

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU

IMPACTO DO RUÍDO AMBIENTAL EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS:

Estudo de caso na Avenida Silvio Carlos Viana, Ponta Verde, Maceió -Al.

ALUNA: MARIANA SOUZA BARBOSA
ORIENTADORA: PROFA. DRA. M^a LÚCIA OITICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS A. C. SIMÕES
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

MARIANA SOUZA BARBOSA

**IMPACTO DO RUÍDO AMBIENTAL EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS VERTICAIS
ALTOS NA ORLA MARÍTIMA DE MACEIÓ/AL.**

MARIA LUCIA GONDIM DA ROSA OITICICA

Maceió - AL

2023

MARIANA SOUZA BARBOSA

**IMPACTO DO RUÍDO AMBIENTAL EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS VERTICAIS
ALTOS NA ORLA MARÍTIMA DE MACEIÓ/AL.**

Trabalho Final de Graduação apresentado à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador(a): Dr^a. Maria Lucia Gondim da Rosa Oiticica.

Maceió - AL

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

B238i Barbosa, Mariana Souza.
Impacto do ruído ambiental em fachadas de edifícios verticais altos na orla marítima de Maceió / AL / Mariana Souza Barbosa. – 2023.
79 f. : il. color.

Orientadora: Maria Lucia Gondim da Rosa Oiticica.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 76-79.

1. Poluição sonora. 2. Ruído ambiental. 3. Fachadas de edificações. I. Título.

CDU: 728.22 : 628.517.2

Folha de Aprovação

MARIANA SOUZA BARBOSA

IMPACTO DO RUÍDO AMBIENTAL EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS VERTICAIS ALTOS NA ORLA MARÍTIMA DE MACEIÓ/A

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 01 de Agosto de 2023.

Documento assinado digitalmente
 MARIA LUCIA GONDIM DA ROSA OITICICA
Data: 06/08/2023 14:24:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Orientador(a) - Prof^a Dra., Maria Lucia Gondim da Rosa Oiticica, UFAL)

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 STELLA ROSANE DA SILVA OLIVEIRA
Data: 03/08/2023 09:27:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinador(a) Externo(a) - Ma., Stella Rosane da Silva Oliveira)

Documento assinado digitalmente
 ALEXANDRE MARCIO TOLEDO
Data: 03/08/2023 16:19:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinador(a) Interno(a) - Prof. Dr. Alexandre Márcio Toledo, UFAL)

Documento assinado digitalmente
 JULIANA OLIVEIRA BATISTA
Data: 07/08/2023 16:32:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinador(a) Interno(a) - Prof^a Dra., Juliana Oliveira Batista, UFAL)

À minha **família**, que sempre me deu todo o apoio para a realização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, por me conceder força e perseverança em minha jornada.

Aos meus amados pais **Jaconias e Nilda**, por sempre serem minha base e minha força para tudo. À vocês todo o meu amor, respeito e admiração.

Aos meu irmãos **Rodrigo, Jaqueline, Alan e Elanise**, que sempre estiveram ao meu lado me dando todo o suporte que precisei. Amo muito vocês.

As minhas cunhadas **Isa e Rachel**; e meus sobrinhos **Lelê, Helena, Pedro e Theo**, que fazem a minha família ser mais completa e feliz. Sou grata a Deus por tê-los em minha vida.

Aos meus familiares que de alguma forma estiveram me apoiando e torcendo durante todo o curso.

Aos amigos **Adri, Cath, Laura, Lúria, Vivian, Fernando, Hugo, Sirius, Sami, Nai, Deia, Babi, Babs**, por todo companheirismo e cumplicidade nos últimos anos, passando juntos pelos perrengues da graduação. Eu os amo demais e agradeço todo o apoio e a amizade.

À minha melhor amiga **Fran**, que é sempre meu porto seguro. Obrigada por tanto.

À minha orientadora **Lucinha**, pelo carinho, apoio e confiança em mim.

À banca examinadora, por todo incentivo e contribuições para a conclusão deste trabalho.

Ao grupo de estudo **GEAS**, por todo acolhimento, pelas amizades e partilha.

À **Stella**, por todo conhecimento compartilhado e apoio.

Aos professores que participaram da minha formação e que me inspiraram durante esses anos de graduação.

À **CNPq** pela bolsa concedida e a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

Como consequência do crescimento desorganizado das cidades, surgem problemas no tráfego veicular e conflito entre os usos e ocupações das edificações, fator esse que intensifica cada vez mais o ruído urbano. O Bairro da Ponta Verde, com destaque na Avenida Silvio Carlos Viana, possui grande quantidade de denúncias registradas pela SEMURB (Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente e Urbanismo). Boa parte dessas denúncias estão relacionadas à poluição sonora, devido principalmente aos estabelecimentos comerciais, bares e restaurantes presentes no entorno imediato, por serem fontes de ruídos constantes. O objetivo do presente trabalho foi analisar o impacto do ruído ambiental nas fachadas das edificações verticais da Avenida Silvio Carlos Viana num cenário rotineiro. A metodologia aplicada baseia-se em medições dos níveis de pressão sonora, LAeq, realizadas *in loco* em três dias na semana (terça-feira, quarta-feira e quinta-feira). Os dados coletados foram aplicados ao *software* CadnaA para a simulação dos mapas sonoros e avaliação do cenário acústico local e da exposição sonora que se encontra que chega nas edificações verticais à beira-mar, onde foram discutidos em seguida o impacto sonoro no objeto de estudo. Considerando que no cenário cotidiano os dados sonoros ultrapassam as exigências da normativa vigente, é possível constatar que os moradores estão inseridos em um ambiente sonoro com edificações expostas a elevados níveis de ruído residual, podendo causar danos não só à saúde auditiva, mas também psicológicos e cardíacos ao longo do tempo. Os valores encontrados durante as medições ultrapassam as exigências da NBR 10151 (ABNT, 2019), tanto no valor mensurado na rua, quanto os valores que chegam até as fachadas, reafirmando a necessidade e importância de planejamento urbano para evitar que os níveis de pressão sonora urbana sejam adequados para que seja possível bons resultados obtidos na escala urbana.

Palavras-chave: CadnaA; Fachadas; Impacto ambiental; Poluição sonora.

ABSTRACT

As a consequence of the disorganized growth of cities, problems arise in vehicular traffic and conflict between the uses and occupations of buildings, a factor that increasingly intensifies urban noise. The neighborhood of Ponta Verde, with emphasis on Avenida Silvio Carlos Viana, has a large number of complaints registered by SEMURB (Municipal Secretariat for the Protection of the Environment and Urbanism). Most of these complaints are related to noise pollution, mainly due to the commercial establishments, bars and restaurants present in the immediate surroundings, as they are sources of constant noise. The objective of this study was to analyze the impact of environmental noise on the facades of vertical buildings on Avenida Silvio Carlos Viana in a routine scenario. The methodology applied is based on measurements of sound pressure levels, LAeq, performed on site on three days a week (Tuesday, Wednesday and Thursday). The data collected were applied to the CadnaA software for the simulation of sound maps and evaluation of the local acoustic scenario and the sound exposure that is found arriving at the vertical buildings by the sea, where the sound impact on the object of study was then discussed. Considering that in the daily scenario the sound data exceed the requirements of the current regulations, it is possible to verify that the residents are inserted in a sound environment with buildings exposed to high levels of residual noise, which can cause damage not only to hearing health, but also psychological and cardiac over time. The values found during the measurements exceed the requirements of NBR 10151 (ABNT, 2019), both in the value measured on the street, as well as the values that reach the facades, reaffirming the need and importance of urban planning to prevent urban sound pressure levels from being adequate so that good results can be obtained on an urban scale.

Keywords: CadnaA; Facades; Environmental impact; Noise pollution.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | – Escala de Ruído..... | 21 |
| Figura 2 | – Detenção do som e espectro sonoro..... | 22 |
| Figura 3 | – Vista aérea da cidade de Maceió-AL no final da década de 1980..... | 25 |
| Figura 4 | – Verticalização do bairro da Ponta Verde por décadas..... | 25 |
| Figura 5 | – (A) Solução de quadra mais exposta e (B) menos exposta ao ruído do tráfego..... | 26 |
| Figura 6 | – (A) Maior permeabilidade ao ruído da via e (B) menor permeabilidade ao ruído..... | 27 |
| Figura 7 | – Vista da disposição das edificações - Avenida Silvio Viana..... | 28 |
| Figura 8 | – Barreira Acústica..... | 28 |
| Figura 9 | – Recorte do bairro Ponta Verde simulado no CadnaA..... | 34 |
| Figura 10 | – Visualização 3d do mapa sonoro - fachadas..... | 34 |
| Figura 11 | – Apresentação do mapa do Brasil com chamadas para o estado de Alagoas e cidade de Maceió..... | 37 |
| Figura 12 | – Localização do Bairro da Ponta Verde..... | 38 |
| Figura 13 | – Mapa da cidade de Maceió dividida pela categoria de Regiões Administrativas, com ampliação da RA - 01..... | 38 |
| Figura 14 | – Localização da área em estudo..... | 39 |
| Figura 15 | – Mapa de Gabarito..... | 41 |
| Figura 16 | – Verticalização na Av. Silvio Viana..... | 42 |
| Figura 17 | – Edifícios com fechamento móvel da varanda em vidro em destaque..... | 43 |
| Figura 18 | – Corte esquemático da Avenida Silvio Carlos Viana, Ponta Verde..... | 44 |
| Figura 19 | – Mapa de Pontos Turísticos e Serviços..... | 45 |
| Figura 20 | – Sonômetro utilizado nas medições e distâncias para medições externas, de acordo com a NBR 10151..... | 46 |
| Figura 21 | – Fachada e perspectiva da rua P1..... | 47 |
| Figura 22 | – Fachada e perspectiva da rua P2..... | 48 |
| Figura 23 | – Fachada e perspectiva da rua P3..... | 48 |
| Figura 24 | – Fachada e perspectiva da rua P4..... | 49 |
| Figura 25 | – Fachada e perspectiva da rua P5..... | 49 |
| Figura 26 | – Fachada e perspectiva da rua P6..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 27 – Licença do programa de simulação acústica CadnaA..... | 54 |
| Figura 28 – Mapa de Uso do Solo..... | 56 |
| Figura 29 – Simulação dia 01 no CadnaA com ampliação na Av. Silvio Carlos Viana. | 64 |
| Figura 30 – Simulação dia 02 no CadnaA com ampliação na Av. Silvio Carlos Viana. | 65 |
| Figura 31 – Simulação dia 03 no CadnaA com ampliação na Av. Silvio Carlos Viana. | 66 |
| Figura 32 – Níveis de pressão sonora no entorno do edifício com maiores níveis de ruído (Ponto P2)..... | 67 |
| Figura 33 – Avaliação dos níveis de pressão sonora na fachada do edifício - P2..... | 68 |
| Figura 34 – Grid de NPC em corte frontal e lateral, respectivamente (ponto P2)..... | 69 |
| Figura 35 – Níveis de pressão sonora no entorno do edifício com maiores níveis de ruído (Ponto P6)..... | 70 |
| Figura 36 – Avaliação dos níveis de pressão sonora na fachada do edifício - P6..... | 71 |
| Figura 37 – Grid de NPC em corte frontal e lateral, respectivamente (ponto P6)..... | 64 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | | |
|-----------|--|----|
| Gráfico 1 | – Dados de tráfego viário dia 01/ terça-feira | 58 |
| Gráfico 2 | – Dados em dBA e norma 10151 dia 01/ terça-feira | 58 |
| Gráfico 3 | – Dados de tráfego viário dia 02/ quarta-feira | 59 |
| Gráfico 4 | – Dados em dBA e norma 10151 dia 02/ quarta-feira | 59 |
| Gráfico 5 | – Dados de tráfego viário dia 03/ quinta-feira | 60 |
| Gráfico 6 | – Dados em dBA e norma 10151 dia 03/ quinta-feira | 60 |
| Gráfico 7 | – Dados de tráfego viário médio dos três dias em porcentagem | 61 |
| Gráfico 8 | – Dados em dBA e norma 10151 média dos três dias | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | – Medições <i>in loco</i> dia 01 (terça-feira) | 51 |
| Tabela 2 | – Medições <i>in loco</i> dia 02 (quarta-feira) | 52 |
| Tabela 3 | – Medições <i>in loco</i> dia 03 (quinta-feira) | 53 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|----------|--|----|
| Quadro 1 | – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A). | 30 |
| Quadro 2 | – Tempo máximo recomendado de exposição diária permissível | 32 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| UFAL | Universidade Federal de Alagoas |
| CADNAA | Software Computacional para Cálculo, Avaliação e Previsão do Ruído |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| dB | Decibel |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| LAeq | Nível De Pressão Sonora Contínuo Equivalente Ponderada Em A |
| L _{máx} | Nível de Pressão Sonora Máximo |
| L _{mín} | Nível de Pressão Sonora Mínimo |
| NBR | Norma Brasileira |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| SEMPMA | Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente |
| SILÊNCIO | Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | Objetivos | 16 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 16 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 16 |
| 1.1.3 | Estrutura do Trabalho | 16 |
| 2 | ACÚSTICA URBANA | 18 |
| 2.1 | Crescimento das Cidades | 18 |
| 2.2 | Ruídos Urbanos | 18 |
| 2.3 | Conforto Acústico | 20 |
| 3 | ACÚSTICA ARQUITETÔNICA | 23 |
| 3.1 | Edificações Verticais | 23 |
| 3.2 | O Ambiente Sonoro e Suas Intervenções | 25 |
| 4 | NORMAS E FERRAMENTAS ACÚSTICAS | 30 |
| 4.1 | Normas Técnicas | 30 |
| 4.2 | Mapeamento Sonoro | 33 |
| 5 | MATERIAIS E MÉTODOS | 36 |
| 5.1 | Seleção e Caracterização Física do Objeto de Estudo | 36 |
| 5.2 | Levantamento de Dados | 42 |
| 5.3 | Medições Sonoras | 45 |
| 5.4 | Simulações Aplicadas | 54 |
| 6 | ANÁLISE E DIAGNÓSTICO | 55 |
| 6.1 | Simulações Computacionais | 62 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 74 |
| | REFERÊNCIAS | 76 |

1 INTRODUÇÃO

Uma das consequências adquiridas pelo crescimento das grandes cidades é o aumento desgovernado do tráfego viário que provoca o aumento do ruído urbano e, devido a isso, vem aumentando a necessidade da conservação do meio ambiente na busca por melhorias da qualidade de vida da população. Do ponto de vista da acústica, os espaços urbanos são complexos, devido a criação de atividades diversas no entorno e assim gerando diferentes frequências e intensidades de ruídos.

Segundo os dados da Organização Mundial da Saúde (2011), a poluição sonora é a segunda maior poluição do mundo, tornando-se uma das razões para uma baixa qualidade de vida nas metrópoles devido a exposição excessiva a ruídos. Quando essa exposição atinge um período prolongado, o ser humano pode desenvolver patologias leves como dor de cabeça e até graves como a perda de audição, além de aumentar os níveis de estresse.

De acordo com Firmino (2018) quando o incômodo causado pela poluição sonora passa a ser um problema intolerável é que passa a ser considerado preocupante, assim é possível observar que existe certa carência no combate do impacto causado pelo ruído no ambiente sonoro através de políticas públicas e de planejamento urbano. Esses ruídos são classificados como ruído aéreo (transmitido através do ar) e ruído de impacto (decorrente do impacto sobre um sólido).

A cidade de Maceió, assim como grande parte das cidades do Brasil, sofre com a falta de planejamento urbano adequado, o que acaba causando diversos efeitos negativos na cidade como: congestionamentos, aglomerados urbanos, tráfego veicular intenso e a implantação demasiada de empreendimentos ruidosos (Oliveira, 2018).

Na cidade do Rio de Janeiro, houve a constatação de que o tráfego, o crescimento sem controle e a falta de planejamento urbano, contribuíram para a poluição sonora. Como uma forma para contribuir com a adoção de medidas no combate à poluição sonora, a União Europeia determinou, no final do século XX, que os países e cidades deveriam se responsabilizar pelo controle do ruído ambiental de suas respectivas áreas (Niemeyer, 2013, *apud* Oliveira *et al*, 2021).

Assim, nesse contexto, foi instituída, pelo Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, a Diretiva 2002/49/CE, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiental, cujo

principal objetivo é definir uma abordagem com finalidade de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incômodo dela decorrente (Directive 2002/49/EC, 2002).

Na década de 1950, surgiram os primeiros edifícios verticais na cidade de Maceió, e só na década seguinte é que foram construídos os primeiros edifícios verticais multifamiliares. A partir daí, com o passar das décadas, os edifícios verticais multifamiliares foram se multiplicando cada vez mais pela capital, por serem vistos pela sociedade como representação de modernidade, progresso, evolução, crescimento e status (Alves, 2012).

Atualmente, a cidade de Maceió passa por um crescimento na implantação de edifícios verticais, destacando a necessidade de decisões projetuais mais precisas, a fim de adequar as necessidades do usuário. Segundo Alves (2017) é importante que na concepção do projeto, seja pensado no conforto acústico do edifício, com finalidade de evitar desperdícios e custos excedentes para adequação pós construção, de forma que seja entregue um produto que respeite as solicitações exigidas pelas normas.

Com as condições acústicas existentes atualmente em cidades como Maceió, a NBR 15575 (ABNT, 2021) acaba por ter uma importância muito grande por estabelecer uma nova visão com relação às condições e qualidade acústica de novos edifícios residenciais. Sendo assim, o ruído faz com que exista a necessidade de melhorias das edificações e um melhor desempenho acústico exigido tanto em edificações verticais quanto horizontais. Os tratamentos comumente realizados tentam modificar o mínimo possível no projeto original do prédio e assim, a princípio o uso de materiais isolantes nas bordas ou mais praticidade com a troca de esquadrias comuns por esquadrias com melhor desempenho acústico (Oliveira, 2018).

Diante da importância de que as edificações se adequem a NBR 10151 (ABNT, 2019), verifica-se a necessidade de compreender o impacto do ruído que chega nas fachadas das edificações verticais que margeiam a Avenida Sílvio Carlos Viana, que é o objeto de estudo escolhido.

A pretensão deste trabalho é contribuir para a melhoria do ambiente sonoro das edificações com a possibilidade de as proteger do ruído residual¹ promovido principalmente por serviços, locais de lazer para pessoas de todas as idades e o recorrente ruído promovido

¹ Ruído residual – é o ruído ambiental, sob certas condições, quando o ruído da fonte específica é eliminado.

pelo tráfego de veículos, levando em consideração as exigências das NBRs relacionadas a acústica e as Diretivas Européias, que serve como a base direcional para mapeamento sonoro, em decorrência da falta de normativas específicas no Brasil.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o impacto do ruído ambiental nas fachadas das edificações verticais da Avenida Silvio Carlos Viana, localizada no bairro da Ponta Verde, cidade de Maceió - Al, devido a interferência sonora das vias próximas do entorno, visando contribuir para a melhoria da qualidade acústica ambiental

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar e caracterizar o uso do solo, gabarito e volumetria das edificações verticais presentes na área de estudo;
- Observar as diferentes fontes de ruídos presentes na área de estudo durante o período diurno;
- Aperfeiçoar o conhecimento para a elaboração de mapas sonoros a fim de observar a dinâmica da propagação do ruído na área de estudo.

