Ruído de tráfego intenso (trânsito lento e congestionado), vendedores ambulantes vocalizando e som de motos/carros de som (publicidade).

Fonte: Próprio autor.

A partir da Tabela 19, observa-se que a paisagem sonora está caracterizada pela presença de uma diversidade de fontes sonoras. Como a região é formada por uma intensa movimentação de pedestres, vendedores ambulantes e veículos, o tráfego na região é bastante truncado formando diversos pontos de congestionamento. Além do mais, a cidade de Goiânia tem apresentado um aumento na utilização de veículos automotores como meio de transporte, em contrapartida ao transporte público ou meios mais sustentáveis como as bicicletas, e esse dado, pode-se refletir tanto na dificuldade de maior fluidez do trânsito quanto na formação de

conflitos de tráfego que, devido à falta de locais ou quantidade insuficiente de vagas de estacionamento na região da 44, influencia e intensifica ainda mais a emissão de ruído na região, propiciando assim, um aumento nos níveis de ruído na região o que, conseqüentemente, contribui para um aumento nos índices de poluição sonora em Goiânia.

Em relação ao resultado da contagem de veículos, das 24 vias presentes na área de estudo, 15 foram avaliadas, e destas, 1 (uma) é caracterizada como via de trânsito rápido, 5 (cinco) como vias arteriais, 1 (uma) como via coletora e 13 (treze) como vias locais. Logo, pode-se observar que a região é formada principalmente por vias locais de no máximo 30 km/h. No entanto, mesmo com a presença de inúmeras vias coletoras que poderia conceder maior dinamismo ao trânsito local, conforme as características já mencionadas, como intenso comércio realizado de forma desordenadamente nas ruas, grande quantidade de unidades comerciais como *shoppings* e galerias de roupas, falta de estacionamentos e vias de trânsito com faixa de rolagem muito estreita, a qual, na maioria, das vezes, são de mão única, a região de estudos apresenta inúmeros pontos que formam congestionamentos de veículos, o que acarreta, conseqüentemente, em altos índices de ruído, conforme observado nos pontos das vias locais 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20 e 25, com registro de L_{Amax} acima de 80 dB (A).

Os níveis de pressão sonora calculados no ambiente revelaram que a grande maioria dos valores de L_{Aeq} do período diurno encontram-se acima do NCA (94,12 %), exceto dois registros (5,88%) que foram identificados dentro da margem de erro – na faixa de tolerância de 65 dB (A). Infere-se, portanto, que os pontos localizados nas esquinas das ruas ou em confluência com mais de uma via de tráfego, em cima de canteiros ou praças (ex.: Pontos 1, 4, 28 e 31), ou próximos a semáforos e ou faixas de pedestres, apresentam uma maior emissão de ruído no local devido a uma redução na velocidade e, conseqüentemente, no acúmulo de veículos em espera ocasionando uma maior aceleração e frenagem na região.

Em vista da região apresentar dificuldades na distribuição da malha viária e uma grande quantidade de comércio e serviços que se concentram nas principais ruas e avenidas da região, principalmente, no entorno da Rua 44, pode-se notar através da Tabela 19 que a maioria do ruído registrado foi ocasionado por inúmeras e variadas fontes. Este fato também foi observado nos estudos de Brasileiro (2017), Oliveira (2017) e Pinto et al. (2013) para áreas com estas mesmas características.

Como resultado da caracterização sonora da área de estudos, a metodologia empregada para agrupar regiões em zonas com características sonoras semelhantes subdividiu a a região em duas zonas acústicas: uma, com área de 26,3 ha, apresentando níveis sonoros mais elevados, predominantemente comercial e edificações mais próximas margeando as vias e,

outra, com área de 24,7 ha, níveis sonoros mais reduzidos, mais afastada das edificações e das vias com intenso fluxo de tráfego. Esta metodologia de divisão em polígonos para caracterização da paisagem sonora urbana também foi observada no trabalho de Brasileiro (2017) desenvolvido no bairro “Castelo Branco”, na região central de João Pessoa/PB.

Dessa forma, no polígono 1, onde estavam localizadas as vias com maior fluxo de veículos e que concentrava a maioria das edificações como lojas e galerias de roupas, os níveis de ruído caracterizam a região acusticamente como mais poluída do que no polígono 2. Logo, observa-se que a variação dos NPS não se relaciona apenas com o fluxo de tráfego, mas também, com a morfologia urbana e o tipo de ocupação do solo.

Vias com grandes dimensões de caixa (altura x largura) com perfil tipo “L” ou “U” confirmam a influência das características morfológicas na magnitude de emissão de ruído ao ambiente. As construções localizadas às margens das vias de tráfego, como Av. Independência, uma via perfil tipo “L” (no Ponto 1), paralelas à Av. Contorno, uma via perfil tipo “U” (no Ponto 12) ou perpendiculares a ela (nos Pontos 9, 16 e 23), estavam expostas a maiores níveis de ruído do que as mais recuadas, em torno do Araguaia *shopping* (Ponto 21 e 33) ou da Praça do Trabalhador (Ponto 14 e 17), no polígono 2.

Já quanto à posição dos edifícios, duas configurações básicas foram observadas, conforme explicado no Referencial bibliográfico desta pesquisa e já encontrado em outros trabalhos da literatura, como OLIVEIRA (2017) e PINTO et al. (2013): a primeira, com a fachada dos edifícios voltadas para as vias de grande fluxo formando zonas de “sombra acústica” na parte posterior de alguns edifícios (Pontos localizados na Avenida Independência ou Goiás Norte), e a segunda, com a fachada dos edifícios perpendiculares às vias de grande fluxo, resultando em corredores acústicos também conhecidos como “*cânions*” em que a energia do som permanece confinada devido ao efeito da reflexão no espaço entre os edifícios (Pontos localizados na Avenida Contorno), sendo gradualmente dissipada (BISTAFA, 2011).

No trabalho de OLIVEIRA (2017) desenvolvido no Setor Marechal Rondon, bairro vizinho à área de estudo deste projeto, pertencente também à zona “Centro da Capital”, o autor concluiu que 61, dos 67 pontos mensurados (i.e, 91 %) apresentaram valores de L_{Aeq} , acima da norma padrão vigente, sendo o valor máximo encontrado de 76,1 dB (A), doze a treze vezes superior à intensidade sonora permitida para a região (de 65 dB (A)). Logo, este resultado não se difere muito do encontrado nesta pesquisa em que, dos 34 pontos aferidos na região de estudos também localizada no Centro de Goiânia, todos os valores registrados estão acima da norma ambiental vigente.

Outro fator constatado quanto aos níveis de ruído na região foi que os pontos caracterizados com os maiores índices de pressão sonora estavam justamente localizados nas principais ruas e avenidas da área de estudos, cercados por áreas de intenso comércio e/ou serviços, tal como observado por PINTO et al. (2013) no mapeamento acústico realizado no bairro “Lagoa Nova”, na região central urbana do município de Natal/RN. Segundo o autor, o bairro é cortado por uma quantidade significativa de vias arteriais e coletoras, das quais, as mais movimentadas, foram justamente as que apresentaram maior nível de velocidade permitida.

Já quanto aos níveis de pressão sonora calculados, pôde-se observar que a maioria dos pontos avaliados apresentou valores consideravelmente altos, com níveis de pressão sonora atingindo até 90,6 dB (A) (Ponto 10), ou seja, um valor 256 vezes superior ao nível de intensidade sonora estabelecido para a região e, aparentemente, semelhante ao diagnosticado por PINTO et al. (2013) em que todos os pontos apresentaram níveis fora do recomendado pela referida norma ambiental vigente.

Para COSTA (2015), em seu trabalho de monitoramento de ruído realizado no *campus* IFG, localizado na região central de Goiânia e ao lado de uma grande área verde onde está inserido o “Parque de Diversões Mutirama”, a análise do perímetro externo revelou que os níveis de ruído coletados nas esquinas e zonas mediais das ruas que cercam o complexo educacional apresentaram valores de L_{Aeq} acima do NCA, tanto no período matutino, com ênfase nos pontos de esquina, quanto no período vespertino, todos os pontos avaliados (excetuando-se apenas dois registros, um “dentro do NCA” e outro “na margem de erro” experimental).

A avaliação da média dos níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) revelou que não foram observadas diferenças significativas na averiguação do ruído entre diferentes períodos de um mesmo dia, mas somente, entre os registros de NPS aferidos em um mesmo período. Estas diferenças representaram valores absolutos pontuais muito ínfimos quando comparadas ao valor médio de L_{Aeq} em dB (A). PINTO et al. (2013) relatou esta mesma constatação, “que os cenários acústicos entre dois períodos diferentes de um mesmo dia, matutino e vespertino, por exemplo, não precisam ser discernidos separadamente, pois apresentam diferenças insignificantes”, tal como OLIVEIRA (2017) através da análise das variações sonoras entre os períodos noturno e diurno no Setor Marechal Rondon.

Sugere-se portanto que se realize novos estudos para avaliar a existência ou não de diferenças significativas entre as médias obtidas a partir de cenários com ou sem a ocorrência de eventos atípicos que influenciam no fluxo de pessoas como também na realização

do comércio na região, como por exemplo, início das aulas, férias escolares ou datas comemorativas (Natal, Dias das Mães, Dia dos Pais ou das Crianças), sugestão está já testada no estudo de PINTO et al. (2013).

Os pontos localizados próximos à Marginal Botafogo, uma via de trânsito rápido com velocidade máxima de até 80 km/h, aparentemente deveriam apresentar níveis de ruído sonoro equivalente (L_{Aeq}) mais altos, devido a alta velocidade dos veículos, como observado nos trabalhos de BRASILEIRO (2017), nos pontos à margem da Rodovia BR 230 em João Pessoa/PB, ou OLIVEIRA (2017), nos pontos localizados no entorno das Avenidas Leste-Oeste, Bernardo Sayão ou Alameda Capim Puba. No entanto, devido a interdição no sentido de uma das vias da Marginal por causa das obras de reconstrução da Ponte Botafogo que teve sua estrutura danificada pelas fortes chuvas na região, o nível de ruído diagnosticado foi relativamente baixo (entre 68 e 70 dB (A)) se comparado aos níveis de ruído registrados em pontos não muito distantes da via, como o Ponto 12, que está apenas a 15 metros de distância ou na Avenida Contorno esquina com a Rua 67-B, que registrou intensidades sonoras de até 14 vezes acima ao permitido (~ 11 dB (A) acima do NCA).

Além do mapa de distribuição superficial de ruído predito a partir dos NPS aferidos pelo decibelímetro, os dados acústicos medidos foram utilizados para realização da modelagem e simulação computacional da poluição sonora na região. Através do *software* iNoise® foi possível prever, no sentido de indicar algo que deverá existir no futuro, a distribuição do ruído ambiental, caracterizado principalmente pelo ruído de tráfego, e gerar mapas acústicos utilizados na análise da paisagem sonora local de acordo com as normas internacionais ISO 9.613-1 (ISO, 1993) e ISO 9.613-2 (ISO, 1996). O resultado desta análise é o mapa acústico de espalhamento de ruído apresentado na Figura 41.

Em relação aos *softwares* utilizados para produção dos mapas, tanto os de geoprocessamento em SIG (ArcGis e QGis) quanto o de predição acústica (iNoise®) geraram mapas de ruído ambiental da área de medição analisada mostrados nas Figuras 40, 41, 42 e 43. Entretanto, através da prática foi possível notar algumas diferenças entre eles referentes à facilidade de manuseio, precisão dos mapas e riqueza de dados na modelagem.

Outro ponto observado deve-se à inserção das propriedades da barreira acústica pelo *software* iNoise®. Neste, só é possível definir a altura relativa e a absorção sonora nas propriedades de configuração do item, conforme listado nas Figuras 31 e 32. Logo, para uma avaliação mais minuciosa, em que a composição e natureza das mesmas é especificada (como, por exemplo, parede formada por alvenaria, chapisco, emboço ou reboco) o programa deixa a

desejar pois não oferece a opção de diferenciar estes materiais constitutivos, agrupando todas as barreiras como sendo formadas por um mesmo material.

Em relação à inserção das propriedades da fonte, os dois *softwares* disponibilizam funções para se inserir dados tanto pelo Método de predição acústica (inserção do Nível Sonoro Equivalente) quanto pelo Modelo de medição sistemática (inserção do Volume de Tráfego e NPS). No presente trabalho, o *software* iNoise® se mostrou com uma interface mais amigável para a inserção das fontes sonoras que os *softwares* de geoprocessamento Qgis e ArcGis, ou seja, é mais fácil para o usuário lançar os dados acústicos no *software* iNoise® que nos de análise geográfica devido ao nível de detalhamento exigido por estes últimos.

Outra questão observada é quanto ao custo dos *softwares*. Apesar de nenhum dos dois serem *softwares* de livre acesso, o *software* ArcGis é muito mais custoso e robusto que o iNoise®, tornando-se difícil sua aquisição por parte de acadêmicos e pesquisadores científicos nesta área. No entanto, mesmo através da disponibilidade de uma licença para utilização gratuita do *software*, o mesmo apresenta funcionalidades restritas na versão *free*, sugerindo que o usuário compre o programa na versão Pró, com maiores custos e suporte ilimitado.

Vörländer (2008)¹⁸ diz que a simulação computacional utiliza conceitos matemáticos de Acústica aplicados em um modelo virtual, e destaca, que o resultado pode ser utilizado para otimizar a captação de dados. Logo, ambos *softwares* utilizados são eficazes na modelagem do ruído ambiental. A partir do estudo prévio do estado acústico através da simulação é possível se obter resultados com o menor grau de erro para tomada decisão. No entanto, para uma investigação precisa do ruído é recomendado a utilização de um *software* com maior número de recursos a uma escala adequada ao que se deseja analisar. Neste caso o iNoise® é eficiente para modelagem de ruído por apresentar dados com maior inteligibilidade ao usuário. Contudo, se a investigação for apenas para se observar a influência das barreiras na dispersão do ruído, qualquer um dos *softwares* de análise de dados espaciais utilizados, é suficiente.

¹⁸ VORLÄNDER, M. **Auralization**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Pode-se concluir que todos os cenários avaliados apresentam problemas referentes à acústica urbana local. Os espaços urbanos com edificações mais aglomeradas exibiram níveis de pressão sonora superiores aos espaços abertos, i. e., com edificações mais afastadas. Todos os 34 pontos amostrados durante o estudo apresentaram valores de nível de pressão sonora equivalente acima da norma ambiental vigente. Destes, 15 pontos críticos destacaram-se por estarem com valores iguais ou 10 dB (A) acima do limite permitido para o centro de Goiânia, ou seja, 65 dB (A).

Comparando-se as medições provenientes de ruas e avenidas com as do ruído médio equivalente, foi observado que os valores oscilaram na faixa de tolerância permitida (65 dB (A)) com máximos de 90 dB (A) e mínimos de 56 dB (A). O mapa de ruído interpolado apresentou os níveis de pressão sonora se distribuíam por toda a superfície da área de estudo, revelando um cenário acústico preocupante e que necessita urgentemente de intervenções.

Através das análises estatísticas dos níveis de pressão sonora acima do Nível Critério de Avaliação (NCA) foi possível traçar um perfil do cenário acústico local conforme o modelo de regressão utilizado possibilitando utilizar esta informação para medidas de controle e prevenção do ruído no âmbito socioambiental. Os dados e produtos obtidos a partir do monitoramento, como gráficos e mapas, contribuem para formação de uma base teórica georreferenciada que pode tanto auxiliar os gestores públicos na tomada de medidas de controle da poluição sonora quanto no estímulo à proposição de ações preventivas, compensatórias ou mitigatórias.

Acerca do mapeamento, os pontos com níveis sonoros acima do permitido foram identificados e suas fontes emissoras de ruído caracterizadas. Através do monitoramento na região foi possível identificar quais emissões eram causadas por máquinas ou processos, como as provenientes por carros com amplificadores de som ou máquinas da construção civil, além daquelas registradas em áreas que estavam dentro dos padrões aceitáveis conforme o NCA adotado, doravante, de acordo com a legislação ambiental vigente, evitando-se assim, gastos desnecessários com medidas de contenção ou mitigação.

O resultado da avaliação de predição acústica pelos *softwares* computacionais confirmaram visualmente através dos mapas os altíssimos níveis de ruídos aferidos em campo e demonstraram através dos métodos de interpolação a distribuição e espalhamento do ruído em regiões não analisadas. Esta análise propicia, particularmente, um sentimento de preocu-

pação, pois alerta a sociedade e entidades governamentais da iminente necessidade de intervenção na região da 44 e conseguir controlar os níveis de ruído na região do centro de Goiânia proporcionando assim maior conforto acústico à população.

Logo, a partir desta pesquisa, é importante salientar que novos estudos sobre a qualidade e conforto ambiental são fundamentais para a evolução de discussões e formulação de políticas para o controle da poluição sonora. O estímulo ao estudo fomenta o interesse no desenvolvimento de pesquisas voltadas ao campo de “Acústica urbana” e influencia na execução de medidas voltadas à fiscalização e controle dos níveis de ruído em que os cidadãos estão expostos nas grandes cidades. Dessa forma, sugere-se como propostas para trabalhos futuros:

- Ampliação das amostras na coleta de dados acústicos para os diversos períodos do dia, especialmente o noturno, que não pôde ser avaliado;

- Correlacionar o mapeamento sonoro da “região da 44” na região Central e Norte Ferroviário com a percepção subjetiva da população local;

- Avaliar se a poluição sonora interfere no mercado de imóveis imobiliários da região, especialmente, nos imóveis da “região da 44”, onde foram identificados pontos com índices mais críticos de ruído;

- Promover maior participação da sociedade nas discussões acerca das mudanças nas leis e normas sobre a acústica urbana, passando a ser mais difundida e divulgada perante a sociedade e aliada às características socioculturais de cada região, para que não aconteça como na Lei Complementar nº 318, de 3 de julho de 2019 (GOIÂNIA, 2019; Anexo IV) que altera os níveis de ruído da Instrução Normativa Municipal nº 026/2008.