1.1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido em 5 capítulos, além da introdução e considerações finais:

O Capítulo 1 trata sobre o desenvolvimento e crescimento dos centros urbanos, com uma abordagem a partir dos conceitos de acústica urbana, conforto acústico, ruídos e em que isso pode influenciar a quem fica exposto à poluição sonora.

O Capítulo 2 é referente a contextualização sobre Acústica Arquitetônica, mostrando informações do aparecimento e evolução dos edifícios verticais em específico na cidade de

Maceió, além de tratar o desempenho acústico dos materiais utilizados em suas construções.

No Capítulo 3, além de apresentar as normas usadas para a avaliação de um ambiente acústico saudável e dos parâmetros que as mesmas exigem e que foram usadas neste trabalho, fala e mostra sobre as ferramentas utilizadas para um mapeamento sonoro e sua importância.

No Capítulo 4, são apresentados os materiais e métodos usados e que são divididos em três etapas e mostram como o trabalho foi desenvolvido, sendo:

Etapa 01: Seleção e caracterização física do objeto de estudo;

Etapa 02: Levantamento de Dados;

Etapa 03: Medições Sonoras;

Etapa 04: Simulações aplicadas.

No Capítulo 5 serão abordadas as análises e discussões dos resultados obtidos, buscando caracterizar a área com a avaliação dos dados coletados nas medições e simulações realizadas e relacionando-os com o impacto acústico das fachadas.

2 ACÚSTICA URBANA

Este capítulo trata sobre o desenvolvimento e crescimento dos centros urbanos, com uma abordagem sobre os conceitos de acústica urbana, conforto acústico, ruídos e como isso pode influenciar a quem fica exposto à poluição sonora.

2.1 Crescimento das Cidades

Segundo Assis (2006) algumas cidades brasileiras têm tido um crescimento sem planejamento ou controle, fazendo com que os governantes não consigam acompanhar e promover boa infraestrutura e qualidade de vida para todos os moradores.

O crescimento dos centros urbanos vem ocorrendo cada vez mais próximo das vias de grande tráfego de áreas residenciais e rodovias tanto para a população que procura a periferia, devido a custos mais acessíveis, ou pessoas que possuem uma alta renda e querem espaços maiores com a segurança de um condomínio fechado (Oliveira, 2018).

Atualmente, todos residentes de áreas urbanas das distintas classes sociais, acabam sendo expostos a ruídos produzidos, principalmente, nas cidades de médio e grande porte. Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), no final do século XX o ruído já seria considerado uma das quatro maiores ameaças ao ambiente urbano (ONU, [s.d.], apud Alves, 2017).

Ruídos esses que formam sons indesejáveis e que resultam de movimentos vibratórios que se propagam pelo ar ou outros meios através de ondas com amplitudes e frequências diferentes, e são resultantes da circulação de veículos, crianças brincando, música alta e pessoas falando muito, além de causar desentendimentos e estresse entre as pessoas, é prejudicial à saúde. Esses problemas causados por ruídos conseguem ser prevenidos durante a concepção projetual das edificações (ONU, [s.d.], apud Alves, 2017).

2.2 Ruídos Urbanos

Segundo Lacerda *et al* (2005), nos últimos anos, algumas pesquisas mostram como a

população vem se habituando ao ruído crescente no meio urbano e isso só mostra o efeito causado pela exposição contínua dessas pessoas que interferem na saúde humana de forma nociva e danosa. As reações de disposição e a motivação das pessoas podem sofrer mudanças negativas através do ruído. O nervosismo, a ansiedade e a agressividade dos seres humanos aumentam e a capacidade de aprendizagem e de concentração acabam sendo afetadas.

Em certos ambientes de trabalho, isto pode provocar a redução da capacidade de produtividade e a diminuição da capacidade de percepção, ampliando assim as possibilidades de que ocorra algum tipo de acidente (Lacerda *et al*, 2005).

É muito comum que aconteça entre operários de metalúrgicas e siderúrgicas, por exemplo, o chamado "trauma acústico" e devido a grande e constante exposição aos ruídos, são submetidos a exames médicos periódicos, psicológicos e audiométricos. Quando se mostra necessário, esses funcionários precisam ser afastados de suas atividades como uma forma de proporcionar um tempo de recuperação auditiva, em alguns casos mais extremos, uma aposentadoria precoce por decorrência de lesões graves ao aparelho auditivo (Cortês, 2013).

Contudo, também existem outros grupos que podem sofrer com a exposição cotidiana a ruídos, por exemplo, policiais, ambulantes, motoristas de ônibus e caminhões, motoboys, guardas de trânsito e outros, também acabam correndo o risco de sofrer uma perda auditiva induzida pelo ambiente sonoro nocivo ao qual estão inseridos (Cortês, 2013).

Ao analisar as reclamações registradas pela Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente (SEMPMA) durante os anos de 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 na cidade de Maceió - Al, foi observado que a poluição sonora obteve destaque com o segundo lugar das reclamações, atingindo 21,2 %, 22%, 20%, 19%, 19% e 16% respectivamente, sendo a Ponta Verde e o Jacintinho dois dos bairros que se encontram com maior número de frequências das denúncias devido às atividades comerciais e de serviço presentes em ambos (Oliveira *et al*, 2021).

O que diferencia a poluição sonora de outros tipos é que ela não deixa resíduos no meio ambiente, sua área de ação restringe-se às proximidades de sua fonte e, como consequência disso, a população vai se habituando no dia a dia, como já foi mencionado, não notando a grande necessidade de combatê-la (Oliveira, 2018).

Existe uma lei federal que foi constituída pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente e

é chamada lei do SILÊNCIO – Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, onde todas as atividades que geram ruídos em áreas habitadas necessitam seguir a norma NBR 10151 (ABNT, 2019). Essa norma adequa os limites de ruídos para os ambientes externos e em Maceió, o órgão que possui a responsabilidade de coletar as reclamações e realizar inspeções frente às denúncias com relação às poluições ambientais é a Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente (Firmino et al, 2016).

A primeira cidade brasileira a iniciar o combate à poluição sonora urbana foi Fortaleza - Ceará e a partir dos seus estudos e levantamentos foi realizada a produção da primeira carta acústica no Brasil.

Segundo Oliveira (2018) a carta identifica as fontes emissoras de ruído e suas categorizações. Com esse estudo, outras cidades foram motivadas a também fazerem esse gerenciamento e controle da poluição sonora.

Hoje, Maceió está entre essas cidades e sua carta sonora visa auxiliar na elaboração de medidas para atenuar e precaver a poluição causada pelo ruído na cidade e gerar contribuições aos órgãos municipais responsáveis pelo combate à poluição sonora, assim como é constituído pelo Estatuto das Cidades (Oliveira, 2018).

2.3 Conforto Acústico

A acústica se originou na Grécia Clássica com a finalidade de estudar o som e, em geral, é dividida entre geradores, transmissão e propagação sonora. Também é debatida levando em conta os seus efeitos para a saúde, além das leis e normativas que definem o seu panorama ideal (Souza, 2003).

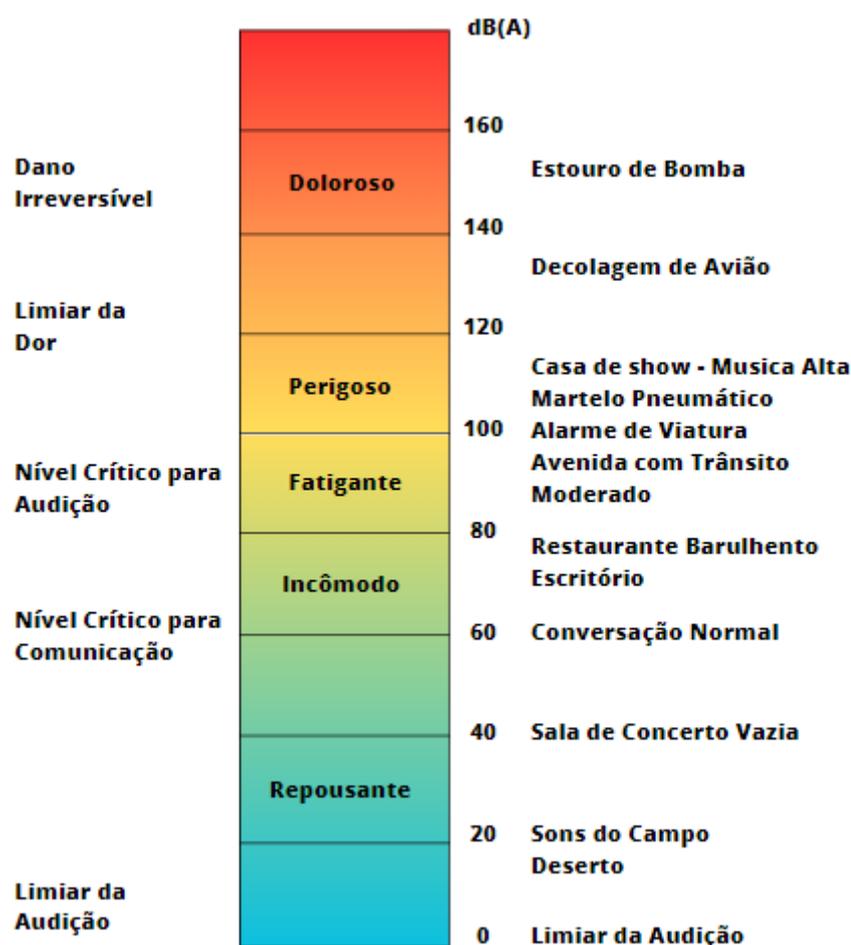
Segundo Cortês (2013), o som resulta de oscilações de pressão ou oscilações em um meio elástico, assim como o ar, a água ou os sólidos, gerado por superfícies vibratórias ou por fluxo de fluido turbulento. Ele se propaga no meio como ondas longitudinais e é uma variação da pressão ambiente detectável pelo ouvido humano.

Sons e ruídos são equivalentes com relação ao mesmo fenômeno de variação da pressão atmosférica, segundo o que diz a acústica. O que as difere é muito subjetivo, enquanto alguns sons e ruídos são irritantes e desagradáveis para algumas pessoas, para outras podem ser mais agradável, prazeroso e isso pode variar de acordo com a capacidade auditiva das pessoas, dos gostos e até de questões culturais. As pessoas buscam ouvir aquilo que não

cause estresse ou faça sentir mal, nem atrapalhe durante a realização de atividades que estejam sendo realizadas. Dessa forma, é preciso que a adequação sonora seja coerente com as necessidades a serem executadas no ambiente (Cortês, 2013).

Segundo Firmino *et al* (2016) o ruído é resultado da mudança de pressão acústica que é medida através de sonômetros e através de medições é possível escalonar valores do nível de pressão sonora, que varia de 0 dB(A), o limiar da audição, até 130 dB(A) que é o limiar da dor. Na Figura 01, pode-se ver a escala do ruído do confortável ao prejudicial à saúde.

Figura 01 – Escala de Ruído



Fonte: A autora, 2023

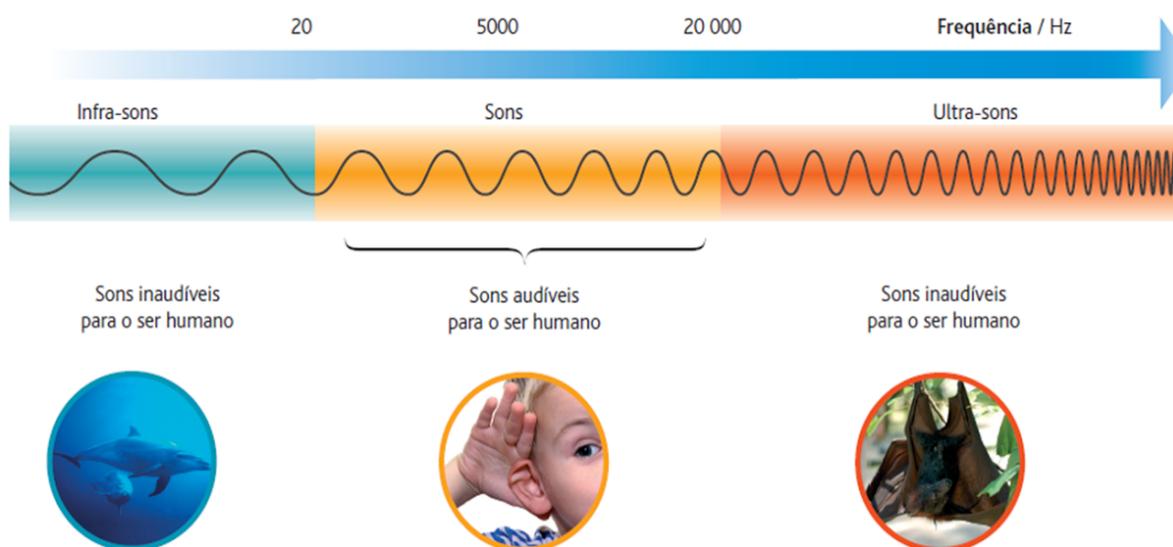
De acordo com Santos (2018), a intensidade é uma característica do som relacionada diretamente à energia de vibração da fonte que emite as ondas sonoras e essa propriedade é provocada pela pressão exercida pela onda sobre o ouvido ou um instrumento medidor de

intensidade sonora assim como o decibelímetro. A intensidade sonora é medida em bel, em homenagem ao cientista inglês Graham Bell: 1 decibel = 1 dB = 0,1 bel.

A altura é o que nos permite fazer uma classificação do som em grave ou agudo, e é uma propriedade do som que é caracterizada pela frequência da onda sonora. Se um som tem baixa frequência, ele é grave e se tem alta frequência é agudo, que corresponde a sons baixos e altos, respectivamente, em linguagem técnica musical. No cotidiano os termos alto e baixo, referentes à intensidade do som, acabam por ser usados de forma incorreta em muitas situações (FIGURA 02) (Santos, 2018).

O espectro sonoro é um conjunto de ondas que são audíveis e não audíveis aos seres humanos, como mostra a figura. Os infra-sons possuem uma baixa frequência e não podem ser ouvidos pelos seres humanos, como alguns sons produzidos pelas baleias. Os Ultra-sons também são inaudíveis aos seres humanos, a diferença é que sua frequência é maior, como a forma que os morcegos usam para se localizar.

Figura 02 – Detenção do som e espectro sonoro.



Fonte: Ciências físico-químicas.

Disponível em: <http://francisco-moura-cfq.blogspot.com/2013/06/audicao.html>. Acesso em: 28 set 2022

3 ACÚSTICA ARQUITETÔNICA

Este capítulo é referente a contextualização sobre Acústica Arquitetônica, mostrando informações do aparecimento e evolução dos edifícios verticais em específico na cidade de Maceió, além de falar a respeito do desempenho acústico dos materiais utilizados em suas construções.

3.1 Edificações Verticais

Segundo Alves (2017), um edifício abriga uma diversidade de atividades que se caracteriza pelo uso, como: habitação, cultura, serviços, indústria, entre outros. Já as edificações verticais, surgiram pela demanda de moradia em lugares com áreas limitadas, com o intuito de melhorar ao máximo a ocupação do espaço abrigando o maior número de pessoas possível com a sobreposição de pavimentos dispostos em vários andares.

Com a Revolução Industrial, começaram a utilizar novos materiais como concreto e aço, o que facilitava a construção de edificações com mais pavimentos, além de surgirem novas tecnologias que possibilitaram uma verticalização em grandes proporções. E esses avanços vêm acontecendo até os dias atuais, onde existem edificações cada vez mais altas e seguras, passando de 3 pavimentos à cento e sessenta pavimentos, e sendo chamadas de arranha-céus (Alves, 2017).

De acordo com Alves (2017), as primeiras residências verticais brasileiras começaram a surgir no início do século XX e foi causada pela valorização das terras nos centros urbanos que atraíram um grande número de pessoas vindas do campo, gerando um acréscimo populacional. Com o passar do tempo, as edificações verticais passaram a ter outros usos, além do residencial e até ter mais de um uso em uma mesma edificação, as chamadas edificações de uso misto.

No Brasil, a habitação em edifícios de apartamentos é consolidada por volta da década de 30, pela população de classe média à alta, que foi um movimento contrário ao que aconteceu em outros países, onde a verticalização foi solução para habitação de pessoal com baixa renda. O morar em apartamentos começou a dar um ar de luxo e sofisticação em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo. No estado de Alagoas, o período em que houve

uma maior modernização nas construções arquitetônicas foi entre os anos de 1950 a 1964, período esse que coincide com implementações de desenvolvimento nacional e crescimento populacional local (Caldas, 2019).

Apenas na década de 1950 é que surgem os primeiros edifícios verticais em Maceió, para uso comercial e de serviço no centro da cidade, enquanto que os primeiros edifícios verticais de uso residencial só começaram a surgir na década de 1960 (Toledo *et al*, 2022).

Segundo Alves (2012), na década de 1970 houve uma maior disseminação de edifícios multifamiliares na capital alagoana com influência, principalmente, do setor imobiliário e pela classe burguesa que conferia um tipo de *status* no habitar em um edifício vertical por ser um símbolo de modernidade e progresso.

Segundo Toledo *et al* (2022) nesse período as construções de edifícios verticais se expandiu para mais bairros além do centro, um deles foi a Ponta Verde, e no final da década de 1970 foi aprovado o primeiro código de edificações com diretrizes a respeito das edificações verticais, com finalidade de determinar parâmetros de crescimento para essa vertente.

No ano de 1985, foi aprovado o primeiro Plano Diretor de Maceió, onde detalhou as zonas de uso e os parâmetros urbanísticos com diretrizes para o uso residencial vertical (Toledo *et al*, 2022).

De acordo com Toledo *et al* (2022), entre a década de 1986 e 1992, houve um crescimento acelerado da população de Maceió, ao mesmo tempo que havia cada vez mais desenvolvimento do setor turístico na região da orla marítima em bairros como a Ponta Verde, onde começaram a surgir a construção de hotéis verticais, contribuindo fortemente para o processo de verticalização e adensamento dos novos bairros da baixada litorânea (FIGURA 03).

Figura 03 – Vista aérea da cidade de Maceió-AL no final da década de 1980.



Fonte: Toledo *et al*, 2022.

Durante a década de 1990, foi consolidado o processo de verticalização em vários bairros, com diversas tipologias arquitetônicas e com grande influência do mercado imobiliário (Toledo *et al*, 2022).

Figura 04 – Verticalização bairro da Ponta Verde por décadas.

| PONTA VERDE | |
|-------------|----------------|
| 1970 | – 14 edifícios |
| 1980 | – 33 edifícios |
| 1990 | – 60 edifícios |

Fonte: Toledo *et al*, 2022.