- Aprofundar a análise de ruído em pontos localizados às margens da Marginal Botafogo, haja vista, a mesma encontrar-se interdita durante o período de desenvolvimento da pesquisa e, logo, impossibilitada de ser avaliada conforme esta realidade.

- Comparar os resultados obtidos com mapeamentos em outros bairros de Goiânia, seja com características semelhantes, ou mesmo, com características distintas, em termos de população, tráfego e demais fontes sonoras;

- Por fim, ampliar o diagnóstico do mapeamento acústico local, para outras regiões da cidade, como também, extrapolar os mesmo para elaboração do Mapa de Ruído de Goiânia/GO;

Enfim, o monitoramento do ruído na região central de Goiânia e posterior elaboração do mapa de ruído constitui uma ferramenta importante na formulação de um Plano de Ação para o controle do ruído, segundo Plano Diretor da cidade, bem como, na adaptação de

modelos para os centros urbanos de outras grandes cidades brasileiras. Os dados simulados contribuem para um maior conhecimento teórico com vistas à medidas de controle para o cenário atual, como também, para o desenvolvimento de trabalhos futuros que visem melhorar a qualidade de vida e bem estar da população, assegurando assim, seu direito a um meio ambiente equilibrado, e por que não dizer, acusticamente saudável.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, G; KURZE, U. **“Outdoor sound propagation”**. In: Beranek L.L., Vér, Noise and Vibration control engineering: principles and applications. New York: J. Wiley, 1992.
- ANNECKE, R; ZIMMERMAN, U. **Examples of using traffic management measures on noise in cities**. Munich' in Ellebjerg, L. (ed) (2008).
- ARANA, M.; GARCIA, A. **A social survey on the effects on environmental noise on the residents of Pamplona, Spain**. Appl Acoust, 53:245-53, 1998.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152:1987. Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- _____. **NBR 10.151:2000. Acústica. Avaliação do nível de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- _____. **NBR 17.025:2005. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**, Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. **NBR 10.151:2012. Projeto de Revisão - Acústica – Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- BERANEK, L.; VÉR, I. L. **Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications**. John Willey & Sons, Inc., 1992.
- BASTIÁN-MONARCA, N.; SUÁREZ, H.; ARENAS, J. P. **Assessment of methods for simplified traffic noise mapping os small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile**. Science of the Total Environment, v. 550, p. 439-448, 2016.
- BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D.H. (Eds.). **Guidelines for community noise**. World Health Organization (WHO). 1999.
- BERTOLDO, LEANDRO. **Fenômenos Ondulatórios**. Clube de Autores, 112 p., 2013.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Bugher, 2011.
- BRASIL, **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasil, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm> . Acesso em: 19 dez. 2018.
- _____. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL (CRFB), 1988**. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, Brasil, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **LEI Nº 9.503, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997.** Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 1997. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/web/codigos/transito/htoc.htm>>. Acesso em: 18 out. 2012.

_____. **LEI Nº 9.605, DE 12 de FEVEREIRO DE 1998.** Institui a Leis dos Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 08 ago. 2018.

_____. **LEI 10.406 DE 10 DE JANEIRO DE 2002.** Novo Código Civil. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 08 ago. 2018.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído.** 2a ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

BRASILEIRO, T. C. **Mapeamento sonoro: estudo do ruído urbano no Bairro Castelo Branco em João Pessoa/PB.** Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PPGAU – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, 2017.

BRESSANE, A.; MOCHIZUKI, P. S.; CARAM, R. M.; ROVEDA, J. A. F. **Zoneamento Ambiental Acústico como Estratégia de Gestão e Controle da Poluição Sonora Urbana.** R. Ra'e Ga – Curitiba. V. 35, p 147-168, 2015.

BROWN, A. L. **Exposure of the Australian Population to Road Traffic Noise.** Applied Acoustic, Australia, v. 43, p. 169-176, 1994.

BRÜEL e KJÆR. **Environmental noise.** Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 65p., 2000.

BUNN, F.; ZANNIN, P. H. T. **Assessment of railway noise in an urban setting.** Applied Acoustics, [s.l.], v. 104, p.16-23, mar. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.10.025>> . Acesso em: 12 fev. 2019.

CARLIXTO, A. **O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “rodovias – grandes avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

CANTIERI, E.; CATAI, R. E.; AGNOLETTI, R. A.; ZANQUETA, H. F. B.; CORDEIRO, A. D.; ROMANO, C. A. **Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba - PR.** Revista Produção On Line. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. ISSN 1676 - 1901 / Vol. X/ Num. I/ 2010.

CARELLI, L. O **Aborto ferroviário de Goiânia**. Matéria do Jornal Diário da Manhã. Caderno Cotidiano. Data: 11/03/2016. Acesso em: 29 de Out. 2018. Disponível: <<http://www.dm.com.br/cotidiano/2016/03/o-aborto-ferroviario-de-goiania.html>>.

CARNEIRO, W. **Perturbações Sonoras nas Edificações Urbanas**. 3 ed. rev., atual e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

CAOMA - CENTRO DE APOIO OPERACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério Público do Estado de Goiás (MPGO). **Matéria sobre Poluição Sonora e legislação ambiental pertinente**. Disponível no site institucional: <<http://www.mpggo.mp.br/portal/noticia/poluicao-sonora#.W-qiJjvJ2Uk>> . Acesso em: 13 nov. 2018.

CETUR – Centre d'études des transports urbains: setra – service d'études techniques des routes et autoroutes. **Guide du Bruit des Transports Terrestres**. França: CETUR, 1981.

CHO, D. S; KIM, J. H ; CHOI, T. M; B KIM, B. H; MANVELL, D. **Highway traffic noise prediction using method fully compliant with ISO 9.613: comparison with measurements**. Applied Acoustics, Volume 65, Issue 9, September 2004, Pages 883-892.

COMMISSION OF THE EUROPEAN. **Future Noise Policy European Commission - Green Paper**. DUTILLEUX, G. Chapter 4. Road Traffic Noise. p. 55-79. Brussels 1996.

CONAMA, **RESOLUÇÃO nº 001/1990**. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1990a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

_____. **RESOLUÇÃO nº 002/1990**. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1990b. Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - "SILÊNCIO" - Data da legislação: 08/03/1990 - Publicação DOU, de 02/04/1990, pág. 6408. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **RESOLUÇÃO nº 002/1993**. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1993a . 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. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **RESOLUÇÃO nº 008/1993**. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1993b. Complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **RESOLUÇÃO nº 020/1994**. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1994. Institui o Selo Ruído, como forma de indicação do nível de potência sonora, de uso obrigatório para aparelhos eletrodomésticos. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **RESOLUÇÃO nº 017/1995**. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1995. Ratifica os limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e o cronograma para seu atendimento previsto na Resolução CONAMA nº 008/93 (art. 20), que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **RESOLUÇÃO nº 252/1999**. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1999. Estabelece, para os veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais ou importados, limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

CONCHA-BARRIENTOS, M.; CAMPBELL-LENDRUM, D; STEENLAND, K. **Occupational noise: assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels**. Geneva, World Health Organization, 2004.

CORTÊS, M. M.. **Morfologia e qualidade acústica do ambiente construído: Estudo de caso em Petrópolis, Natal/ RN**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, M. **Mobilidade Urbana Sustentável: um estudo comparativo e as bases do sistema de gestão para Brasil e Portugal**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

COSTA, Ennio Cruz. **Acústica Técnica**. 1ª edição. Editora Edgard Blucher. 2003.

COSTA, J. J. L. **Monitoramento Ambiental dos Níveis de Pressão Sonora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Goiânia**. 2015. Dissertação de Mestrado em Tecnologias de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG. Goiânia, Goiás.