3.2 O Ambiente Sonoro e Suas Intervenções

Os materiais mais utilizados nas construções do meio urbano são: concreto, vidro, cerâmica e asfalto, podem também ser encontrados outros de melhor qualidade, tais como: granito, mármore, porcelanato e vidros diversos.

Segundo Oliveira (2018) materiais como esses possuem um coeficiente de absorção sonora baixo e acabam por refletir quase toda a energia incidente pelas fontes de ruído urbano. A forma como o som é percebido no ambiente sonoro depende das características que

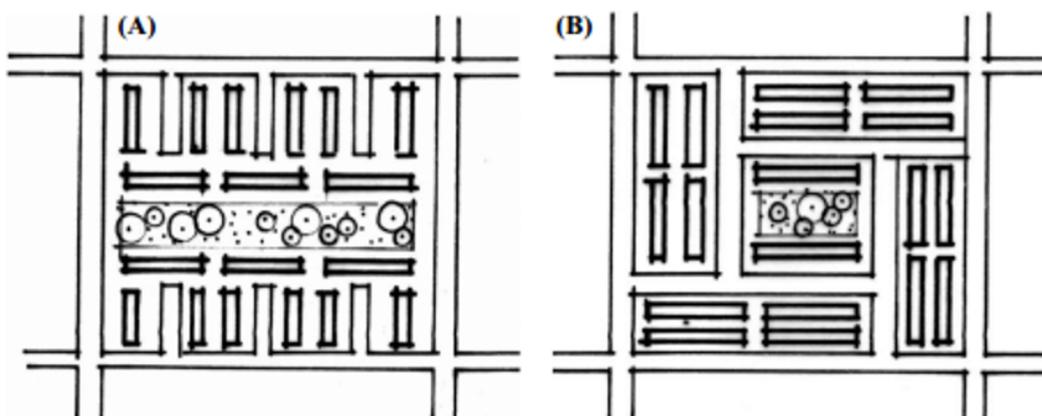
as superfícies refletoras apresentam, como: pavimentação das vias, das calçadas, revestimentos, rugosidade, e implantação e movimento das fachadas.

Em geral, os materiais que possuem mais porosidade e são mais macios ou fibrosos possuem um bom desempenho como absorvedores acústicos, enquanto os mais usados nas grandes cidades apresentam baixos coeficientes de absorção sonora, para todas as faixas de frequência. Isso acontece por que a porosidade que é característica da maioria dos materiais que são absorventes não possuem uma boa durabilidade e resistência às intempéries, limitando as possibilidades de aplicação na área externa. (Cortês, 2013)

Na tentativa de amenizar os impactos causados pelas superfícies que refletem o ruído propagado no ar, atualmente estão sendo desenvolvidos asfaltos porosos, e assim com menor incidência de ruído. Outra forma de amenizar é utilizando a disposição das edificações dispostas na quadra que influencia na quantidade de exposição ao ruído que as edificações terão (FIGURAS 05 e 06). (Bistafa, 2011)

A figura 05 (A) mostra um perfil de implantação de edificações de quadra que permite maior permeabilidade e exposição dos ruídos, a figura 05 (B) mostra um perfil de implantação de edificações na quadra que permite menor permeabilidade e exposição aos ruídos.

Figura 05 – (A) Solução de quadra mais exposta e (B) menos exposta ao ruído do tráfego.

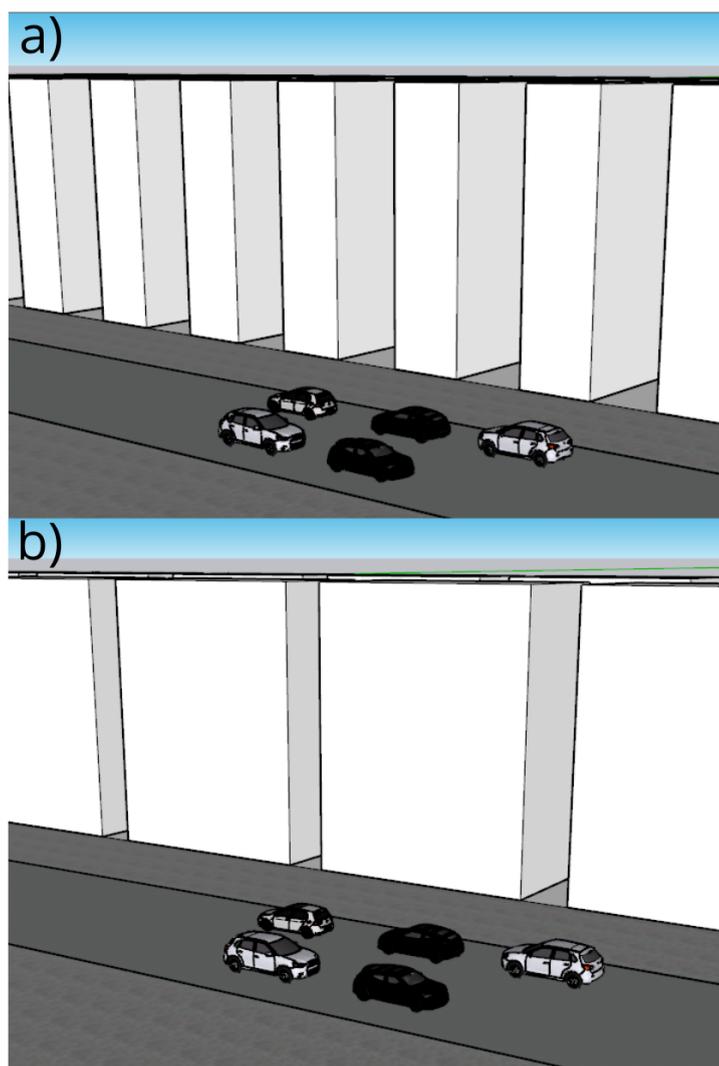


Fonte: Niemeyer; Santos, 2001, apud Oliveira, 2018.

A figura 06 (A) apresenta também aspectos relacionados à permeabilidade ruídos,

mostrando como fachadas mais estreitas permitem que haja maior permeabilidade dos ruídos (a) e fachadas mais largas viram barreiras mais notáveis e impedem que haja tanta permeabilidade dos ruídos pela quadra (b).

Figura 06 – (A) Maior permeabilidade ao ruído da via e (B) menor permeabilidade ao ruído.



Fonte: A autora, 2023

Esses fatores discutidos mostram como é necessário que haja um planejamento na divisão e desenvolvimento do espaço urbano de modo que não haja problemas de permeabilidade do ruído para que evite ser criado um ambiente sonoro nocivo para os usuários. pois algo que pode ser notado é que muitos dos prédios que margeiam a av. Silvino Viana estão locados de forma que permite essa permeabilidade do ruído (FIGURA 07).

Figura 07 – Vista da disposição das edificações - Avenida Silvio Viana.

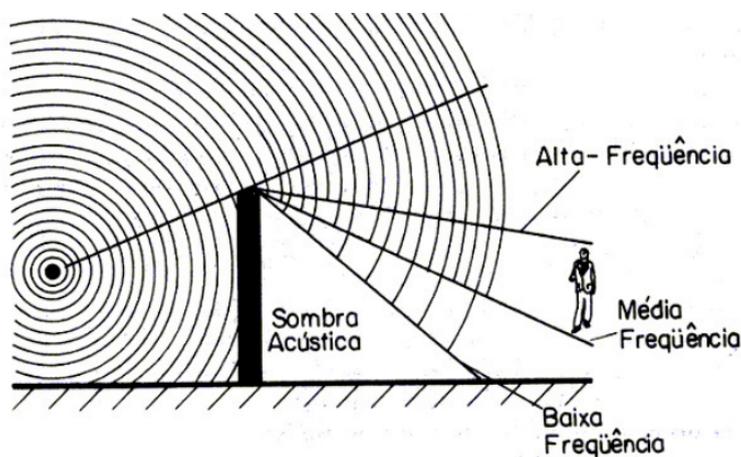


Fonte: A autora, 2023

As barreiras acústicas são elementos físicos que estão entre a fonte sonora e o receptor e alteram a forma de movimento das ondas sonoras.

De acordo com Cortês (2013) podem ser consideradas como barreiras acústicas as edificações, muros e a própria topografia, o seu desempenho varia pelo material usado, suas dimensões, a posição entre a fonte do ruído e o receptor, e também depende das frequências sonoras, já que nas baixas frequências existem uma difração do que nas altas (FIGURA 08). A presença de uma barreira acústica resulta em regiões de sombra acústica, que são regiões resguardadas do ruído, onde os níveis sonoros são bastante reduzidos.

Figura 08 – Barreira Acústica.



Fonte: Cortês, 2013

Saindo da fonte, a onda sonora vai se propagar pelo ar até sua intensidade diminuir ou encontrar um obstáculo e independente de como ela surgiu, possui um comportamento distinto quando atinge uma superfície qualquer, podendo ser: Refletida (R), voltando ao meio de incidência; Absorvida (A) pelo obstáculo; Transmitida (T) ao meio posterior ao obstáculo; Difrata (D), através de frestas ou “contornando” o obstáculo (Cortês, 2013).

Segundo Oliveira (2018) vários ruídos podem ser tipos de fontes sonoras, podendo ter a definição de como a sua propagação sonora acontece como efeito das fontes pontuais, que têm dimensões bem menores do que a sua distância ao receptor (ouvinte), e a energia sonora se dissipa, esfericamente, de modo que o nível de pressão sonora é o mesmo para todos os pontos de mesma distância; das lineares, que se caracterizam por possuir uma de suas dimensões bem maior em relação à distância fonte - receptor.

Onde o som sofre dissipação de forma cilíndrica e o nível sonoro se apresenta de forma igual para todos os pontos de mesma distância à linha de eixo da fonte ou de superfície, que mostra duas de suas dimensões comparáveis ao distanciamento entre a fonte e o receptor. Onde os níveis sonoros equivalentes de diferentes tipos de fontes de ruído podem conduzir às variadas sensações de incômodo em grupos de pessoas expostas a essas emissões (Oliveira, 2018).

O vento causa uma grande influência na propagação dos ruídos e na determinação da área de alcance sonoro. No caso de o som se propagar na mesma direção do vento, aí os efeitos vão se somar e a velocidade dessa propagação resulta dessa soma. Os raios sonoros têm propensão a se defletir rumo ao receptor, tornando-o mais passível ao ruído (Cortês, 2013).

Quando o som vem de um sentido inverso, o resultado da propagação vai ser a diferença entre a velocidade do som e do vento. Com a movimentação do ar, surgem regiões de sombra acústica, que dificulta a propagação sonora por que há uma alteração de direção da onda sonora para cima, já que o ar próximo ao solo é mais lento devido ao atrito com a superfície da terra. Desse modo, existe um gradiente de velocidade do ar que aumenta com a altitude (Cortês, 2013).

4 NORMAS E FERRAMENTAS ACÚSTICAS

Neste capítulo são apresentadas as normas usadas para a avaliação de um ambiente acústico saudável e os parâmetros que as mesmas exigem e que foram usadas neste trabalho, além de apresentar as ferramentas utilizadas para um mapeamento sonoro e sua importância.

4.1 Normas Técnicas

A norma brasileira que trata do conforto acústico da comunidade é a NBR 10151(ABNT, 2019) que estabelece os níveis máximos de pressão sonora (NPS) adequados por período para ambientes externos (QUADRO 01).

A NBR 10151 (ABNT, 2019) define que os valores em dB (A) considerados aceitáveis para ambientes externos variam entre 35 e 70 dB (A), considerando para área mista, com predominância residencial LAeq adequado para a preservação da saúde da população valor aceitável de até 55 dB (A) durante período diurno e 50 dB (A) durante período noturno.

Quadro 01 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).

| Tipos de áreas | Diurno | Noturno |
|---|---------------|----------------|
| Áreas de sítios e fazendas | 40 | 35 |
| Áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas | 50 | 45 |
| Áreas mistas, predominantemente residenciais | 55 | 50 |
| Áreas mistas, com vocação comercial e administrativa | 60 | 55 |
| Áreas mistas, com vocação recreacional | 65 | 55 |
| Áreas predominantemente industriais | 70 | 60 |

Fonte: NBR 10151, 2019

A norma que define níveis de ruído máximos para os diversos ambientes internos como

para ambiente hospitalar, escolas, hotéis, e residências com definição de valores para ambientes de alta permanência como dormitórios e salas de estar é a NBR 10152 (2017) e, atualmente, está tendo mais destaque devido a notoriedade da NBR 15575 (2021), que adentra no projeto acústico e não na definição do ruído do ambiente, o foco é a qualidade e escolhas de materiais e seu potencial como isolantes acústicos, pois estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo.

Com relação aos limites máximos de exposição à poluição sonora, a NR 15 (ABNT, 2017) estabelece alguns padrões permitidos (QUADRO 02):

Quadro 02 – Tempo máximo recomendado de exposição diária permissível.

| Nível de ruído dB(A) | Máxima exposição diária permissível |
|-----------------------------|--|
| 85 | 8 horas |
| 86 | 7 horas |
| 87 | 6 horas |
| 88 | 5 horas |
| 90 | 4 horas |
| 91 | 3 horas e 30 minutos |
| 92 | 3 horas |
| 93 | 2 horas e 40 minutos |
| 94 | 2 horas e 15 minutos |
| 95 | 2 horas |
| 96 | 1 horas e 40 minutos |
| 98 | 1 horas e 15 minutos |
| 100 | 1 hora |
| 102 | 45 minutos |
| 104 | 35 minutos |
| 105 | 30 minutos |
| 106 | 25 minutos |
| 108 | 20 minutos |
| 110 | 15 minutos |
| 112 | 10 minutos |
| 114 | 8 minutos |
| 115 | 7 minutos |

Fonte: NR 15, 2017

4.2 Mapeamento Sonoro

No final do século XX, a União Europeia determinou que os países e suas cidades deveriam tomar medidas responsáveis em conseguir e manter o controle do ruído ambiental de suas respectivas áreas, visando facilitar a adoção de medidas preventivas à poluição sonora.

Por esse motivo, foi instituída em junho de 2002 a Diretiva 2002/49/CE, que é relacionada à avaliação e gestão do ruído ambiental, proporcionando uma base para que sejam criadas formas de reduzir o ruído propagado pelas principais fontes sonoras existentes (Directive 2002/49/EC, 2002).

Entre essas medidas, pode-se destacar algumas como: criar medidas protetivas para a saúde das pessoas e do ambiente em que estão inseridas contra o ruído urbano; e estabelecer obrigatoriedade na elaboração de mapas de ruído em determinadas zonas de interesse, para que sirvam de embasamento para elaboração de planos de ação com intuito de atenuar o ruído, com ênfase onde estão os níveis que possam trazer efeitos negativos à População. (Directive 2002/49/EC, 2002).

Um mapa de ruído é um plano de ação servindo como uma ferramenta indispensável para a tomada de decisões a respeito de planejamento urbano e ordenamento do território, já que possibilita a visualização de condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do acústica do ambiente (Oliveira, 2018).

O mapa de ruído precisa preservar zonas com níveis sonoros regulamentares, além de possibilitar a correção de zonas com níveis sonoros não regulamentares e criar novas zonas sensíveis ou mistas com níveis sonoros compatíveis (Oliveira, 2018).

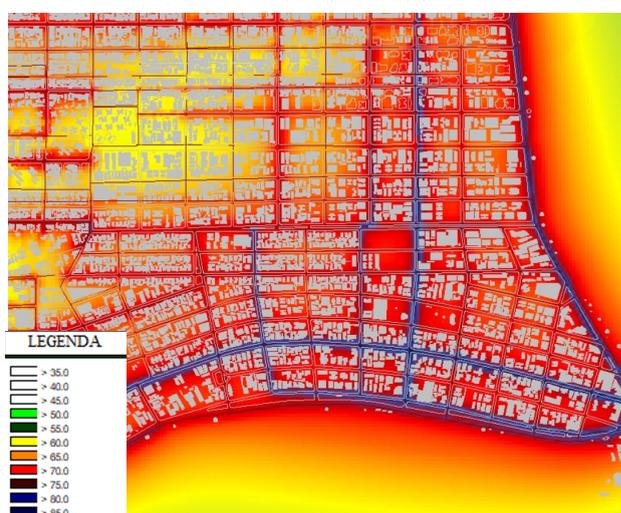
Para a elaboração da simulação que será possível visualizar a propagação do ruído pelas vias que ficam expostas a ele, será necessário o uso do software computacional CadnaA, que é tido como um dos programas mais utilizados para mapeamento sonoro por membros da comunidade Europeia (FIGURAS 09 e 10). O software leva em consideração as normas internacionais para realização dos cálculos e é possível obter valores estatísticos de impacto acústico na população por meio de representações gráficas de mapas bidimensionais e

tridimensionais (Oliveira, 2018).

A elaboração do mapa proporciona a identificação da situação sonora atual da área como também é possível simular fachadas das edificações ou em áreas estratégicas de modo que permita identificar áreas ruidosas e silenciosas nas cidades.

No recorte abaixo, é apresentado o mapa sonoro do bairro da Ponta Verde, onde é possível ver a grande concentração de ruído nas vias de trânsito, alcançando altos níveis mensurados com cerca de 75 à 80 dBA.

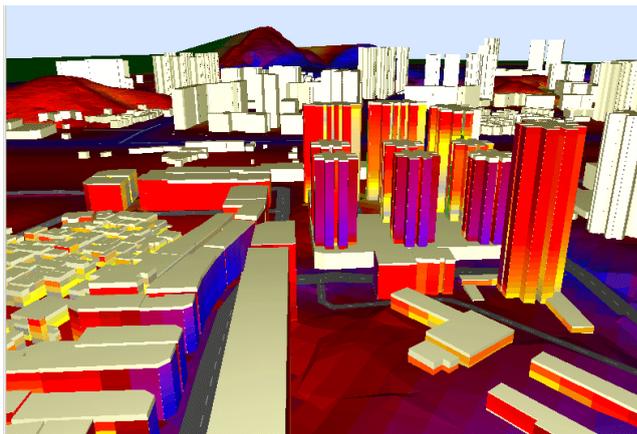
Figura 09 – Recorte do bairro Ponta Verde simulado no CadnaA.



Fonte: GEAS/FAU-UFAL 2019

A figura abaixo é uma representação de uma visualização em 3D de edificações, onde é possível ver o comportamento do ruído nas fachadas.

Figura 10 – Visualização 3D do mapa sonoro - fachadas.



Fonte: DATAKUSTIK, 2012.

Em Maceió, os estudos de mapeamento sonoro da cidade foi elaborado pelo Grupo de Estudo do Ambiente Sonoro (GEAS) da FAU-UFAL, e nele é observado como o ambiente sonoro de alguns bairros é nocivo a todos que estão expostos ao ruído urbano local, acarretando algumas preocupações e possibilitando ações e soluções para que se haja um ambiente sonoro saudável para todos.

De acordo com o levantamento realizado por Firmino (2016) constatou-se que o bairro de Ponta Verde possui um ambiente acústico insalubre, com ruídos acima de 55 dBA exigido por norma e é prejudicial aos moradores e transeuntes. Isso mostra a necessidade de uma análise específica de determinadas áreas da cidade ou bairros para que não ocorra uma grande interferência de ruído nas edificações.

Na principal via de circulação do bairro, Avenida Silvio Carlos Viana, é possível identificar os níveis mais altos de ruído em cenários de horários de maior pico de movimento e utilização da área, sendo ocasionado principalmente pela circulação intensa de veículos leves e pesados na área, além da movimentação de pessoas que frequentam os bares e restaurantes localizados no entorno imediato (Firmino, 2016).

Utilizando os dados obtidos nas medições para gerar o mapa sonora do trecho em estudo a partir de simulações no software CadnaA, pode ser visto que o ruído ambiente medido *in loco* encontra-se na faixa de 58 a 80 dB (A), o que ultrapassa os 55 dB (A) determinados como saudáveis e ideais pela NBR 10151 (ABNT, 2019).

Com os resultados obtidos no mapeamento sonoro é possível identificar os níveis sonoros a que as edificações estão expostas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos aplicados a esse trabalho e que são divididos nas seguintes etapas:

Etapa 01: Seleção e Caracterização Física do Objeto de Estudo;

Para obter as informações necessárias para caracterizar o objeto de estudo e entender suas dinâmicas espaciais, analisando a verticalidade da área, sua permeabilidade construtiva além de destacar suas principais possíveis fontes de ruído.

Etapa 02: Levantamento de Dados;

Nesta etapa se encontra a análise feita no local para coletar informações a respeito da dinâmica espacial do objeto de estudo.

Etapa 03: Medições Sonoras;

Esta etapa é onde se encontram os dados relacionados às medições sonoras realizadas *in loco* e as diretrizes necessárias para coleta-los, além da localização dos pontos escolhidos para serem medidos e imagens dos locais que facilitam a visualização do objeto escolhido.

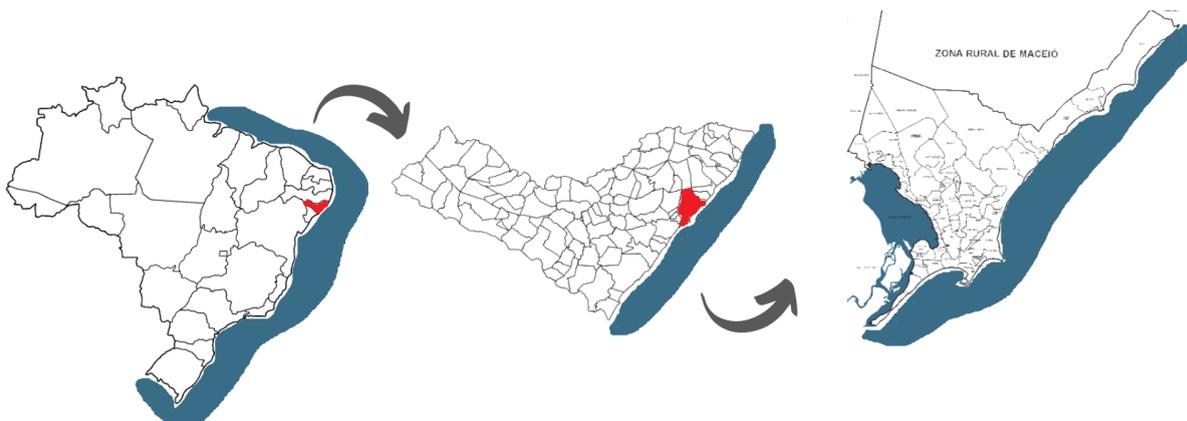
Etapa 04: Simulação aplicada.

Nesta etapa da pesquisa, os dados obtidos no levantamento acústico e físico serão compilados e simulados através do programa computacional CadnaA resultando em um mapa sonoro da fração de área selecionada e das fachadas das edificações.

5.1 Seleção e Caracterização Física do Objeto de Estudo

Para melhorar o conhecimento a respeito do objeto de estudo selecionado que será apresentado neste tópico, é retratada primeiramente a cidade de Maceió que é a capital de Alagoas, o segundo menor estado brasileiro, e é conhecida como um dos principais centros de turismo de praia do litoral do país. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cidade apresenta uma população de 957.916 habitantes (CENSO, 2022) (ver FIGURA 11).

Figura 11 – Apresentação do mapa do Brasil com chamadas para o estado de Alagoas e cidade de Maceió.



Fonte:A autora, 2022

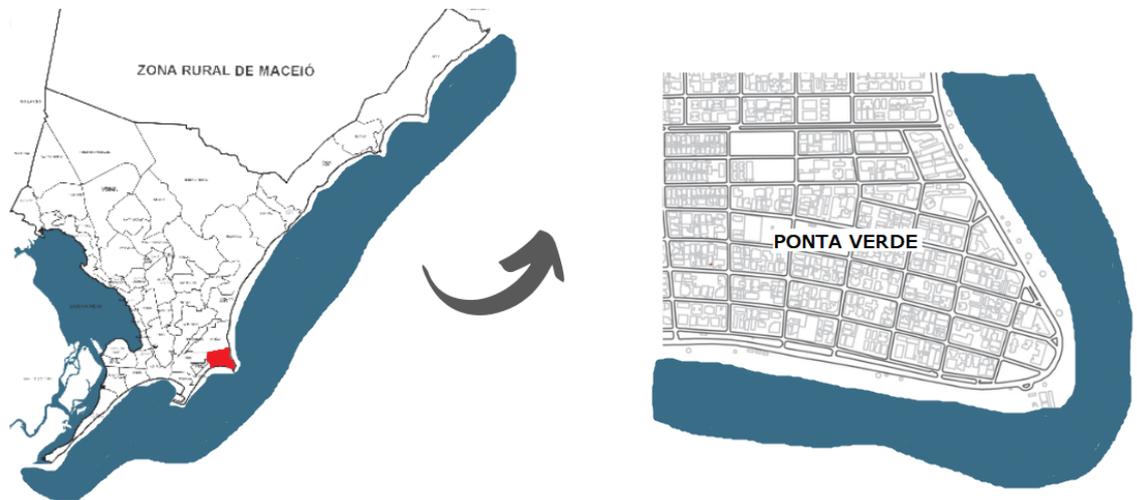
De acordo com o Código de obras de Maceió (Lei Municipal Nº 5.593, de 08 de Fevereiro de 2007) no Bairro de Ponta Verde é permitida a construção de edifícios com 10 pavimentos para 50% de T.O. (Taxa de ocupação do solo) e 15 pavimentos para 35% de T.O., sendo essas características de Unidades Residenciais tipo 5 (UR-5) que é uma das denominações de uso estabelecido para a ZR-4. O Art. 29 do Código de Urbanismo e Edificações da cidade também prevê a implantação de usos para serviço, comercial e industrial, até o grupo IV (acima de 900 m²), compatibilizados ao uso residencial, desde que não apresentem prejuízo na avaliação dos impactos ambientais e urbanos para a implantação.

Historicamente sua fundação está vinculada à cultura canavieira da região assim como à importância do seu porto marítimo, utilizado desde a época da colonização brasileira. A extração de sal-gema também é uma atividade econômica importante. A infraestrutura urbana de Maceió é a mais desenvolvida do estado de Alagoas. Contudo, a urbanização acelerada da cidade e a ausência de políticas públicas culminaram no crescimento desordenado do município e na grande desigualdade social entre a população local. A cidade é muito rica culturalmente e artisticamente, com destaque para a produção de artesanatos, como a cerâmica e o bordado filé (Campos, [s.d.]).

O objeto de estudo selecionado que será apresentado está inserido no contexto urbano de Maceió como parte do bairro Ponta Verde, que é um bairro com cerca de 24.402 hab (IBGE, 2010) e sendo uma macro área de adensamento controlado (FIGURA 12). O bairro se localiza na parte baixa da cidade de Maceió e está inserido na zona residencial 04 (ZR-4), ou seja, área da cidade destinada à ocupação predominante de uso residencial, além de também fazer parte de uma das 8 Regiões Administrativas, a RA - 01, que é um tipo de divisão

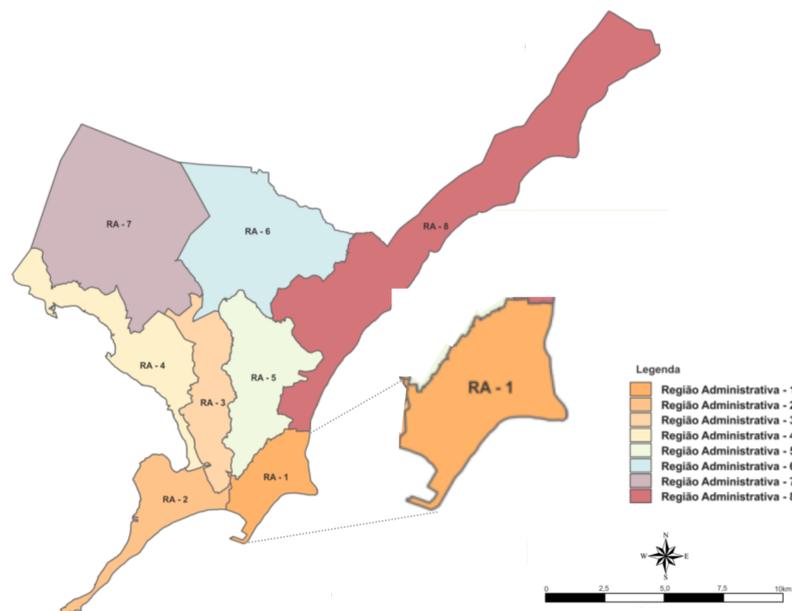
territorial da cidade (FIGURA 13).

Figura 12 – Localização do Bairro Ponta Verde.



Fonte:A autora, 2022

Figura 13 – Mapa da cidade de Maceió dividida pela categoria de Regiões Administrativas, com ampliação da RA - 01.



Fonte:Alagoas em dados. Adaptado.

Disponível em:

<https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/aef5ceab-996e-42ad-8b07-35bf38e6bf9a/>

resource/ae920ced-2e6e-47cf-8fd3-0baa536730fc/download/notatecnicaidentific
acaodasgrotasfinal.pdf. Adaptado

Ponta Verde é o bairro que possui o maior número de incidências com relação a reclamações de poluição sonora. Encontra-se às margens da orla marítima da cidade, apresenta um crescimento sem estudos de possíveis impactos na vizinhança (Oliveira, 2018).

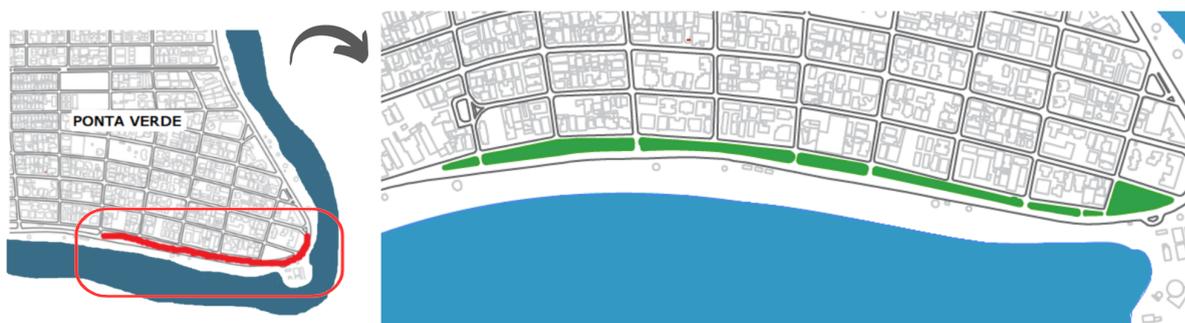
O desenvolvimento comercial principal de Ponta Verde é o turismo presente na região que possui uma imensa rede hoteleira, sendo assim um grande ponto de fontes de ruído urbano provocado pela circulação de veículos, casas de show, bares e restaurantes por toda sua extensão territorial (Oliveira, 2018).

A ocupação desses espaços tem maior incidência nos fins de semana, principalmente, já que é um local de encontro e lazer entre a sexta-feira e o domingo. Uma de suas características mais notáveis é o grande nível de adensamento consolidado com construções verticais de uso residencial (Oliveira, 2018).

Com relação a urbanização do bairro, é possível notar uma predominância de edifícios verticais de uso residencial e algumas de uso misto e comercial, onde se encontram bares e restaurantes que fazem parte de algumas redes hoteleiras do local, além de possuir edificações com outros usos como o institucional e serviço.

Por fim, é revelado o objeto de estudo escolhido, a Avenida Silvio Carlos Viana, localizada no bairro Ponta Verde, é caracterizada por mesclar edificações de uso residencial e comercial, possuindo muitas fontes de ruído ao longo de sua extensão causadas pelo tráfego de veículos, bares, casas de shows e restaurantes, que são alguns dos principais atrativos do mercado turístico, sua principal fonte de desenvolvimento (FIGURA 14).

Figura 14 – Localização da área em estudo.



Fonte:A autora, 2022

A escolha da área de estudo se deu por diversos aspectos, são eles: (a) pela concentração de ruído identificado na região possibilitando a presença de áreas com ambiente sonoro não saudável aos usuários; (b) por caracterizar um bairro onde apresenta edificações residenciais de alto padrão e grande valor aquisitivo na maioria das construções existentes; por apresentar uma áreas com maior porcentagem de verticalização em relação às edificações existentes (FIGURA 15).

Com o mapa de gabarito da figura 15 pode-se observar de forma mais concreta como é a distribuição de alturas dos prédios que margeiam esse trecho da Av. Silvio Carlos Viana, lembrando que existe um limite de andares estabelecido pelo código de obras para essas edificações a fim de preservar a paisagem urbana.

Figura 15 – Mapa de Gabarito



Fonte: A autora, 2023.

5.2 Levantamento de Dados

A Avenida Silvio Carlos Viana é margeada por muitas edificações de uso residencial, comercial e serviços, sendo possível notar uma grande verticalização na área, pois a maioria das edificações que lá existem são edifícios com gabarito elevado. (FIGURA 16).

Figura 16 – Verticalização na Av. Silvio Viana



Fonte:A autora, 2023

É possível notar que atualmente a grande maioria dos prédios possuem varandas com um tipo de fechamento móvel em vidro como forma de resolver várias possíveis situações, como por exemplo: interromper o barulho externo, conforto térmico, proteção para chuva e uso de ar condicionado.

De acordo com Toledo *et al* (2010), constatou-se que o fechamento da varanda é uma tendência e serve de alerta sobre a necessidade de considerar essas novas necessidades dos usuários.

A utilização dos fechamentos da varanda implica na forma que o ruído chega no interior das edificações, principalmente se levarmos em consideração que boa parte da escolha do uso do vidro dessa forma se dá pela integração da varanda como uma extensão da sala de estar e haver a necessidade de um ambiente confortável ao usuário, algo que vem acontecendo com maior frequência. Essas soluções projetuais podem ser observadas ao

caminhar pela orla (FIGURA 17).

Figura 17 – Edifícios com fechamento móvel da varanda em vidro em destaque.



Fonte: A autora, 2023

Em alguns casos, a forma que a edificação foi projetada tem as varandas voltadas para as ruas perpendiculares mais saltadas, uma solução usada para que permita um bom campo de visão da orla em todos os apartamentos e isso faz com que o ruído se espalhe de forma diferente por essas fachadas, podendo diminuir o impacto ou aumentar dependendo da interferência da forma combinando com o fechamento usado ou não nas varandas.

Com relação ao espaço urbano da Avenida, existem elementos que devem ser levados em consideração, pois acabam influenciando para a quantidade de ruído produzida no local, já que tais elementos permitem um grande fluxo de movimento tanto de pessoas andando pela orla, quanto tráfego constante de automóveis e motocicletas.

A área estudada possui calçadão com ciclovia, onde se localizam os quiosques e restaurantes beira mar que são a principal atração do local; duas pistas de rolamento sentido Pajuçara, uma sentido Jatiúca, além de faixa compartilhada para uso de bicicleta, patins, patinete e etc.; um canteiro central que também é ocupado com intervenções que são atrativos; faixas de estacionamento (uma de cada lado do canteiro); e uma faixa de rolamento

sentido voltando para retornos e acesso às ruas perpendiculares como mostra o corte esquemático abaixo (FIGURA 18). Devido ao fato de ser uma via destinada a interesse turístico, não possui pontos de ônibus ou sistema viário (faixa azul) próprio para os transportes coletivos, sendo usada em sua grande maioria por veículos leves, motos e caminhões de carga e descarga dos empreendimentos locais.

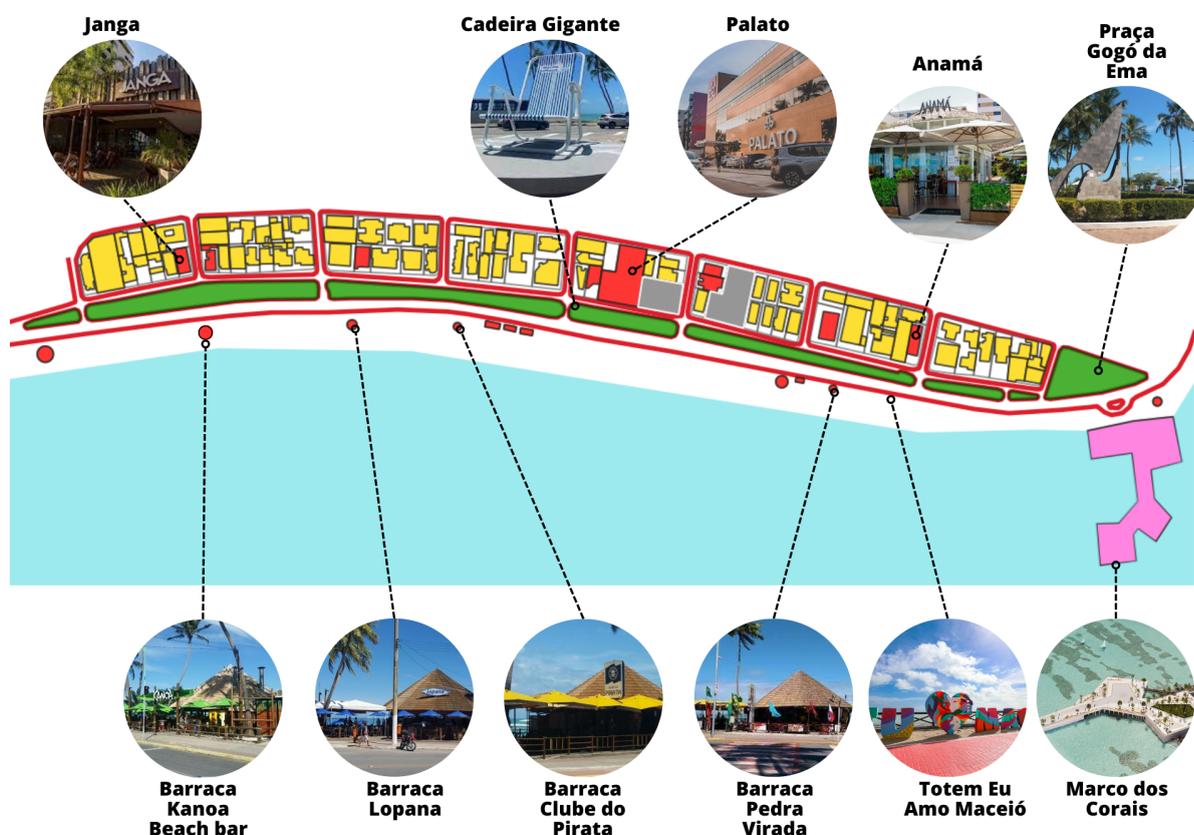
Figura 18 – Corte esquemático da Avenida Silvio Carlos Viana, Ponta Verde.