CNOSSOS-EU - **Common Noise Assessment Methods in Europe**. 2012. Disponível em: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/26390/1/cnossos-eu%20jrc%20reference%20report_final_on%20line%20version_10%20august%202012.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

- DE MARCO, C. S. Elementos de Acústica Arquitetônica. São Paulo: Nobel, 1982.
- DE OLIVEIRA; Jarbas, Rodrigues; **Biofísica: para ciências biomédicas**. 4ª Edição, Edipucrs, Porto Alegre, 299 p., 2014.
- DENATRAN. **Frota Nacional por Município**. 2016. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- DETRAN-GO. **Estatísticas da frota de veículos do Estado de Goiás em 2018**. Disponível em: <<http://www.goias.gov.br/noticias/63721-frota-goiana-cresce-3,32-em-2018.html>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- DGMR. *Software* BV. **iNoise® - Prediction for Industry and Wind Turbines**. Disponível em: <<https://dgmsoftware.com/products/inoise/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.
- DIAS, Elder. Matéria sobre Novo Plano Diretor de Goiânia. Jornal Opção. Data de publicação: 25/03/18. Disponível em: <<https://www.jornalopcao.com.br/reportagens/novo-plano-diretor-de-goiania-caminha-para-ser-mais-do-mesmo-120465/>>. Acesso em: 16 dez. 2018.
- DUTILLEUX, G.; DEFRANCE, J.; GAUVREAU, B.; BESNARD, F. **The revision of the French method for road traffic noise prediction**. Acoustics'08-Paris, França, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/002171.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- ELALI, G.; VELOSO, M.. **Qualidade de vida urbana em Natal: mitos e realidade**. Natal: EDUFRN, 2006.
- END - **The Environmental Noise Directive (202/49/EC)**, 2002. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm>> . Acesso em: 28 jun. 2019.
- ENGEL, M. S.; ZANNIN, P. H. T. **Diagnosis of Environmental Noise in Communities Using Subjective and Objective Data Aided by Geographical Information Systems, GIS**. Noise pollution in urban and industrial environments: measurements and noise mapping. 1ed. New York: Nova Science Publishers, Inc. New York, 2016, v. 1, p. 51-68.
- FERNANDES, J. C. **Acústica e Ruído**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2005.
- FERREIRA NETO, Maria de Fátima. Intensidade sonora e soma de intensidades sonoras. Artigo digital “60 + 60 = 63”. Portal Píon. 2013. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/publicacoes/artigos/471-60-60-63>>. Acesso em: 26 jan. 2019.
- FIEDLER, P. E. K. **Poluição sonora nos eixos estruturais de transporte da cidade de Curitiba - PR**. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- FIEDLER, P. E. K.; ZANNIN, P. H. T. **Methodology for Road Noise Pollution Assessment using Noise Maps**. Noise pollution in urban and industrial environments: measurements and

noise mapping. 1ed. New York: Nova Science Publishers, Inc. New York, 2016, v. 1, p. 33-50.

FREITAS, C. **Matéria sobre a Região da Rua 44 em Goiânia: um raio-X do 2º maior polo atacadista do país.** Postado em 23 de novembro de 2017. Disponível em: <<http://aproveiteacidade.com/cidade/goiania/regiao-da-rua-44-em-goiania-um-raio-x-do-2o-maior-polo-atacadista-do-pais/>> . Acesso em: 09 mar. 2018.

FREISLEBEN, A. P.; KAERCHER; N. A. **Como usar de forma criativa o Google Earth, Maps, Street View e Desenhos Manuais de Mapas nas Aulas de Cartografia.** Revista “Para Onde!”, 8 (2): 147-153, ago./dez. 2014 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/paraonde/article/viewFile/61587/36419>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

GARAVELLI, S. et al. 2015. **As cartas de Brasília: Mapas de ruído da capital federal.** In: 2ª Conferência Municipal sobre Ruído, Vibração e Perturbação Sonora. Período de 27 a 29 de abril de 2015. São Paulo/SP, Brasil.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle.** 2ª ed. Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, NR Editora, 2000.

_____. **Ruído urbano.** 2006. Disponível em: <http://www.lari.ufsc.br/publicacoes/cipa_jan2006.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

GIUNTA, M. B.; SOUZA, L. C. L.; VIVIANI, E. **Sensibilidade de parâmetros de um modelo de cálculo para a simulação do ambiente acústico urbano.** Paranoá, Brasília, nº 11, p. 77-86, 2014. In: XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC. Brasília 2013. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/viewFile/12086/8470>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

GOIÂNIA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 26, de 18 de agosto de 2008.** Agência Municipal de Meio Ambiente - AMMA. Estabelece parâmetros que visam a organização e a execução dos serviços relacionados a ação de Fiscalização Ambiental no cumprimento da Lei Complementar nº 132/2004. Diário Oficial do Município, portaria nº 4.437, Goiânia, p. 4, 2008a.

_____. **LEI Nº 8.617, de 09 de janeiro de 2008.** Dispõe sobre a regulamentação do controle das atividades não residenciais e dos parâmetros urbanísticos estabelecidos para a Macrozona Construída, conforme art. 72 da Lei Complementar no 171, de 29 de maio de 2007 – Plano Diretor de Goiânia e dá outras providências. Diário Oficial do Município, nº 4286, Goiânia, 2008b.

_____. **LEI COMPLEMENTAR nº 318, de 3 de julho de 2019.** Projeto de Lei da Câmara Municipal de Goiânia. Modifica e inclui dispositivos à Lei Complementar n.º 14, de 29 de dezembro de 1992, que Institui o Código de Posturas do Município de Goiânia e dá outras providências. Diário Oficial do Município, nº 7.087, p. 7, Goiânia, 2019. Disponível em: A-

cesso

em:

<https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2019/lc_20190703_000000318.html>. 12 out. 2019.

GOIÁS. DECRETO Nº 1.745, DE 06 DE DEZEMBRO DE 1979. Aprova o regulamento da Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Goiás, 1979. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/decretos/numerados/1979/decreto_1745.htm>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **DECRETO Nº 5.871, DE 03 DE DEZEMBRO DE 2003.** Introduce alterações no Regulamento aprovado pelo Decreto nº 1.745, de 6 de dezembro de 1979, Goiás, 2003. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.go.gov.br/decretos/numerados/2003/decreto_5871.htm>. Acesso em: 19 dez. 2018.

GOIÁS-NS. História dos Bairros de Goiânia e Aparecida. Material jornalístico em meio digital. Disponível em: <<https://goiasdenorteesul.com.br/historias-bairros-cidades>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

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

GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S. R. **Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju - Brasil.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 5, n. 2, p. 40-51, jul./dez. 2014.

GUERRA, A.; CUNHA, S. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física, Vol. 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica** (Português). Vol. 2. 10ª Edição. LTC Editora. 2016.

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

HANSON, D. I.; JAMES, R. S.; NESMITH, C.. **Tire/pavement noise study.** Auburn: NCAT – National Center for Asphalt Technology. Report n. 04-02, 2004.

HASSALL, J. e ZAVERI, K. **Acoustic Noise Measurements.** Published by Brüel & Kjaer; Denmark. 4th Edition edition, 1979.

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

HUBER, D. M.; RUINTEIN, R. E. **Técnicas Modernas de Gravação de Áudio**. Taylor & Francis, 672 p. 2011.

INTERNATIONAL ELECTROTECHINICAL COMMISSION. **IEC 61.672-1:2002 Electroacoustics – sound level meters – Part 1: Specifications**, 2002.

THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9.613-1:1933 - Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.1993.

_____. **ISO 9.613-2:1996** - Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors Part 2: General method of calculation.1996.

_____. **ISO 226: 2003**. Acoustics - Normal equal - loudness - level contours. 2003.

JERÔNIMO, SILVA e DA SILVA. **Modelagem matemática dos impactos extramuros do ruído produzido por uma Universidade em Mossoró-RN**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Revista HOLOS, Ano 31, Vol. 2, 2015.

JOSSE, R. **La Acústica em la Construcción**. Barcelona: Gustavo Gili, S. A, 1975.

KESSLER F. M. **Community noise**. In: CROCKER, M. J.; KESSLER, F. M. Noise and noise control. Flórida: CRC press, 1982.

KINSLER, L.; FREY, A.; COPPENS, A.; SANDERS, J. **Fundamental of Acoustics**. USA, John Wiley & Sons, Inc., 4a edição, 2000.

KNOPS. **Cidades com o maior índice de poluição sonora no mundo**. Worldwide Hearing Index. Mimi Hearing Technologies GmbH. 2017. Copyright 2018 Knops B.V. Disponível em: <<https://knops.co/noise-pollution-worst-countries/>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

KO, J. H., CHANG, I. S., LEE, P B. **Noise impact assessment by utilizing noise map and GIS: A case study in the city of Chungju, Republic of Korea**. Applied Acoustics 72 544 - 550. 2011

KUMAR, K. V. D.; SRINIVAS, N. **Study of Noise Levels at Commercial and Industrial Areas in na Urban Environment**. International Journal of Engineering Research and Applications, v. 5, n. 10 (part 1), p. 89-92, 2015.

KURRA, S.; MORINOTO, M.; MAHEOUA, Z. **Transportation noise annoyance ³/₄ a simulated environmental study for road, railway and aircraft noises. Part 1: Overall annoyance**. J Sound Vib, 2000; 220:251-78.

LACERDA, A. B. M.; MAGNI, C.; MORATA, T. C.; MARQUES, J. M.; ZANNIN, P. H. T. **Ambiente urbano e percepção da poluição sonora**. Ambiente e Sociedade. V. 8, no 2, p. 1-13, 2005.

LAURO, J. D. C., SILVA, B. A. D., e BARROS, R. G. **Identificação dos níveis de pressão sonora em terminal de ônibus em Goiânia, GO.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 18(3). 2014.