Fonte: A autora, 20223

Para complementar toda essa análise da Avenida Silvio Viana, tem que se levar em consideração os pontos de lazer, além da praia em si, e comércios/serviços existentes que são grandes atrativos de turistas que geram grande movimentação e são focos de ruídos durante todo o dia e no período da noite principalmente. Na figura 19, é possível ver as localizações dos principais pontos de maior movimentação de usuários na extensão da Silvio Viana.

Figura 19 – Mapa de Pontos Turísticos e Serviços.



Fonte: A autora, 2023

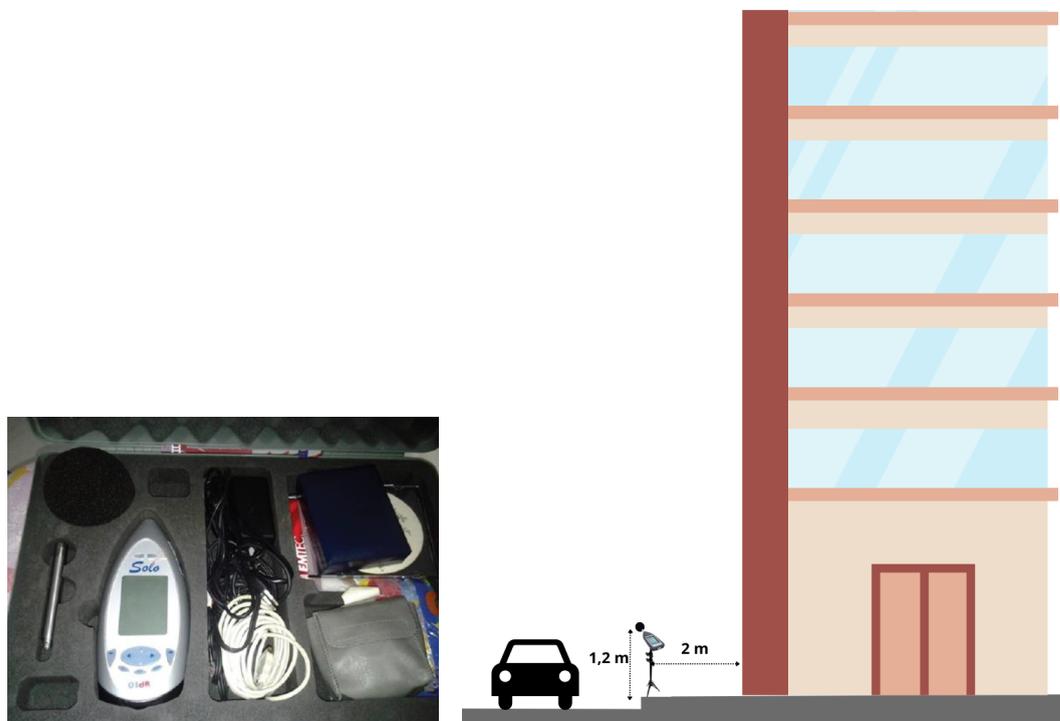
5.3 Medições Sonoras

Os dados foram obtidos *in loco*, e exigido pela NBR 10151 (ABNT, 2019), as medições foram realizadas no período entre 9:00h e 11:00h e 15:00h e 17:00h entre os dias de terça-feira à quinta-feira a fim de obter o cenário sem horários de pico de movimentação e ruídos da região. Em cada medição foi feita uma foto panorâmica do lugar para o melhor entendimento do local.

O equipamento utilizado foi o Sonômetro² Solo 01 dB de classe 1, devidamente calibrado, mantido durante as medições sempre a 1,20 metros do chão, preso a um tripé, e afastado a 2,00 metros de qualquer barreira vertical como paredes ou portões, segundo as diretrizes recomendadas pela NBR 10151 (ABNT, 2019) FIGURAS 20).

² Esse equipamento registra em dB a pressão sonora do local ou em níveis de intensidade, com filtros de ponderação A, B, C ou D.

Figura 20 – Sonômetro utilizado nas medições e distâncias para medições externas, de acordo com a NBR 10151.



Fonte:A autora, 2023.

As medições realizadas tiveram duração de 5 min em cada ponto selecionado, para obter valores de ruídos que mostram bem o cenário acústico da área de recorte.

Os pontos foram definidos em frente a edificações verticais escolhidas por possuírem características de materiais aplicados que se assemelham e volumetrias variadas para que houvesse maior diversidade para o estudo, totalizando 6 pontos, e com um espaçamento de pelo menos uma quadra entre eles a fim de ter dados de toda a extensão da avenida de uma maneira uniforme.



P1

**Ed. Rodin
Fachada e vista
panorâmica da rua,
respectivamente**



P2

**Ed. Pablo Picasso
Fachada e vista
panorâmica da rua,
respectivamente**



P3

**Ed. Spazio Uno
Fachada e vista
panorâmica da rua,
respectivamente**



P4

**Ed. Fragatta
Fachada e vista
panorâmica da rua,
respectivamente**



P5

**Ed. Lâmede
Fachada e vista
panorâmica da rua,
respectivamente**



P6

Ed. Tartana
Fachada e vista
panorâmica da rua,
respectivamente



Os dados obtidos no dia 01 - Terça-feira, juntamente com a contagem de veículos (veículos leves, veículos pesados e motos) foram organizados na tabela abaixo, permitindo a análise dos mesmos e relacionando ao nível de pressão sonora obtida. Com destaque para o valor mínimo e máximo de LAeq obtido sendo comparado com o exigido pela NBR.

Tabela 01 – Medições *in loco* dia 01 (terça-feira)

| Ponto de medição - Mapeamento acústico (Av. Silvio Carlos Viana) - dia 1 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------|------------------------|-------|--------------|-------|------------------|------|------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------------|---|
| Pontos | Endereço | Pav. | Quantidade/Porcentagem | | | | | | | LAeq dB(A) | Lmax dB(A) | Lmin dB(A) | NBR 10151 dB(A) | Obs. |
| | | | Motos | | Carros leves | | Ônibus/caminhões | | total | | | | | |
| | | | Nº | (%) | Nº | (%) | Nº | (%) | | | | | | |
| 1 | Ed. Rodin | asfalto | 8 | 4,97 | 150 | 93,17 | 3 | 1,86 | 161 | <u>59,8</u> | 70,7 | 56,3 | 55 | ruído de obra e pessoa gritando |
| 2 | Ed. Pablo Picasso | asfalto | 11 | 7,59 | 133 | 91,72 | 1 | 0,69 | 145 | 62,3 | 72,4 | 58,6 | 55 | música vinda da praia e sino de carrinho de sorvete |
| 3 | Ed. Spazio Uno | asfalto | 5 | 4,85 | 97 | 94,17 | 1 | 0,97 | 103 | 65,2 | 74,6 | 58,6 | 55 | peçoas falando, e sons de pássaros |
| 4 | Ed. Fragatta | asfalto | 10 | 9,62 | 91 | 87,50 | 3 | 2,88 | 104 | 69,5 | 81,4 | 56,5 | 55 | ruído de obra, sons de buzina e sons de pássaros |
| 5 | Ed. Lâmede | asfalto | 6 | 6,12 | 89 | 90,82 | 3 | 3,06 | 98 | 66 | 81 | 56,8 | 55 | ruído de obra e sons de pássaros |
| 6 | Ed. Tartana | asfalto | 14 | 11,48 | 105 | 86,07 | 3 | 2,46 | 122 | <u>71,1</u> | 81,7 | 58,3 | 55 | sino de carrinho de sorvete, som de buzina e som de rádio |

Fonte: A autora, 2022

Os dados obtidos no dia 02 - Quarta-feira, juntamente com a contagem de veículos (veículos leves, veículos pesados e motos) estão organizados na tabela abaixo, possibilitando que seja feita a análise e seja relacionado ao nível de pressão sonora obtida. Com destaque para o valor mínimo e máximo de LAeq obtido sendo comparado com o exigido pela NBR.

Tabela 02 – Medições *in loco* dia 02 (quarta-feira)

| Ponto de medição - Mapeamento acústico (Av. Sílvio Carlos Viana) - dia 2 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------|------------------------|-------|--------------|-------|------------------|------|------------|--------------------|---------------|--|-----------------------|--|
| Pontos | Endereço | Pav. | Quantidade/Porcentagem | | | | | | | LAeq dB(A) | Lmax dB(A) | Lmind B(A) | NBR 10151 dB(A) | Obs. |
| | | | Motos | | Carros leves | | Ônibus/caminhões | | total | | | | | |
| | | | Nº | (%) | Nº | (%) | Nº | (%) | | | | | | |
| P1 | Ed. Rodin | asfalto | 11 | 7,86 | 127 | 90,71 | 2 | 1,43 | 140 | <u>58,5</u> | 66,4 | 55,1 | 55 | peessoas conversando e música vinda da praia |
| P2 | Ed. Pablo Picasso | asfalto | 14 | 10,94 | 111 | 86,72 | 3 | 2,34 | 128 | 66,6 | 82,7 | sons de buzina e música vinda do canteiro da avenida | | |
| P3 | Ed. Spazio Uno | asfalto | 15 | 13,51 | 92 | 82,88 | 4 | 3,60 | 111 | 68,2 | 77,5 | peessoas falando e ruído de obra | | |
| P4 | Ed. Fragatta | asfalto | 18 | 14,63 | 102 | 82,93 | 3 | 2,44 | 123 | 76,1 | 97,5 | sons de buzina, moto barulhenta, ruído de obra e sino de carrinho de sorvete | | |
| P5 | Ed. Lâmede | asfalto | 15 | 13,89 | 89 | 82,41 | 4 | 3,70 | 108 | 66,9 | 87,6 | carro dando partida, pessoas falando e ruído de obra | | |
| P6 | Ed. Tartana | asfalto | 18 | 16,67 | 86 | 79,63 | 4 | 3,70 | 108 | <u>80,3</u> | 92,2 | 71,3 | | buzina, pessoas falando e ruído de obra |

Fonte: A autora, 2022

e, por fim, os dados coletados no dia 03 - Quinta-feira, juntamente com a contagem de veículos (veículos leves, veículos pesados e motos) foram organizados na tabela abaixo, permitindo que pudesse ser realizada a análise dos mesmos relacionando ao nível de pressão sonora obtida. Com destaque para o valor mínimo e máximo de LAeq obtido sendo comparado com o exigido pela NBR.

Tabela 03 – Medições *in loco* dia 03 (quinta-feira)

| Ponto de medição - Mapeamento acústico (Av. Sílvio Carlos Viana) - dia 3 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------|------------------------|-------|--------------|-------|------------------|------|------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------------|---|
| Pontos | Endereço | Pav. | Quantidade/Porcentagem | | | | | | | LAeq dB(A) | Lmax dB(A) | Lmin dB(A) | NBR 10151 dB(A) | Obs. |
| | | | Motos | | Carros leves | | Ônibus/caminhões | | total | | | | | |
| | | | Nº | (%) | Nº | (%) | Nº | (%) | | | | | | |
| P1 | Ed. Rodin | asfalto | 12 | 8,33 | 130 | 90,28 | 2 | 2,08 | 144 | 64,6 | 86,6 | 58,7 | 55 | música na praia |
| P2 | Ed. Pablo Picasso | asfalto | 16 | 11,51 | 120 | 86,33 | 3 | 1,44 | 139 | <u>62,8</u> | 73,1 | 59,6 | | música na praia e som de pássaros |
| P3 | Ed. Spazio Uno | asfalto | 20 | 18,35 | 109 | 83,21 | 2 | 1,53 | 131 | 66 | 76,6 | 58,9 | | buzina, ruído de obra, caixa de som e pessoas falando |
| P4 | Ed. Fragatta | asfalto | 11 | 9,57 | 97 | 84,35 | 7 | 6,09 | 115 | 74,5 | 86,4 | 58,1 | | sons de pássaros e pessoas falando |
| P5 | Ed. Lâmede | asfalto | 7 | 5,79 | 112 | 92,56 | 2 | 1,65 | 121 | <u>77,6</u> | 93,7 | 60,4 | | peças falando, carro dando partida e som de buzina |
| P6 | Ed. Tartana | asfalto | 9 | 8,33 | 97 | 89,81 | 2 | 1,85 | 108 | 77,5 | 92,7 | 61,4 | | sino de carrinho de sorvete e pessoas falando |

Fonte: A autora, 2023

5.4 Simulações Aplicada

Com a coleta de dados finalizada, para análise e diagnóstico dos dados levantados, foram feitos os mapas sonoros da Avenida Sílvio Carlos Viana com o uso do programa computacional CadnaA, permitindo serem observados os seguintes aspectos:

- a) as principais fontes de ruído;
- b) a análise do entorno e ocupação do solo;
- d) Estudo do Impacto das fachadas.

Nesse trabalho, foi utilizado o software CadnaA, editado pela empresa alemã DataKustik GmbH, e sua escolha se deu devido a ser um software com grande reconhecimento e eficácia para estudos acústicos e por ter disponibilidade da licença de uso através do Grupo de Estudos do Ambiente Sonoro – GEAS (FAU - UFAL). A versão utilizada é a 4.4.145 (FIGURA 27).

Figura 27 – Licença do programa de simulação acústica CadnaA.



Fonte:Oliveira, 2018

CadnaA é o software referência para cálculo, apresentação, avaliação e previsão de ruído e leva em consideração tudo o que pode vir a contribuir na emissão, propagação e recepção de ruído como a topografia através das curvas de nível do local, edificações e rodovias. O resultado desses dados geram mapas guiados por uma escala de cores, que correspondem a intervalos de valores de ruído.

Outras informações importantes para um estudo completo também pode ser inserido no software, como o tipo de uso do solo, gabarito das edificações e caracterização dos sistemas de tráfego, como rodoviários, ferrovias, aeroportos.

6 ANÁLISE E DIAGNÓSTICO

Este capítulo apresenta o diagnóstico da área de estudo, buscando caracterizar a área com a avaliação dos dados coletados nas medições e simulações realizadas e relacionando-os com o impacto acústico das fachadas.

De acordo com a norma NBR 10151 (ABNT, 2019), áreas de predominância residencial (FIGURA 28), como a da Av. Silvio Carlos Viana e entorno imediato, deveriam possuir níveis de ruído específicos de 55 dB(A) no período diurno, pois a prioridade deveria ser o cuidado com a qualidade de vida dos moradores e transeuntes da região.

Para a realização deste trabalho não foi levado em consideração os cheios e vazios da volumetria das fachadas, devido a uma limitação do software utilizado que não possui essa função, e apesar da vegetação existente poder ser considerada uma barreira acústica, não é suficiente para dissipar consideravelmente o som que chega até as fachadas, por ser esparsa e permeável e não uma mata densa.

A figura 28 apresenta as características de uso das edificações da área em estudo, confirmando a predominância residencial da área, porém sendo uma área mista devido aos demais usos presentes.

Figura 28 – Mapa de Uso do Solo

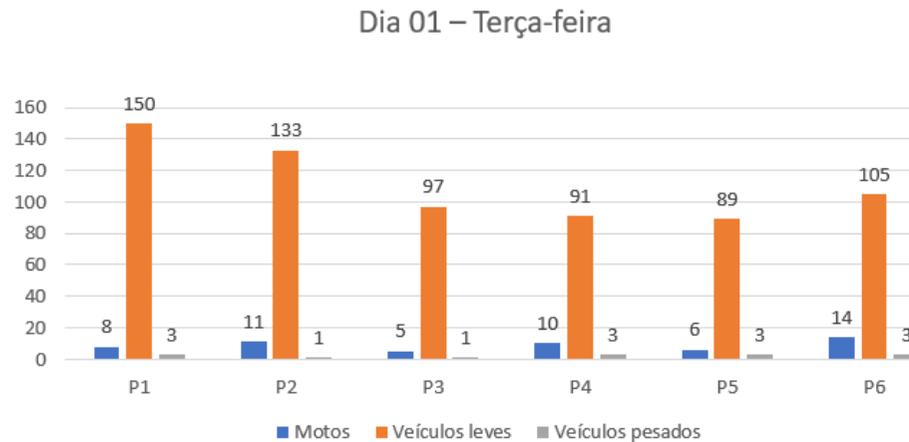


Fonte: A autora, 2023

Apesar de nos dias de semana em período diurno a frequência de ruídos ser diferente dos fins de semana, ainda causa uma grande interferência no ambiente sonoro. Já que se trata de uma região de grande fluxo de turismo na alta temporada, causado pelas praias principalmente, os restaurantes e bares beira mar são grandes fontes de ruído no dia a dia, com música ao vivo, pessoas conversando, passeando com pets pela orla e crianças brincando.

O gráfico 1 estão apresentados e organizados por meio de gráficos, os dados coletados durante os três dias de medições, quando foi realizada a contagem do tráfego viário separado em três categorias: motos, veículos leves e veículos pesados; além de as informações sonoras mensuradas com o sonômetro em cada ponto, onde terá como principal informação para esse trabalho os valores obtidos de LAeq.

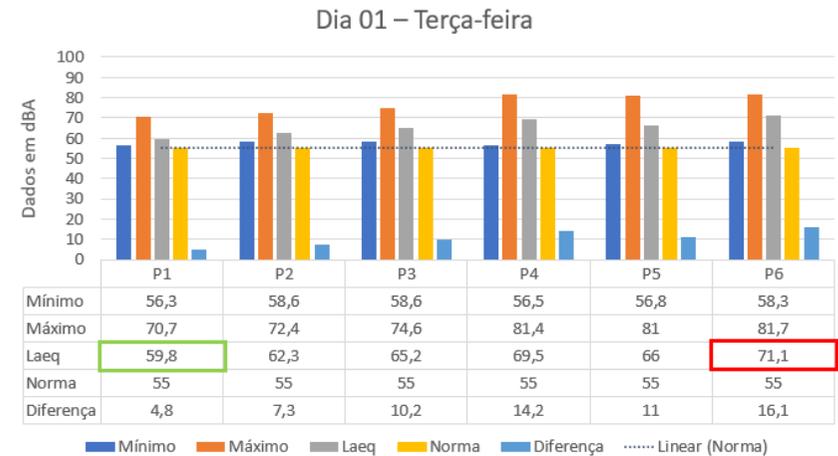
Gráfico 01 – Dados de tráfego viário dia 01/terça-feira



Fonte: A autora, 2023

Na terça-feira, os dados registados foram os mais baixos entre os demais dias, tendo apenas alguns valores com uma grande excedente em relação à norma. **P1** foi o ponto com o menor valor de LAeq com 59,8 dBA e o **P6** foi o maior com 71,1 dBA.