LAZZARINI, Victor E. P. **Elementos de Acústica.** *Music Department National University of Ireland, Maynooth.* (1998). Disponível em: <http://www.fisica.net/ondulatoria/elementos_de_acustica.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2019.

LEE,S.W; CHANG, S.I; PARK, Y.M. **Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea.** Applied Acoustics, Volume 69, Issue 8, August 2008, Pages 704-714.

LICITRA, G; MENOLI, G. **Limits and advantages of Good Practice Guide to Noise Mapping.** Paris: Euronoise, 2008. Disponível em <<http://webistem.com/acoustics2008/acoustics2008/cd1/data/articles/002677.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

LIMA, F. R.; SILVA, N. M. **Ruídos da fé: estratégias para redução dos aspectos ambientais responsáveis pela poluição sonora de uma igreja evangélica em Natal/RN.** Holos, v. 3, p. 163-179, 2009.

LINDOS ELETRONICS. **Curva Fletcher-Munson, revisada em 2003 através da ISO 226:2003.** Disponível em: <http://www.lindos.co.uk/test_and_measurement/SOURCE=Articles/SOURCE=Articles%7CVIEW=full%7Cid=17> . Acesso em: 02 jun. 2019.

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

MENEZES, M. **A fotografia como de produção de conhecimento nas ciências humanas e sociais: primeiras aproximações.** Rev. Psicol. UNESP, Assis, v. 12, n. 1, p. 90-102, jun. 2013. Disponível em < http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-90442013000100009&lng=pt&nrm=iso >. Acesso em: 23 mar. 2019.

MÉNDEZ, A.; SOTRNINI, A.; SALAZAR, E.; GIULIANO, G.; VELIS, A.; AMARILLA, B. **Acústica Arquitectonica.** Buenos Aires: Universidade Del Museo Social Argentino, 1994.

MILANEZ, M. L. **Análise do impacto ambiental sonoro com a implantação do trecho norte da linha verde em Curitiba.** 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MIYARA, Federico. **Ruido, arte y sociedad.** 1a ed. Rosario: UNR Editora: Universidad Nacional de Rosario, 2013.

MONTEIRO, Charles. **História, fotografia e cidade: reflexões teórico-metodológicas sobre o campo de pesquisa.** MÉTIS: história e cultura, v. 5, n. 9, p. 11-23, jan./jun. 2006.

MORAIS, E. L.; SIMÓN, F.. **Mapa de predicción del ruído ambiente em Belém- Brasil**. In: ENCONTRO NACIONAL, 10., e ENCONTRO LATINO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2009, Natal. Anais eletrônicos... Natal, UFRN, 2009.

MOREIRA, S. J.; COSTA, J. J. L.; FERREIRA, M. P.; NONATO, L. N. **Avaliação da poluição sonora em um templo religioso em Goiânia-Goiás**. In: Anais do XVI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial (CONEMI). Goiânia/GO. 2017. Disponível em: < >. Acesso em: 08 ago. 2018.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atual, 1987.

MOSCATI, S. R. **Desempenho acústico de templos e igrejas: subsídios à normalização**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura (Tecnologia da Arquitetura) - Universidade de São Paulo, 153 p., 2013.

MÖSER, M. . Trad. Stefan Zimmenrmann and Rebecca Ellis. **Engineering Acoustics: An Introduction to Noise Control**. 2a Ed. Springer Science & Business Media, Berlin, Germany, 2009.

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

MOYSÉS, A. **Goiânia: metrópole não planejada**. Goiânia: Ed. da UCG. 2004.

MÜNZEL, THOMAS. et al - National Center for Biotechnology Information DOI: 10.1093/eurheartj/ehu030. **Cardiovascular Effects of Environmental Noise Exposure**, 2014. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3971384/> >. Acesso em: 29 jun. 2019.

MURPHY, E.; KING, E. A. **Scenario analysis and noise action planning: Modelling the impact of mitigation measures on population exposure**. Applied Acoustics. v. 72, p. 487 – 494, 2011. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X10002343> >. Acesso em: 07 jun. 2018.

MUBDG, **Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia**. Prefeitura de Goiânia. Portal Mapa Fácil. Disponível em: <<http://portalmapa.goiania.go.gov.br/mapafacil/>> . Acesso em: 13 mai. 2019.

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

NAVARRO, W. C. K. **Estudo da paisagem sonora no projeto arquitetônico e no urbanismo**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo/SP, 2014.

NETO, M. de F. F. **Dobrando a intensidade sonora**. 2013. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/index.php/publicacoes/artigos/471-60-60-63>>. Acesso em: 20 out. 2018.

NIEMEYER, M. L. A. **Conforto Acústico e Térmico, em situação de verão, em Ambiente Urbano: uma proposta metodológica**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de Informação e as Decisões na Era da Internet**. Tradução Cid Kimpel Moreira, São Paulo: Saraiva, 2003.

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

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO). *Résumé D'orientation Des Directives De L'oms Relatives Au Bruit Dans L'environnemental*, 2003.

_____. **Guidelines for Community Noise**, 1999. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

OUIS, D. **Annoyance from road traffic noise: a review**. Journal of Environmental Psychology, 21, p. 101–120, 2001.

OROZCO-MEDINA, M.G., FIGUEROA-MONTAÑO, A. **Urban noise and transport as a strategy of environmental quality**, 2nd Pan-American and Iberian Meeting on Acoustics, 160th ASA meeting, 7.o Congress FIA, 17.o Congress IMA, ISSN: 0001- 4966, Cancún, México, November 2010.

PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2002/49/CE**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, n.45, L189, p.12-25, 18 jul. 2002. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2002:189:SOM:PT:HTML>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

PAZ, E. C. **Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego**. 2004. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, 417 p.

PINTO, D. N.; ARAÚJO, V. M. D.; ARAÚJO, B. C. D.; GOMES, R. N. G. **Impacto do ruído de tráfego: estudo de caso no bairro de Lagoa Nova, Natal-RN**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil. VI. 6, N° 2, 28-37. 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/22557>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

PINTO, D. N. **Mapeamento acústico como ferramenta para predição de ruído urbano na área de influência do estádio Arena das Dunas, Natal/RN**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte/ UFRN. Natal/RN, 2013.

Disponível em:

<http://www.natal.rn.gov.br/bvn/publicacoes/DeboraNp_DISSERT.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2018.

PREFEITURA DE GOIÂNIA. **Estimativa - Redistribuição da população residente em Goiânia, por bairro e gênero - 2010**. Arquivo em pdf. . Prefeitura de Goiânia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Norte_Ferrovi%C3%A1rio>. Acesso em: 29 out. 2018.

_____. **Matéria sobre Feiras Livres de Goiânia**. Disponível em: <<http://www4.goiania.go.gov.br/portal/goiania.asp?s=2&tt=con&cd=1506>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

RECIO, A.; LINARES, C.; BANEGAS, J. R., DÍAZ, J. **The short-term association of road traffic noise with cardiovascular, respiratory, and diabetes-related mortality**. *Environmental Research*, v. 150, p. 383-390, 2016.

RIOS, S. O.; COSTA, J. M. A.; MENDES, V. L. P. S. **A fotografia como técnica e objeto de estudo na pesquisa qualitativa**. *Revista Discursos Fotográficos*. Londrina/PR, v.12, n.20, p.98-120, jan./jul. 2016. Disponível em: <www.uel.br/revistas/uel/index.php/discursosfotograficos/article/viewFile/22542/pdf>. Acesso em: 08 jan. 2019.

RODRIGUES, F. **Metodologia para investigação de relação entre ruído de tráfego e condições operacionais do fluxo em centros urbanos**. 283 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Coppe, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

SANCHO, V. M.; SENCHERMES, A. G. **Curso de Acústica**. Colégio Oficial de Arquitectos de Madrid. ESP, Madrid, 1983.

SANTOS, U. **Ruído: Riscos e Prevenção**. São Paulo: HUCITEC, 1994.

SANTOS, L. C.; VALADO, F. **O Mapa de Ruído Municipal como Ferramenta de Planejamento**. Grupo Absorsor, Taguspark - Edifício Tecnologia I, Portugal, v. 11, n. 1, p.1-8, jan. 2004.

SAPATA, A. M. A. **Monitoramento, modelagem e simulação dos impactos e efeitos do ruído de tráfego em trecho de *cânion* urbano da avenida *Horácio Racanello* da cidade de Maringá-PR**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, 2010.

SCARIOT, E. M.; PARANHOS FILHO, A. C.; TORRES, T. G.; VICTÓRIO, A. C. B. **O uso de geotecnologia na elaboração de mapas de ruído**. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol.17, nº 1, jan/mar 2012, p.51-60. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522012000100009&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 08 jan. 2019.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica**. Belo Horizonte, 1971.

SILVA FILHO, S. F. **A Poluição Sonora decorrente da circulação de veículos**. Revista do Centro de Estudos Judiciários, n. 3, Brasília, set./dez. 1997, p.42.

SINGAL, S. P. **Noise pollution and control strategy**. Oxford: Alpha Science International, 2005. 323p.

SINGH, P. K.; GUPTA, R. K.; MISHRA, V. K.; MISHRA, A. K. **A comparative study of ambient noise levels at commercial, residencial and silent zone in Gorakhpur**. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, v. 03, n. 04, p. 774-778, abr. 2016.

SOFISICA. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/reflexao2.php>. Acesso em: 09 mai. 2019.

SOUZA, L. C. E.; PASQUALETTO, A. **Poluição sonora causada pelo fluxo de veículos automotores em Goiânia – GO**. 2005. UCG. Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/POLUIÇÃO%SONORA%CAUSADA%PELO%FLUXO%DE%VEÍCULOS%AUTOMOTORES.pdf>. Acesso em: 08 set. 2018.

SOUZA FILHO, J. J. de. **Avaliação do ruído urbano na cidade de Campo Grande/MS**. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias Ambientais, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.

SOUZA FILHO, J. J.; STEFFEN, J. L. ; ANDREASI, W. A. ; ZANNIN, P. H. T. . **Urban noise assessment based on noise mapping and measurements**. *Canadian Acoustics*, v. 43, p. 3-10, 2015.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harbra, p. 341, 1986.

TRIPATHY, D. P. **Noise Pollution**. APH Publishing Corporation, New Delhi, India, 2008.

TSAI, K.T., LIN, M.D., CHEN, Y.H. **Noise mapping in urban environments: A Taiwan study**. *Applied Acoustics* 70 (2009) 964–972.

TORRES, A. L. M.; RAMALHO, L. S.; NOGUEIRA, M. A. R. **Estudo do Setor de arrecadação da Concessionária da Ponte Rio-Niterói S.A. Uma Proposta de Melhoria na Fluidez do Tráfego**. 2003. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2003. Orientador: Gilson Brito Alves Lima.

VALADARES, V. M.; GERGES, S. N. Y. **Comportamento das distribuições estatísticas acumuladas do ruído do tráfego veicular em vias arteriais em Belo Horizonte, MG**. In: Congresso Iberoamericano de Acústica, 1; Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica do Mercosul, 1; Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, 18; 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 579-582.

VENTURA, A. N.; VIVEIROS, E; COELHO, J. L. B; NEVES, M. M. **Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhanças: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro.** In: SOBRAC, 2008, Anais... Belo Horizonte/MG, 2008.

VÖRLANDER, M. **Auralization.** 1. ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

WG-AEN. **Environment. European Commission,** 2007. Disponível em: <
http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/wg_aen.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

WRIGHT, B.; PETERS, E.; ETTINGER, U.; KUIPERS, E.; KUMARI, V. **Effects of environmental noise on cognitive (dys)functions in schizophrenia: A pilot within-subjects experimental study.** Schizophrenia Research, v. 173, p. 101-108, 2016.

ZANNIN, P. H. T. ; CALIXTO, A.; DINIZ, F B.; FERREIRA, J.A. **Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba.** Cadernos de Saúde Pública, v. 36, n.4, p. 521-524, 2002.

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.

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

APÊNDICE

APÊNDICE I – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

<i>Cronograma</i>		Meses											
		2018						2019					
Atividades	Mês	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Etapa I – Levantamento bibliográfico		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Etapa II – Fundamentação teórica		X	X	X	X								
Etapa III – Coleta de dados			X	X	X								
Etapa IV – Processamento de dados				X	X	X							
Etapa V – Modelagem ambiental						X	X						
Etapa VI – Análise de dados						X	X	X					
Etapa VII – Discussão dos resultados								X	X				
Etapa VIII – Qualificação									X	X	X		
Etapa IX – Revisão											X	X	X
Etapa X - Defesa e entrega do Relatório Final												X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

***APÊNDICE II - PLANILHA PARA COLETA DOS
NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS)***

CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM UMA REGIÃO CENTRAL URBANA DE GOIÂNIA/GO

Grandeza acústica: REGISTRO DOS NPS *										
Ponto	Período	Data	Hora	Hr /dec	Altitude (m)	X	Y	Temp (°C)	UR (%)	VV (km/hr)
	Manhã									
	Tarde									
	Noite									
	Manhã									
	Tarde									
	Noite									
	Manhã									
	Tarde									
	Noite									
	Manhã									
	Tarde									
	Noite									

* Ponderação de tempo: "Fast" (1 flash a cada 125 ms)
Nível de escala: MED 50 ~ 100 dB(A)

***APÊNDICE III - PLANILHA PARA CONTAGEM DO
FLUXO DE VEÍCULOS (CFV)***

**CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM UMA REGIÃO
CENTRAL URBANA DE GOIÂNIA/GO**

Grandeza de tráfego veicular: COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO						
Ponto	Data	Horário	Localização	Veículos	Contagem	Total
				NVL		
				NVP		
				NM		
Ponto	Data	Horário	Localização	Veículos	Contagem	Total
				NVL		
				NVP		
				NM		
Ponto	Data	Horário	Localização	Veículos	Contagem	Total
				NVL		
				NVP		
				NM		
Ponto	Data	Horário	Localização	Veículos	Contagem	Total
				NVL		
				NVP		
				NM		
Ponto	Data	Horário	Localização	Veículos	Contagem	Total
				NVL		
				NVP		
				NM		

Fluxo de veículos:

Número de veículos leves (NVL)

Número de veículos pesados (NVP)

Número de motocicleta (NM).

APÊNDICE IV – REGISTROS FOTOGRÁFICOS



Foto 1 - Pedestres atravessando a Rua 44



Foto 2 - Comércio na Rua 44



Fotos 3 e 4 - Comércio na Rua 44 (Registro às 7:00 hr)



Fotos 5 e 6 - Trânsito na Avenida Independência



Fotos 7 e 8 - Tripé com decibelímetro no entorno da Estação Rodoviária



Fotos 9 e 10 - Tripé com decibelímetro no entorno da Estação Rodoviária



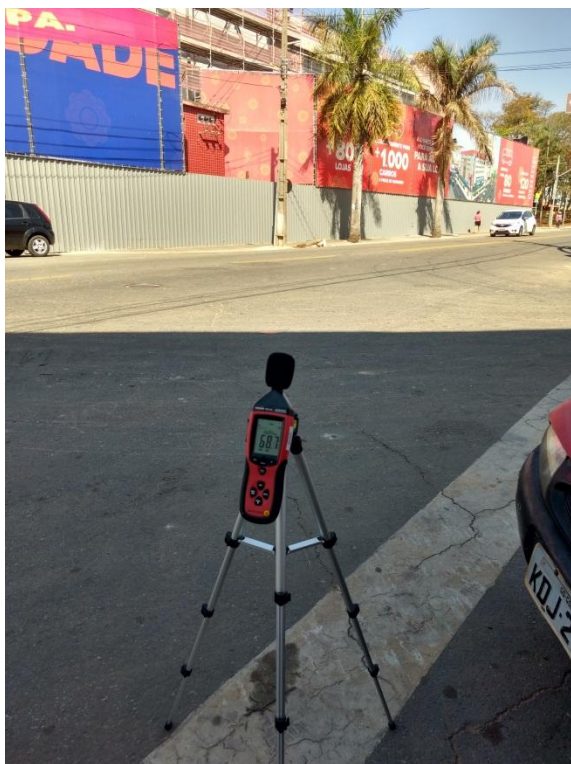
Fotos 11 e 12 - Tripé com decibelímetro no entorno da Estação Rodoviária (Avenida Oeste)



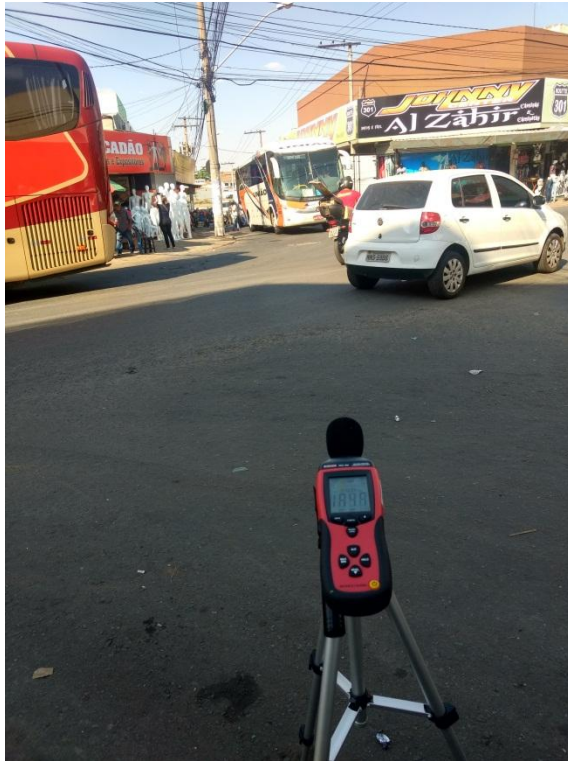
Fotos 13 e 14 - Tripé com decibelímetro na Rua 44 (Registro às 13:00 hr)