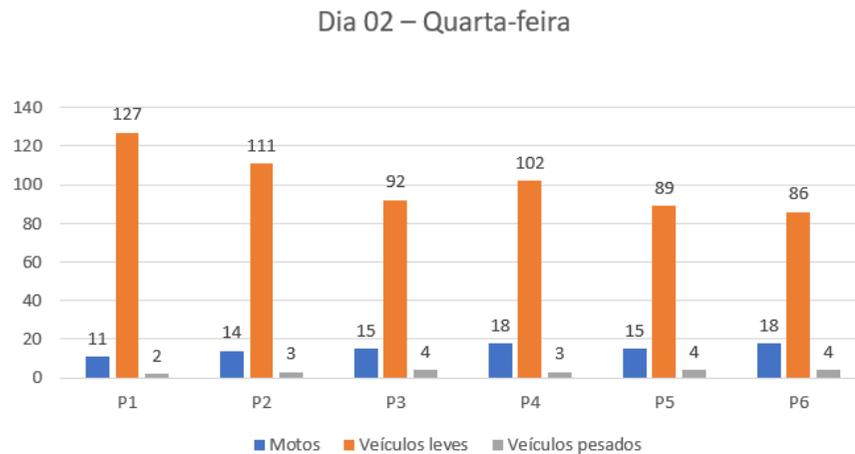
Gráfico 02 – Dados em dBA e norma 10151 dia 01/terça-feira



Fonte: A autora, 2023

No ponto **P1**, o nível de ruído passou 4,8 dBA do exigido na norma, sendo o ponto com o valor mais próximo ao indicado; no ponto **P2**, o excedente foi de 7,3 dBA; no ponto **P3**, foi de 10,2 dBA; no ponto **P4**, foi de 14,2 dBA; no ponto **P5**, foi de 11 dBA; e por fim o ponto **P6** teve um excedente de 16,1 dBA, sendo o ponto que mais ultrapassou o valor exigido pela NBR 10151 (2019).

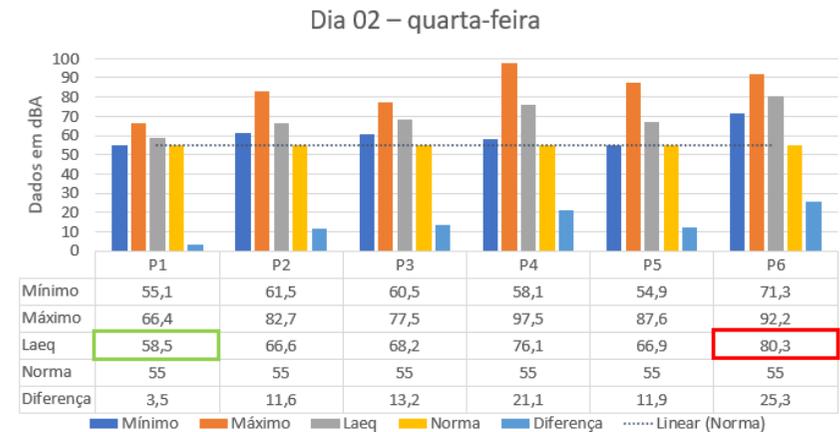
Gráfico 03 – Dados de tráfego viário dia 02/ quarta-feira



Fonte:A autora, 2023

Na quarta-feira, os dados registados tiveram um aumento médio considerável em relação ao dia anterior. **P1** foi novamente o ponto com o menor valor de LAeq com 58,5 dBA e o ponto **P6** permaneceu com o maior valor mensurado, com 80,3 dBA.

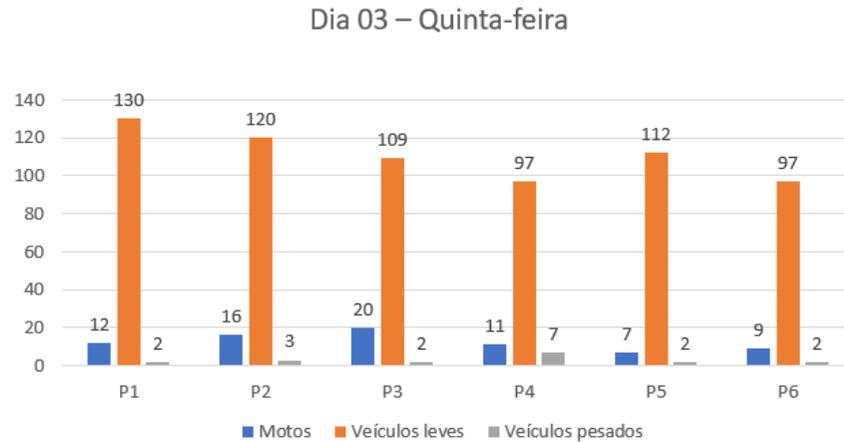
Gráfico 04 – Dados em dBA e norma 10151 dia 02/ quarta-feira



Fonte:A autora, 2023

No ponto **P1**, o nível de ruído foi de apenas 3,5 dBA acima do exigido na norma, sendo mais uma vez o ponto com o valor mais próximo ao ideal; no ponto **P2**, o excedente foi de 11,6 dBA, um aumento considerável comparado a medição do dia 01; no **P3**, o foi de 13,2 dBA; no ponto **P4**, foi de 21,1 dBA, que também foi um aumento considerável em relação ao dia anterior; no ponto **P5**, foi de 11,9 dBA; e por fim o ponto **P6** teve um excedente de 25,3 dBA, continuando a ser o ponto que mais excedeu o valor exigido pela NBR 10151 (2019).

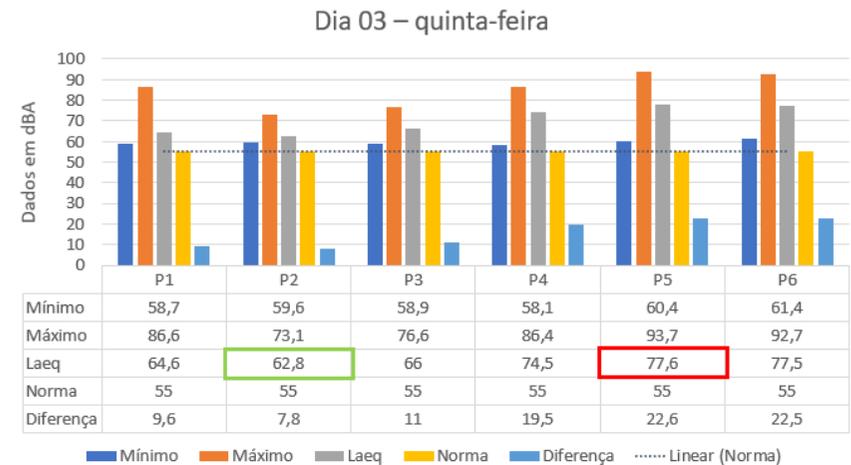
Gráfico 05 – Dados de tráfego viário dia 03/ quinta-feira



Fonte: A autora, 2023

Na quinta-feira, os dados registados em alguns pontos específicos tiveram um valor maior entre todos os dias de medições. Nesse dia, **P2** é que foi o ponto com o menor valor de LAeq, com 62,8 dBA e o **P5** teve o maior valor, com 77,6 dBA.

Gráfico 06 – Dados em dBA e norma 10151 dia 03/ quinta-feira

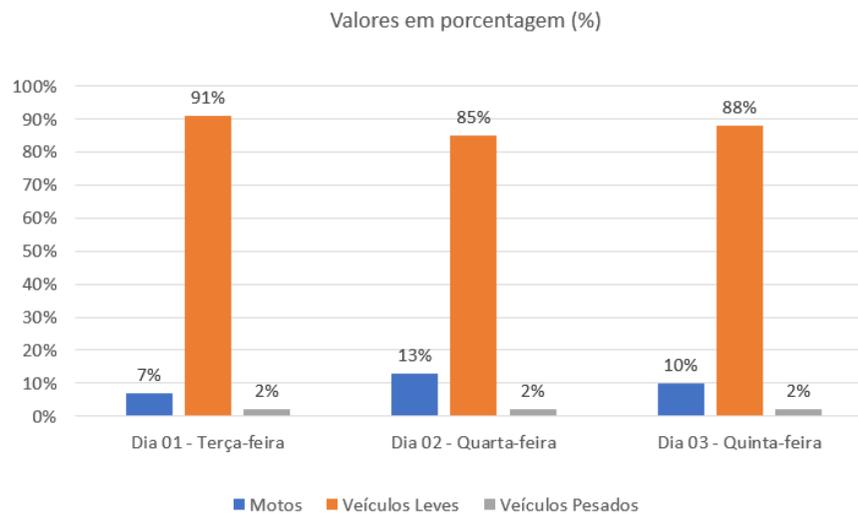


Fonte: A autora, 2023

No ponto **P1**, o nível de ruído foi de 9,6 dBA acima do exigido na norma; no ponto **P2**, o excedente foi de 7,8 dBA, um pouco menos comparado a medição do dia 01, mas ainda sim mais alto que o ideal; no ponto **P3**, o foi de 11 dBA; no ponto **P4**, foi de 19,5 dBA, que também foi um aumento considerável em relação ao dia anterior; no ponto **P5**, foi de 22,6 dBA, sendo o ponto que mais excedeu o valor exigido pela NBR 10151; e por fim o ponto **P6** teve um excedente de 22,5 dBA.

Nos gráficos abaixo, estão representados os valores médios dos três dias, sendo o primeiro (GRÁFICO 07) relativo a porcentagem de tráfego viário nas três categorias já citadas por dia, e o segundo (GRÁFICO 08) com as médias de valores obtidos durante as medições do ambiente sonoro.

Gráfico 07 – Dados de tráfego viário médio dos três dias em porcentagem

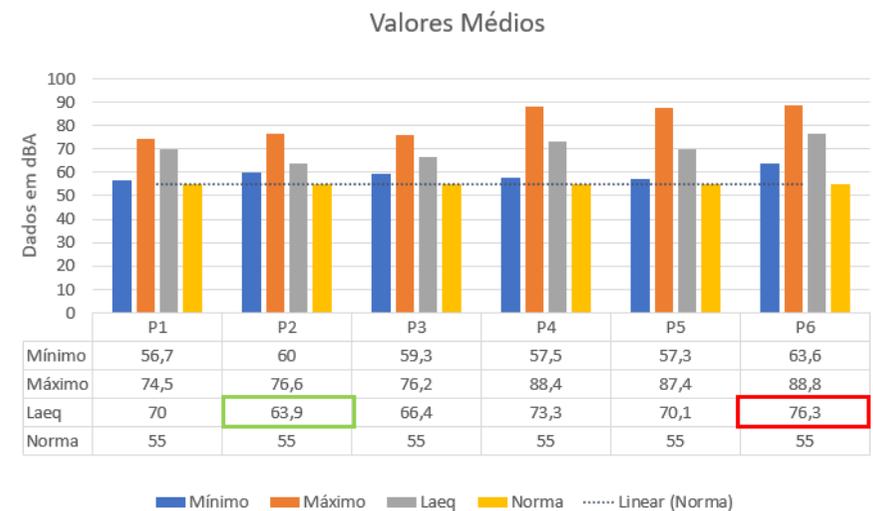


Fonte: A autora, 2023

Houve pouca oscilação no fluxo de meios de transporte na área estudada durante os dias de terça-feira, quarta-feira e quinta-feira. Enquanto o número de veículos pesados, como ônibus e

caminhões de carga circulando na via se manteve numa quantidade reduzida durante os horários de medição, já as motos e principalmente os veículos leves de passeio apareceram em maior número, sendo a grande maioria no uso de ambos os dias e ambas as vias que compõem a Avenida.

Gráfico 08 – Dados em dBA e norma 10151 média dos três dias



Fonte: A autora, 2023.

A partir dos valores médios obtidos com os dados dos gráficos anteriores, chega-se a um cenário relativamente próximo ao já apresentado em alguns dos dias. O ponto P2 se manteve com o menor valor de LAeq a partir da média dos três dias com 63,9 dBA e ultrapassando 8,9 dB do valor exigido por norma, porém dentro da margem excedente permitida; e o ponto P6 foi o ponto com o maior valor registrado também com a média sendo 76,3 dBA, 21,3 dBA acima do indicado pela norma e sendo o pior cenário sonoro em dois dos três dias.

Com essas informações é possível chegar a conclusão que a maioria dos pontos não tiveram nenhum dia com valores ideais de fato de níveis de pressão sonora como os estabelecidos pela NBR 10151 (ABNT, 2019), já que a norma aceita até 5 dBA a mais como tolerância para um cenário sonoro saudável. A exceção foi o P1 que só ultrapassou essa tolerância no terceiro dia de medições.

Porém, os pontos que apresentaram os valores mais significativos com constância foram os pontos P5 e P6, respectivamente, que são mais próximos ao Marco dos Corais, lugar relevante de grande atrativo turístico, atualmente gerando um fluxo de movimento expressivo, além da circulação intensa de veículos na região.

Muitos edifícios verticais de uso residencial margeiam a avenida Silvio Viana, são cerca de 30 edificações com número de pavimentos variados entre 4 até 12 e como já mencionado na etapa de seleção e caracterização física do objeto de estudo, a via apresenta traçado vertical, com uso do solo com predominância residencial, tendo 30 já citados edifícios com este uso, 5 residências unifamiliares, 4 edificações comerciais e 3 edificações de serviços.

6.1 Simulações Computacionais

Por último, vem a análise referente aos mapas sonoros e os níveis de pressão sonora obtidos em fachadas, nos diferentes cenários acústicos. Os valores mensurados serão apresentados em forma de mapas, um para cada dia de medição e foram obtidos a partir de simulações computacionais no software CadnaA.

O critério que foi utilizado para esse estudo é direcionado pelos aspectos relacionados aos níveis de pressão sonora obtidas *in loco*, à exposição dos mapas sonoros de via e em breve os de fachada.

A partir do mapeamento foi possível identificar um aumento nos níveis sonoros mensurados nos dias 02 (quarta-feira) e 03 (quinta-feira), com destaque para alguns lugares de grande fluxo de usuários diariamente sendo eles o Marco dos Corais (próximo ao P6), barraca Pedra Virada e barraca Clube do Pirata (próximos ao P5 e p4). Nas proximidades do Lopana e o Kanoa (próximos ao P1 e P2) também possuem altos níveis de ruído mensurado, porém um pouco menor que os anteriores, como mostrado nas figuras abaixo (FIGURAS 28, 29 e 30).

Figura 29 – Simulação dia 01 no CadnaA com ampliação na Av. Silvio Carlos Viana.

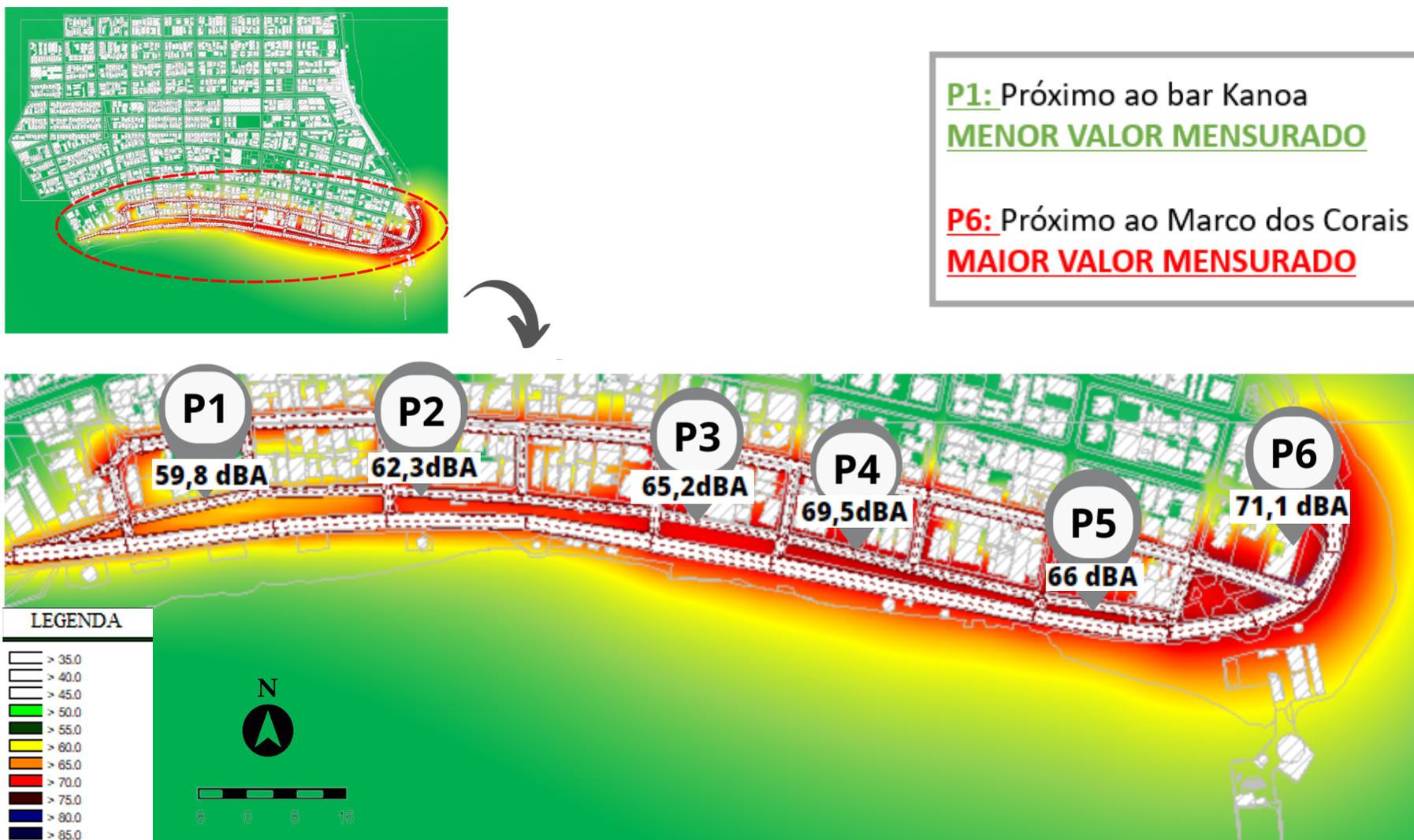
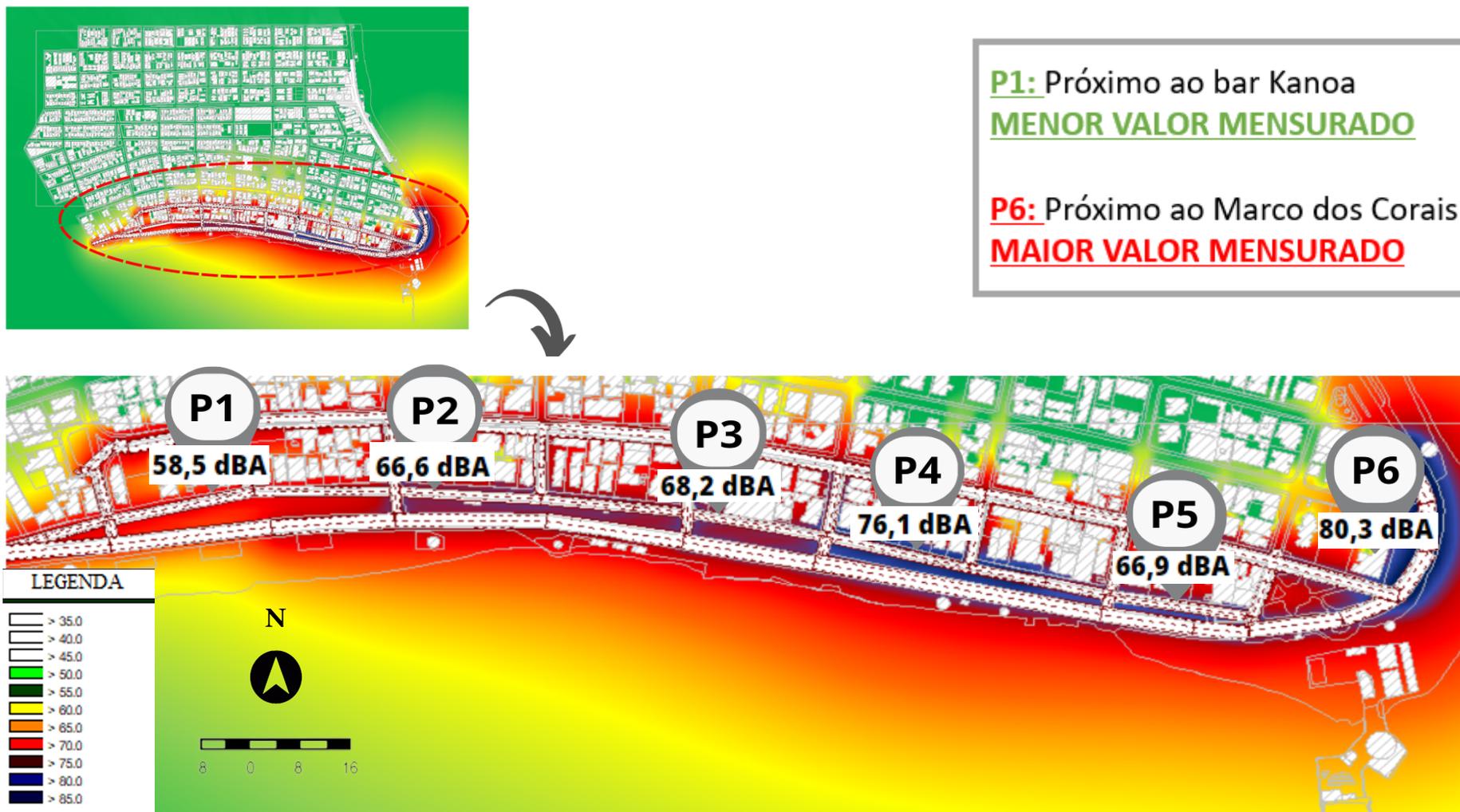
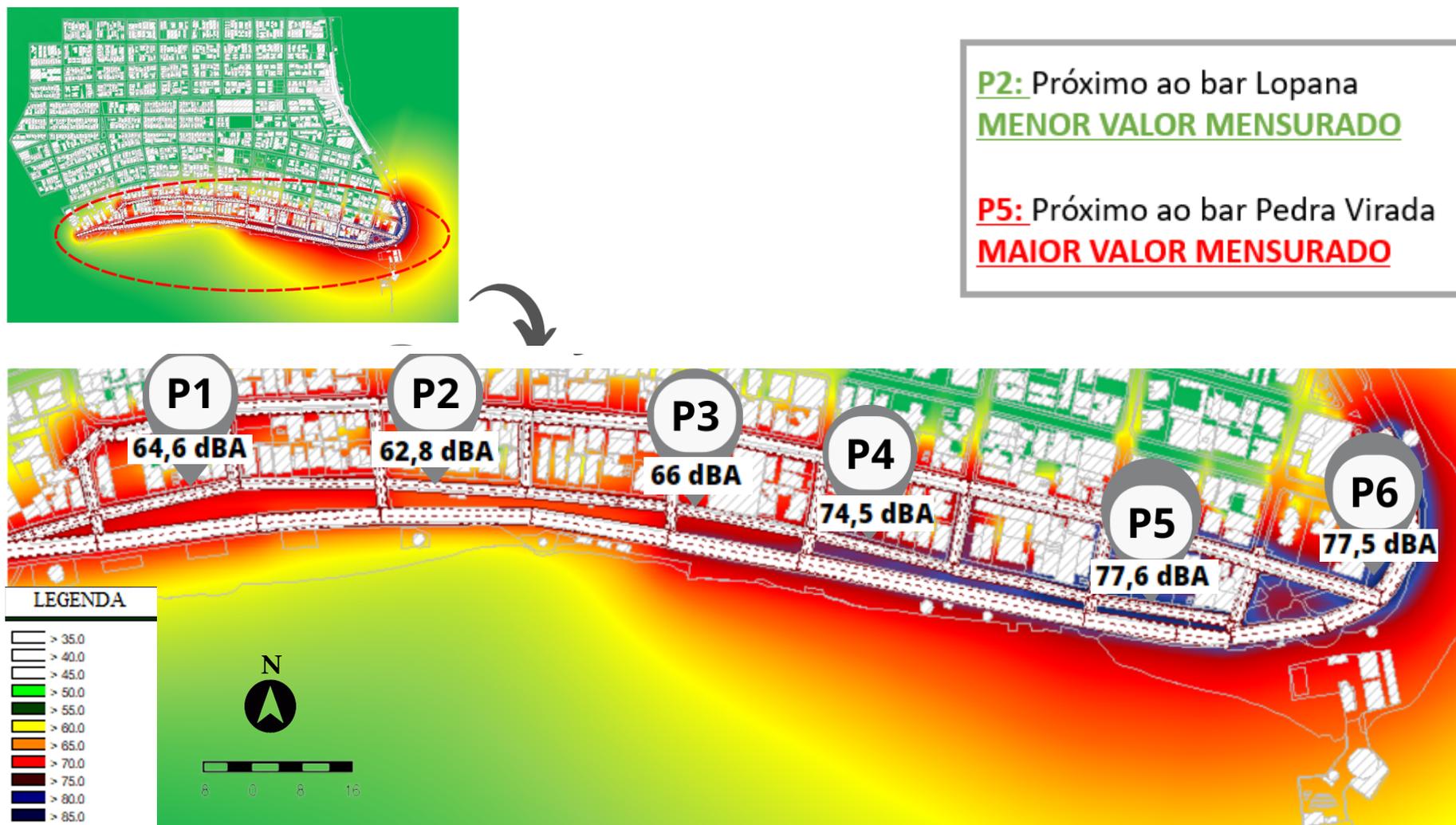


Figura 30 – Simulação dia 02 no CadnaA com ampliação na Av. Silvio Carlos Viana.



Fonte: A autora, 2023

Figura 31 – Simulação dia 03 no CadnaA com ampliação na Av. Silvio Carlos Viana.



Fonte:A autora, 2023

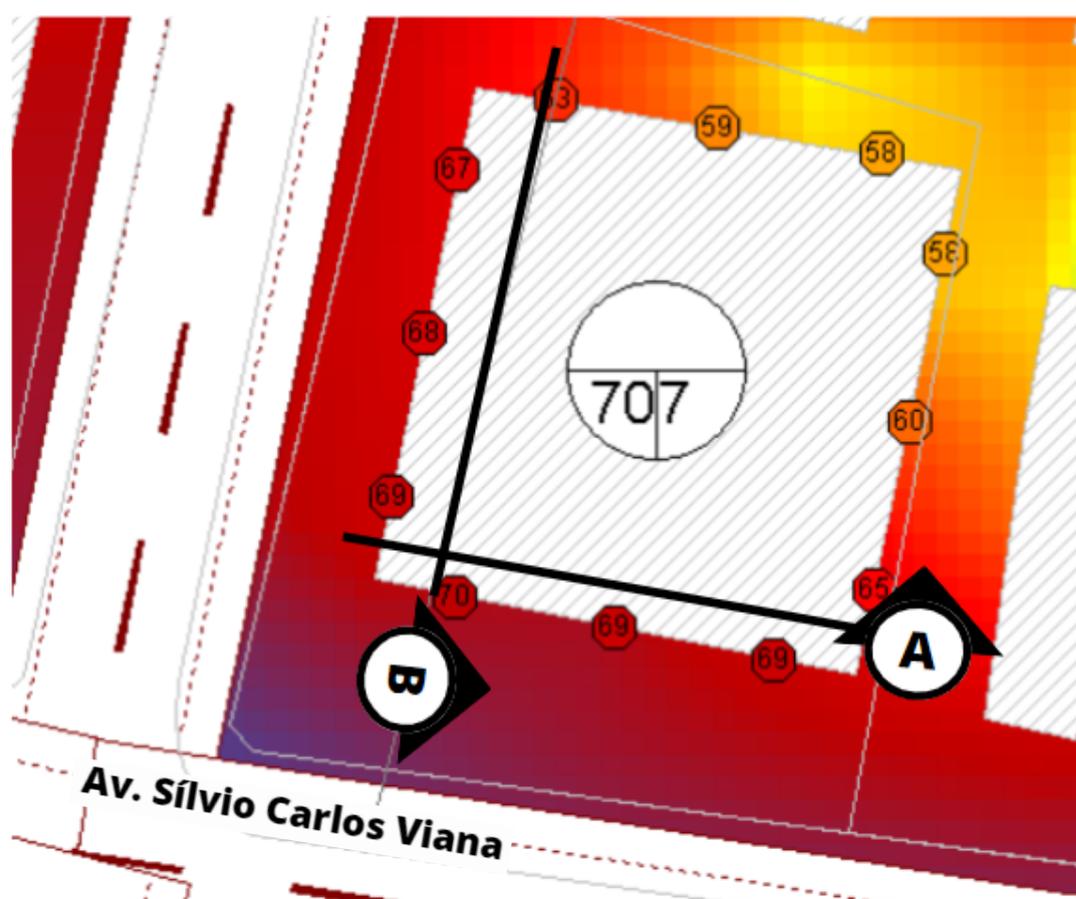
Os resultados obtidos nas simulações para as fachadas estão organizados a partir da seleção da média de valores dos três dias apresentando o cenário mais crítico e o mais saudável.

Níveis de Pressão Sonora no entorno do edifício com menores níveis de ruído - P2

As análises realizadas demonstram a simulação de fachadas e a disseminação do ruído no ar em torno do edifício, mostrando assim, a influência do edifício como barreira para os edifícios posteriores.

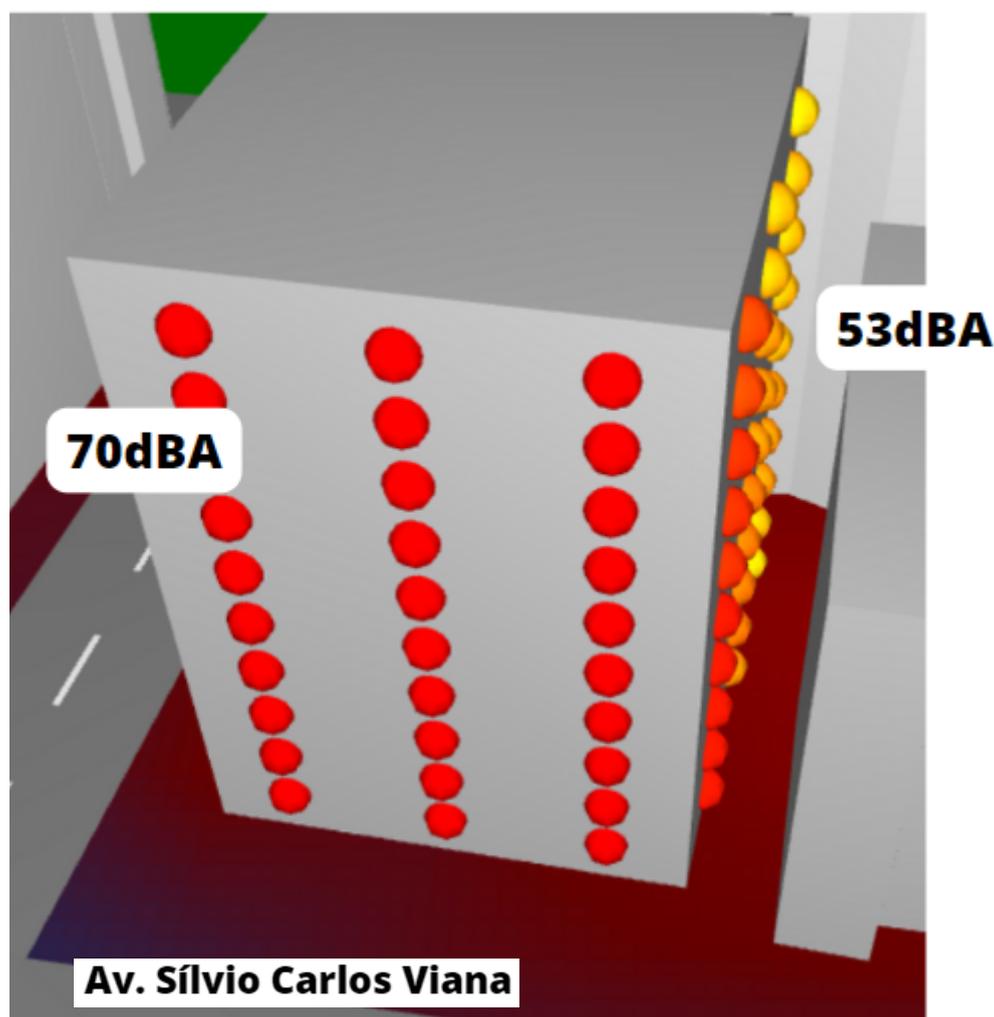
Na avenida Sílvio Carlos Viana, o valor médio mensurado dos níveis de pressão sonora para o ponto P2 foi de 63,9 dBA. A seguir é apresentada a análise das fachadas.

Figura 32 – Níveis de pressão sonora no entorno do edifício com maiores níveis de ruído (Ponto P2)



Fonte: A autora, 2023

Figura 33 – Avaliação dos níveis de pressão sonora na fachada do edifício - P2



Fonte:A autora, 2023

Na fachada (A), que é a fachada voltada para a Avenida Sílvio Carlos Viana, o nível de ruído chega a 70 dBA, por ser mais perto da fonte de emissão, no caso a avenida Silvio Carlos Viana e esse valor se mantém de forma constante e homogênea por todos os andares diferente da fachada (B), como mostra o 3D acima.

Na fachada (B), o valor dos ruídos que chega varia entre 53 dBA até 60 dBA, por ter maior distância da fonte de ruído. Na fachada posterior, é importante ressaltar que a intensidade que o ruído chegará é menor, pois a própria edificação é uma barreira para a

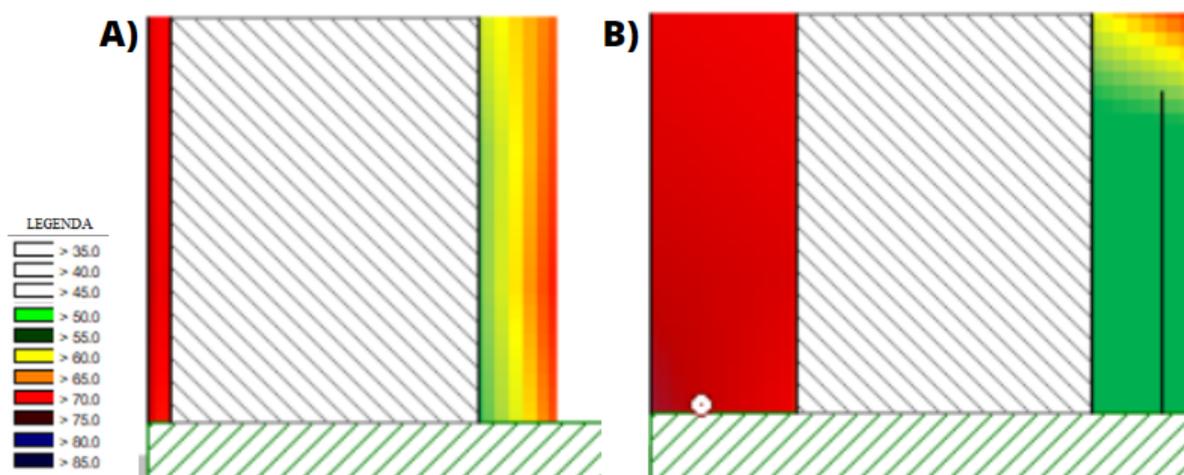
propagação de ruído, criando assim uma área de sombra acústica.

O sistema construtivo comum (alvenaria, estrutura, vidros, entre outros) apresenta um isolamento de 20 dBA. Estando assim com pelo menos 50 dBA transmitido para o interior da habitação em todos os pavimentos na fachada (A), e assim necessitando de um isolamento mínimo de 30 dBA, para que o ambiente principalmente do quarto esteja com no máximo até 40 dBA de ruído ambiental; e necessitando um isolamento de 35 dBA para que o ambiente da sala de estar possa chegar 35 dBA de ruído ambiental.

Na fachada (B) o isolamento apresentado pelos materiais usados na edificação permite que chegue a um valor próximo do mínimo para que o ambiente do quarto esteja com no máximo até 40 dBA de ruído ambiental; e necessitando um isolamento de 30 dBA para que o ambiente da sala de estar possa chegar a 35 dBA de ruído ambiental na parte da fachada mais próxima da fachada (A).

Na imagem abaixo (FIGURA 34) estão representados os cortes das fachadas (A) e (B) do P6, onde é possível ter uma melhor previsão do grid que representa os níveis sonoros em volta das edificações e o que chega até as fachadas. Sendo as áreas em verde o melhor valor e as em vermelho e roxo os mais altos prejudiciais para o conforto acústico dos usuários.