Fotos 15 e 16 - Tripé com decibelímetro na Avenida Contorno e pedestre atravessando fora da faixa de pedestres (Registro às 15:00 hr)



Fotos 17 e 18 - Tripé com decibelímetro na Avenida Contorno (Registro às 15:00 hr) - Detalhe para obra de construção civil do Mega Moda Shopping



Fotos 19 e 20 - Tripé com decibelímetro na Avenida Contorno (Registro às 16:00 hr)



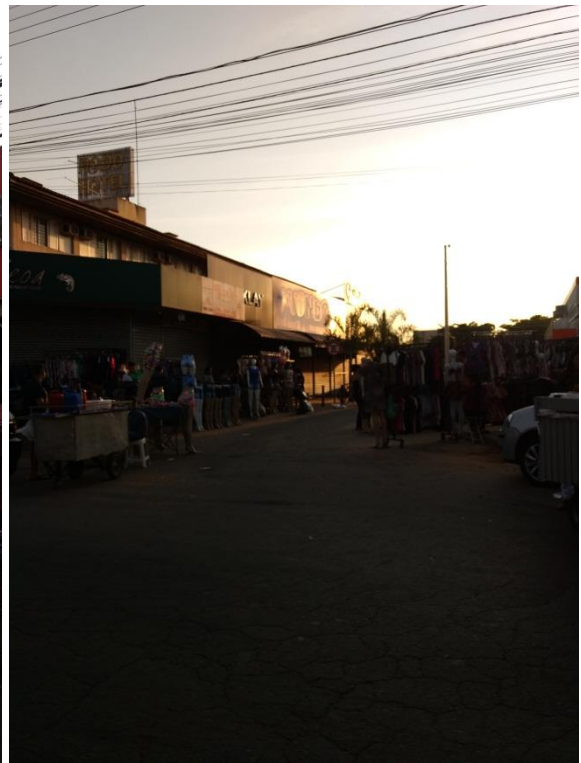
Fotos 21 e 22 - Tripé com decibelímetro na Avenida Contorno e na Rua 69 com vistas para a Marginal Botafogo (Registro às 17:00 hr)



Fotos 23 e 24 - Tripé com decibelímetro mostrando obras no final da Rua 69 e visão da Marginal Botafogo (Registro às 17:00 hr)



Fotos 25 e 26 - Comércio na Rua 44: veículos, pedestres e vendedores ambulantes (Registro às 7:00 hr)



Fotos 27 e 28 - Comércio na Rua 44: veículos, pedestres e vendedores ambulantes (Registro às 7:00 hr)

ANEXOS

ANEXO I - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE NÍVEL SONORO

Medidor de nível sonoro calibrado no dia 23/07/2018, Certificado de Calibração nº 71.586. A-07.18, nas instalações da Empresa CrifferLab, com padrões calibrados em laboratórios acreditados à coordenação geral do INMETRO e segundo os requisitos da norma ABNT NBR ISO IEC 17.025, com validade dois anos.



Certificado de Calibração

Número do certificado: 71.586.A-07.18

Data da calibração: 23/07/2018

Data da emissão do certificado: 23/07/2018

DADOS DO CLIENTE:

Nome: Rômulo Gustavo dos Santos

Endereço: Av. Armando de Godoy, s/n - Apto: 502, Setor Negrão de Lima - Goiânia - GO

IDENTIFICAÇÃO DO INSTRUMENTO SOB TESTE:

Instrumento: Medidor de Nível Sonoro

Fabricante: Instrutherm

Modelo: DEC-490

Número de série: 14082101062674

PROCEDIMENTO(S) DE CALIBRAÇÃO UTILIZADO(S): PC EAC01 - Revisão: 01

MÉTODO(S): Comparação direta com o padrão de referência.

PADRÃO(ÕES) UTILIZADO(S):

- Agilent - 34401A - Certificado de calibração nº E0058/2017 do Labelo - Válido até 01/2019
- Criffer - CR-2 - Certificado de calibração nº A0262/2017 do Labelo - Válido até 07/2019
- Testo - Testo 622 - Certificado de calibração nº T0070/2017 do Labelo - Válido até 03/2019

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: 22,0 °C ± 3,0 °C

Umidade Relativa: 55 % ± 10 %

Pressão Atmosférica: 101,32 kPa ± 10 %

NOTAS:

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento em teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida de medição é declarada como a incerteza combinada, multiplicada pelo fator de abrangência "k", correspondente a um nível de confiança de aproximadamente 95%, conforme a distribuição de probabilidade t-Student, com graus de liberdades efetivos (Veff).
- A incerteza padrão de calibração foi determinada de acordo com o "guia para expressão de incerteza de medição".
- Esta calibração não substitui nem isenta os cuidados mínimos do controle metrológico.
- Este certificado refere-se exclusivamente ao item calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- O certificado não deve ser reproduzido total ou parcialmente sem prévia autorização.
- Calibração realizada nas instalações da CrifferLab, sito na rua 24 de agosto, 521, Centro, Esteio - RS, com padrões calibrados em laboratórios acreditados à coordenação geral de acreditação do INMETRO.
- O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO IEC 17025.

Certificado de Calibração

Número do certificado: 71.586.A-07.18

Data da calibração: 23/07/2018

Data da emissão do certificado: 23/07/2018

Resultado da calibração:

Nível Sonoro (dB):

VR	MM	EA	ET	IM
94,0	94,0	0,0	0,5	0,5
114,0	114,2	-0,2	0,5	0,5

**Realizado em ponderação em frequência A e ponderação temporal fast*

Tabela de convenção:

VR	Valor de referência
MM	Resultado obtido da média aritmética das medidas
EA	Erro absoluto
ET	Erro total
IM	Incerteza de medição



Técnico Executante
Felipe Silva



Responsável Técnico
Matheus de Pauli

Página 2 de 2

ANEXO II - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR DE NÍVEL SONORO

Calibrador de nível sonoro calibrado no dia 23/07/2018, Certificado de Calibração nº 71.587. A-07.18, nas instalações da Empresa CrifferLab, com padrões calibrados em laboratórios acreditados à coordenação geral do INMETRO e segundo os requisitos da norma ABNT NBR ISO IEC 17.025, com validade dois anos.



Certificado de Calibração

Número do certificado: 71.587.A-07.18

Data da calibração: 23/07/2018

Data da emissão do certificado: 23/07/2018

DADOS DO CLIENTE:

Nome: Rômulo Gustavo dos Santos

Endereço: Av. Armando de Godoy, s/n - Apto: 502, Setor Negrão de Lima - Goiânia - GO

IDENTIFICAÇÃO DO INSTRUMENTO SOB TESTE:

Instrumento: Calibrador de Nível Sonoro

Fabricante: Criffer

Modelo: CR-2

Número de série: 17032206

PROCEDIMENTO(S) DE CALIBRAÇÃO UTILIZADO(S): PC EAC02 - Revisão: 01

MÉTODO(S): Comparação direta com o padrão de referência.

PADRÃO(ÕES) UTILIZADO(S):

- Casela - CEL-450 - Certificado de calibração n° A0073/2017 do Labelo - Válido até 03/2019
- Testo - Testo 622 - Certificado de calibração n° T0070/2017 do Labelo - Válido até 03/2019

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: 22,0 °C ± 3,0 °C

Umidade Relativa: 55 % ± 10 %

Pressão Atmosférica: 101,32 kPa ± 10 %

NOTAS:

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento em teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida de medição é declarada como a incerteza combinada, multiplicada pelo fator de abrangência "k", correspondente a um nível de confiança de aproximadamente 95%, conforme a distribuição de probabilidade t-Student, com graus de liberdades efetivos (Veff).
- A incerteza padrão de calibração foi determinada de acordo com o "guia para expressão de incerteza de medição".
- Esta calibração não substitui nem isenta os cuidados mínimos do controle metrológico.
- Este certificado refere-se exclusivamente ao item calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- O certificado não deve ser reproduzido total ou parcialmente sem prévia autorização.
- Calibração realizada nas instalações da CrifferLab, sito na rua 24 de agosto, 521, Centro, Esteio - RS, com padrões calibrados em laboratórios acreditados à coordenação geral de acreditação do INMETRO.
- O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO IEC 17025.

Página 1 de 2

criffer.com.br

Certificado de Calibração

Número do certificado: 71.587.A-07.18

Data da calibração: 23/07/2018

Data da emissão do certificado: 23/07/2018

Resultado da calibração:

Amplitude - Nível Sonoro (dB):

Frequência de referência (Hz)	VR	MM	EA	ET	IM
1000	94,0	93,9	0,1	0,5	0,5
1000	114,0	114,0	0,0	0,5	0,5

Tabela de convenção:

VR	Valor de referência
MM	Resultado obtido da média aritmética das medidas
EA	Erro absoluto
ET	Erro total
IM	Incerteza de medição

SERVIÇOS ESPECIAIS



Técnico Executante
Felipe Silva



Responsável Técnico
Matheus de Pauli

Página 2 de 2

ANEXO III - LEI COMPLEMENTAR Nº 132, DE 12 DE JULHODE 2004



**PREFEITURA
DE GOIÂNIA**

Secretaria Municipal da Casa Civil

LEI COMPLEMENTAR Nº 132, DE 12 DE JULHO DE 2004

Modifica dispositivos do art. 49, da Lei Complementar nº 014, de 29 de dezembro de 1992.

A CÂMARA MUNICIPAL DE GOIÂNIA APROVA E EU SANCIONO A SEGUINTE LEI COMPLEMENTAR:

Art. 1º O [art. 49, da Lei Complementar nº 014, de 29 de dezembro de 1992](#), com as alterações posteriores, passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 49. A intensidade de som ou ruído, medida em decibéis, não poderá ser superior à estabelecida nas normas técnicas da ABNT.

§ 1º Os níveis sonoros máximos permitidos em ambientes externos são os fixados pela NBR 10.151 – Avaliação do Ruído em áreas habitadas Visando o Conforto da Comunidade – ABNT.

§ 2º O nível máximo de som ou ruído permitido para veículos é o estabelecido pelas Resoluções nºs 01 e 02/92 – CONAMA.

§ 3º O nível máximo de som ou ruído permitido para a produção por pessoas, atividades ou por qualquer tipo de aparelho sonoro, orquestras, instrumentos, utensílios ou engenhos, máquinas, compressores, geradores estacionários ou equipamentos de qualquer natureza, terá por limite os valores estabelecidos na tabela abaixo:

NÍVEIS ACEITÁVEIS DE SOM OU RUÍDO

Conforme as zonas, os níveis de decibéis nos períodos diurno e noturno são os seguintes:

ÁREA	PERÍODO	DECIBÉIS
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

§ 4º Os procedimentos de medição dos níveis sonoros máximos permitidos, de que trata o presente artigo, obedecerão às disposições pertinentes constantes da NBR

10.151 – ABNT.

§ 5º Para os efeitos do disposto no § 3º, o horário diurno é entre às 7 (sete) horas e às 22 (vinte e duas) horas e o horário noturno entre às 22 (vinte e duas) horas e às 7 (sete) horas, sendo que, aos domingos e feriados, o horário noturno será encerrado, excepcionalmente, às 9 (nove) horas.

§ 6º Não se aplica a norma do § 3º aos sons produzidos por:

I - sinos de igrejas, conventos e capelas, desde que sirvam, exclusivamente, para indicar horas ou para anunciar a realização de atos ou cultos religiosos, devendo ser evitados os toques antes de 5 (cinco) horas e depois das 22 (vinte e duas) horas;

II - fanfarras ou bandas de música, durante a realização de procissões, cortejos ou desfiles públicos, nas datas religiosas e cívicas, ou mediante autorização especial dos órgãos competentes da Prefeitura;

III - sirenes ou aparelhos de sinalização de ambulâncias ou de carros de bombeiros e da polícia;

IV - apitos de rondas e guardas policiais;

V - máquinas ou aparelhos utilizados em construções ou obras em geral, devidamente licenciadas pela Prefeitura, desde que funcionem entre 7 (sete) horas e 19 (dezenove) horas, exceto nos domingos e feriados e desde que não ultrapassem o nível máximo de 90 db (noventa decibéis), medidos na curva "C" do aparelho medidor de intensidade do som, à distância de 5m (cinco metros) de qualquer ponto de divisa, onde aqueles equipamentos estejam localizados;

VI - sirenes ou outros aparelhos sonoros, quando funcionarem exclusivamente para assinalar horas, entradas ou saídas de locais de trabalho, desde que os sinais não se prolonguem por mais de 30 (trinta) segundos e não se verifiquem depois das 20 (vinte) horas e antes das 6 (seis) horas;

VII - explosivos empregados no arrebatamento de pedreiras, rochas e demolições, desde que as detonações ocorram entre 7 (sete) horas e 18 (dezoito) horas e sejam autorizadas pela Prefeitura".

Art. 2º Esta Lei Complementar entrará em vigor na data de sua publicação, revogando as disposições em contrário.

GABINETE DO PREFEITO DE GOIÂNIA, aos 12 dias do mês de julho de 2004.

PEDRO WILSON GUIMARÃES
Prefeito de Goiânia

OSMAR DE LIMA MAGALHÃES
Secretário do Governo Municipal

Adhemar Palocci
Adonias Lemes do Prado Júnior
Carlos Magno Chaves

Elpídio Fiorda Neto
Guido Ribeiro de Araújo Júnior
Henrique Carlos Labaig
Josias Pedro Soares
Marcos Prado Dantas
Otaliba Libânio de Moraes Neto
Paulo Sérgio Mendonça de Rezende
Sandro Ramos de Lima
Vanilda Aparecida Alves
Walderês Nunes Loureiro
Walter Cardoso Sobrinho

Este texto não substitui o publicado no [DOM 3443 de 13/07/2004](#).

ANEXO IV - LEI COMPLEMENTAR Nº 318, DE 3 DE JULHO DE 2019



**PREFEITURA
DE GOIÂNIA**

**Superintendência da Casa Civil e
Articulação Política**

LEI COMPLEMENTAR Nº 318, DE 03 DE JULHO DE 2019

Modifica e inclui dispositivos à Lei Complementar n.º 14, de 29 de dezembro de 1992, que Institui o Código de Posturas do Município de Goiânia e dá outras providências.

A CÂMARA MUNICIPAL DE GOIÂNIA, Estado de Goiás, aprova e eu, PREFEITO MUNICIPAL, sanciono a seguinte Lei Complementar:

Art. 1º Modifica o [§ 3º, do art. 49, da Lei Complementar n.º 14, de 29 de dezembro de 1992](#), que passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 49. (...)

§ 3º O nível máximo de som ou ruído permitido para a produção por pessoas, atividades ou por qualquer tipo de aparelho sonoro, orquestras, instrumentos, utensílios ou engenhos, máquinas, compressores, geradores estacionários ou equipamentos de qualquer natureza, terá por limite os valores estabelecidos na tabela abaixo:" (NR)

NÍVEIS ACEITÁVEIS DE SOM OU RUÍDO CONFORME AS ZONAS, OS NÍVEIS DE DECIBÉIS NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO SÃO OS SEGUINTE:

<i>ÁREAS</i>	<i>PERÍODO</i>	<i>DECIBÉIS</i>
<i>Zonas de Hospitais</i>	<i>Diurno</i>	<i>50</i>
	<i>Noturno</i>	<i>45</i>
<i>Zona Residencial Urbana</i>	<i>Diurno</i>	<i>80</i>
	<i>Noturno</i>	<i>75</i>
<i>Centro da Capital</i>	<i>Diurno</i>	<i>80</i>
	<i>Noturno</i>	<i>75</i>
<i>Área Predominantemente Industrial</i>	<i>Diurno</i>	<i>70</i>
	<i>Noturno</i>	<i>60</i>

Nota: ver

1 - Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 5607321.62.2019.8.09.0000 - TJGO (em tramitação);

2 - artigo vetado pelo Chefe do Poder Executivo conforme [Mensagem nº G-045/2019](#) publicada no [DOM 7087 de 03/07/2019](#). Veto rejeitado pela Câmara Municipal de Goiânia - [DOM 7125 de 26/08/2019](#).

Art. 2º O [art. 56, da Lei Complementar n.º 14, de 29 de dezembro de 1992](#), passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 56. Não será permitida a interdição e/ou a utilização das vias públicas para prática de esportes ou festividades de qualquer natureza, à exceção dos eventos de natureza religiosa". (NR)

Art. 3º Acrescenta o [§ 3º, ao art. 57, da Lei Complementar n.º 14, de 29 de dezembro de 1992](#), que passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 57. (...)

(...)

§ 3º As disposições contidas nos §§ 1º e 2º do artigo anterior não se aplicam aos eventos de natureza religiosa". (NR)

Art. 4º O Poder Executivo fará a regulamentação desta Lei Complementar no prazo de 60 (sessenta) dias após sua publicação.

GABINETE DO PREFEITO DE GOIÂNIA, aos 03 dias do mês de julho de 2019.

IRIS REZENDE
Prefeito de Goiânia

Projeto de Lei de autoria do Vereador Zander Fábio

Este texto não substitui os publicados no [DOM 7087 de 03/07/2019](#)

e no [DOM 7125 de 26/08/2019](#).

*Em uma visão mais ampla,
o silêncio não deve ser encarado
como um fator determinante
no conforto ambiental,
mas sim, deve ser visto
como um direito do cidadão.*
Rômulo Gustavo dos Santos