Figura 34 – Grid de NPC em corte frontal e lateral, respectivamente (ponto P2)



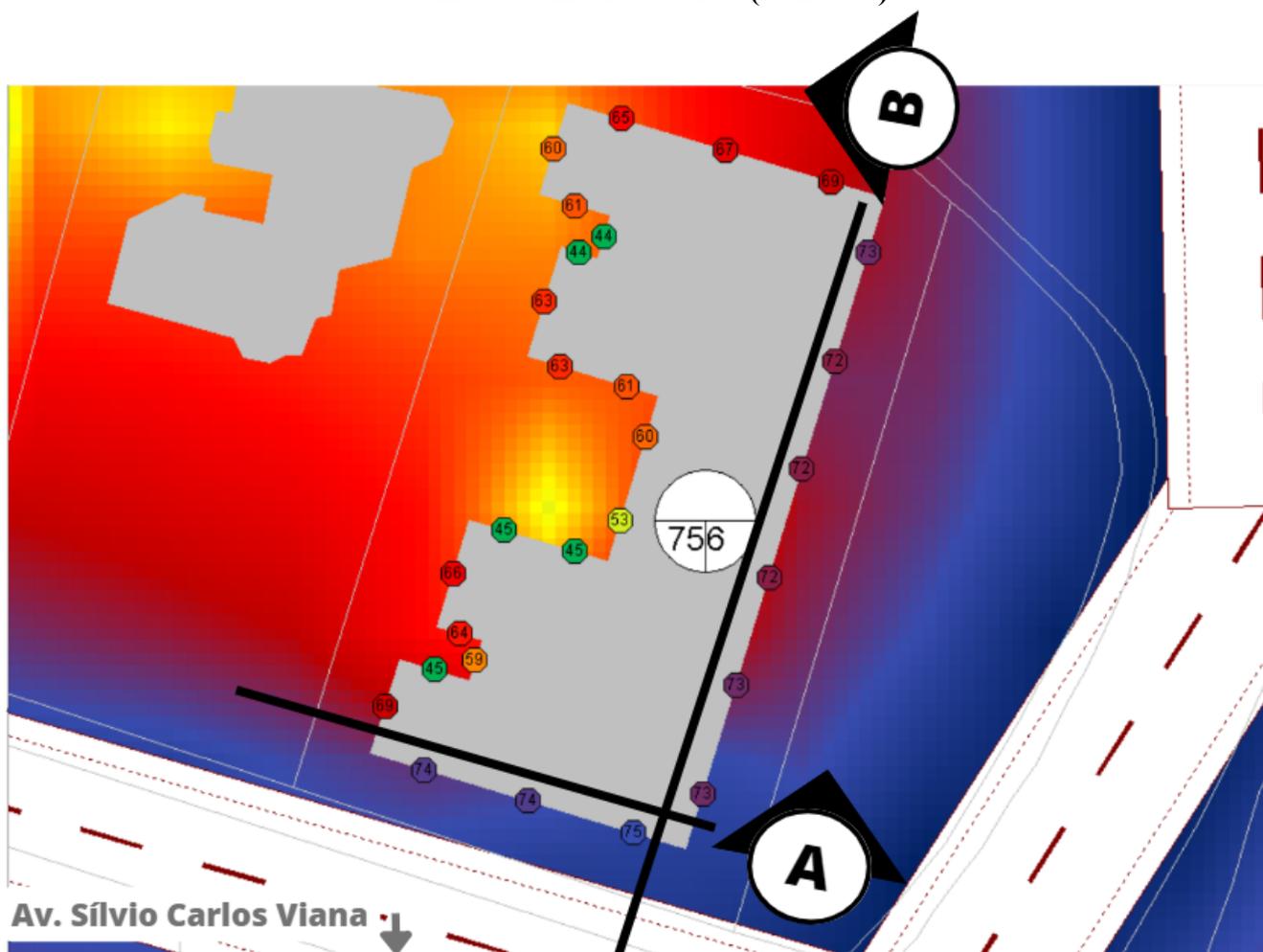
Fonte: A autora, 2023

Níveis de Pressão Sonora no entorno do edifício com maiores níveis de ruído - P6

As análises realizadas demonstram a simulação de fachadas e a disseminação do ruído no ar em torno do edifício, mostrando assim, a influência do edifício como barreira para os edifícios posteriores.

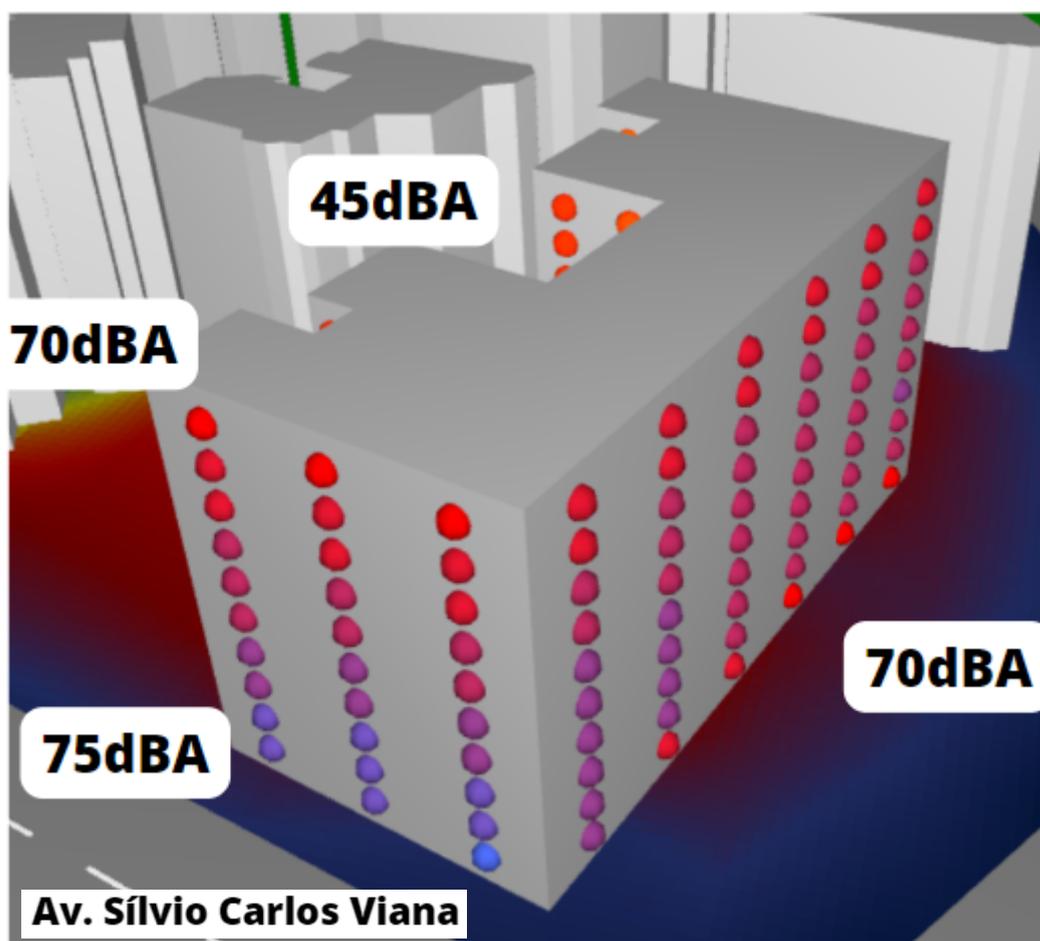
Com a média dos valores com Laeq mensurado dos níveis de pressão sonora correspondente à 76,3 dBA, P6 é o pior e mais nocivo cenário. A seguir é apresentada a análise das fachadas.

Figura 35 – Níveis de pressão sonora no entorno do edifício com maiores níveis de ruído (Ponto P6)



Fonte: A autora, 2023

Figura 36 – Avaliação dos níveis de pressão sonora na fachada do edifício - P6



Fonte:A autora, 2023

Na fachada (A), que é a fachada voltada para a Avenida Sílvio Carlos Viana, o ruído chega a 75 dBA nos primeiros pavimentos da edificação, por ser mais perto da fonte de emissão, no caso a avenida Silvio Carlos Viana e esse valor se mantém de forma constante por todos os andares, como mostra o 3D acima, e diminui de intensidade à medida que sobem os pavimentos para o valor de 70 dBA.

Na fachada (B), os ruídos que chegam variam seus valores, entre 70 dBA, no lado próximo a fachada (A) e nos primeiros pavimentos, depois diminui a intensidade chegando a valores por volta dos 60 dBA variando nos demais pavimentos, por ter maior distância da fonte de ruído.

Na fachada posterior, acontece o mesmo que a situação do P2. A intensidade que o ruído chegará é menor, pois a própria edificação é uma barreira para a propagação de ruído,

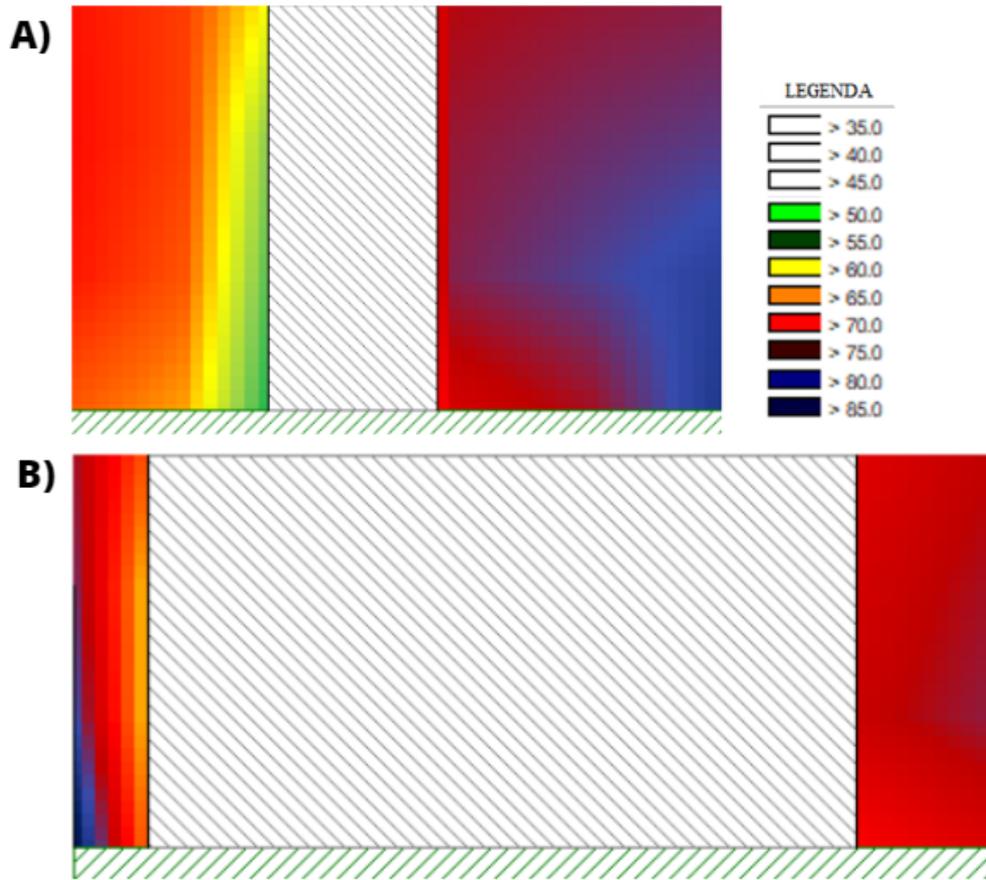
criando uma área de sombra acústica com valores mínimos correspondentes a 45 dBA.

O sistema construtivo utilizado (alvenaria, estrutura, vidros, entre outros) apresenta um isolamento de 20 dBA. Estando assim com pelo menos 55 dBA transmitido para o interior da habitação nos primeiros pavimentos até o meio na fachada (A) e pelo menos 50 dBA transmitido para os pavimentos do meio até os últimos, e assim necessitando de um isolamento mínimo de 35 dBA, para que o ambiente principalmente do quarto esteja com no máximo até 40 dBA de ruído ambiental; e necessitando um isolamento de 40 dBA para que o ambiente da sala de estar possa chegar 35 dBA de ruído ambiental.

Na fachada (B) o isolamento apresentado pelos materiais usados na edificação é insuficiente estando assim com pelo menos 50 dBA transmitido para o interior da habitação nos primeiros pavimentos até o meio na fachada (B) e assim necessitando de um isolamento mínimo de 30 dBA, o para que o ambiente do quarto esteja com no máximo até 40 dBA de ruído ambiental; e necessitando um isolamento de 35 dBA para que o ambiente da sala de estar possa chegar a 35 dBA de ruído ambiental.

Na imagem abaixo (FIGURA 37) estão representados os cortes das fachadas (A) e (B) do P6, onde é possível ter uma melhor previsão do grid que representa os níveis sonoros em volta das edificações e o que chega até as fachadas. Sendo as áreas em verde o melhor valor e as em vermelho e roxo os mais altos prejudiciais para o conforto acústico dos usuários.

Figura 37 – Grid de NPC em corte frontal e lateral, respectivamente (ponto P6)



Fonte:A autora, 2023

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi avaliado o ambiente sonoro da avenida Silvio Carlos Viana, Ponta Verde, Maceió - Al. Com foco no cenário diário que os moradores e usuários da região estão inseridos e o impacto que as fachadas das edificações verticais existentes recebem em decorrência das várias fontes de ruídos presentes no entorno imediato.

Existe uma quantidade considerável de estabelecimentos comerciais que funcionam tanto durante o dia quanto à noite e se encontram próximos das edificações que estão localizadas às margens da avenida Silvio Carlos Viana, como os bares e restaurantes da orla, mas também os atrativos turísticos instalados ao longo da avenida.

Os moradores da área de estudo ficam expostos a este ambiente sonoro nocivo todos os dias, com probabilidade de picos de ruídos em certos horários do dia e em dias específicos na semana, o que impossibilita que haja uma ambiente completamente confortável acusticamente, a menos que haja um planejamento para tal.

Visto que projetualmente é comum na área o uso de materiais com baixo coeficiente de absorção sonora, a energia incidente pelas fontes sonoras do meio urbano é quase toda refletida, sendo assim aparente a necessidade de revisar tanto as diretrizes da normatização para uma melhor adequação e mais informações sobre mapeamento sonoro, mas também uma revisão dos critérios projetuais a serem postos em prática.

Com os resultados obtidos através do confronto entre as medições sonoras e as simulações de vias no software computacional para gerar os mapas sonoros, foram utilizados os dados presentes no gráfico de valores em dBA com a média dos três dias de medições e, dentre os pontos, foram selecionados o melhor e o pior cenário acústico para ser realizada a análise e avaliação das fachadas através das simulações feitas, onde foi possível visualizar os níveis de ruído que chegam em cada pavimento das edificações. Níveis esses que variaram de acordo com a fachada analisada, com valores maiores correspondendo às fachadas frontais que possuem mais proximidade com as fontes emissoras de ruído, mesmo no melhor cenário entre os dois.

Todos os resultados obtidos e simulados excederam os valores recomendados pela ABNT através da NBR 10151, na qual os níveis de pressão sonora diurno deveriam ser de no máximo 55 dB(A). A norma ainda expressa uma faixa limite de 5 dB(A) a mais destes

valores, como sendo ainda um ambiente sonoro saudável para os usuários.

É preciso que os órgãos governamentais tratem com mais atenção o ambiente sonoro da cidade, que deve ser visto como política de saúde pública, já que afeta as pessoas de forma direta e quase imperceptível, causando danos que podem ser irreversíveis. É necessário prevenir e controlar o excesso de ruído em uma colaboração entre a sociedade juntamente com os governantes para que seja possível uma melhora na qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10151**: Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ALENCAR, Bruna S.; ALVES, Analice S. M.; OITICICA, Maria L. G. R. Perfil da poluição sonora na cidade de Maceió-AL. X ENCONTRO NACIONAL E VII LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC 2013. Brasília, DF. Brasil. **Anais**. Brasília, DF. Brasil. 2013.

ALVES, Camila M. N. **Influência De Tipologias Arquitetônicas No Desempenho Acústico De Edifícios Habitacionais Verticais Multifamiliares**. Trabalho Final de Graduação. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). MACEIÓ – AL, 2017

ALVES, Maria E. M. **O Início da Verticalização em Maceió**: Um Estudo Tipológico dos Edifícios Multifamiliares em Altura (1960 - 1970). Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). MACEIÓ - AL, 2012.

ASSIS, E. S. **Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros**. Revista de Urbanismo e Arquitetura. Salvador, BA. 2006. v.10. p. 20-25.

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

CADNAA – COMPUTER AIDED NOISE ABATEMENT. **State-of-the-art Noise Prediction Software**. Disponível em: < <http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa/>>. Acesso em: 5 jun. 2022.

CALDAS, Ana N. A. **Fachadas Verticais em Maceió. Análise das Tipologias em Edifícios Multifamiliares. Estudo de caso nos Bairros Pajuçara, Ponta Verde e Jatiúca, Maceió/AL**

(1970 - 1999). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). MACEIÓ – AL, 2019.

CAMPOS, Mateus. Maceió: dados gerais, mapa, população, história. **Mundo Educação**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/maceio.htm>>. Acesso em: 27 jun. 2022.

CORTÊS, Marina M. **Morfologia e Qualidade Acústica do Ambiente Construído**: Estudo de Caso em Petrópolis, Natal/RN. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2013.

EUROPEIA. J. O. 2002/49/CE. **Diretiva (UE) 2015/996 da Comissão**. Estabelece métodos comuns de avaliação do ruído de acordo com a Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. União Europeia. 15 de Junho de 2017.

FIRMINO, L. B. O.; ALMEIDA, C. V. B.; OITICICA, M. L. G. R. Poluição Sonora na Cidade de Maceió-AL entre os anos de 2013 a 2015. 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2016. **Anais**. Maceió, 2016.

FIRMINO, Lorena B. O. **Interferência dos abrigos de ônibus como barreira acústica. estudo de caso**: abrigos de ônibus próximos a edificações escolares de maceió, alagoas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). MACEIÓ – AL, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/al/maceio/panorama>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/historico>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/panorama>>. Acesso em: 08 ago. 2023.

LACERDA, Adriana B. M.; MAGNI, Cristiana; MORATA, Thais C.; MARQUES, Jair M.; ZANNIN, Paulo H. T. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. **Ambiente e Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 1–13, 2005.

Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria n. 3214, 8/6/78, **NR 15**: Atividades e operações

insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2017.

OLIVEIRA, Stella R. S. **Ruídos à Beira-Mar: Impacto sonoro em edifícios na Avenida Silvio Carlos Viana, Maceió-AL.** Trabalho Final de Graduação. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). MACEIÓ – AL, 2018.

OLIVEIRA, Stella R. S.; MARTINS, Arthur D. S.; SARAIVA, Ellen D. C.; BARBOSA, Mariana S.; OITICICA, Maria L. G. R. To listen, feel and live in a noble area of a coastal city with vertical densification, before and during, time of Covid-19. Case study: Neighbourhood of Ponta Verde, Maceió-AL. 49º Congresso Internacional e Exposição sobre Engenharia de Controle de Ruído - INTERNOISE 2020. **Anais**. Coreia do Sul, 2020. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/contentone/ince/incecp/2020/00000261/00000003/art00044>. Acesso em: 09 ago. 2022.

OLIVEIRA, Stella R. S.; OITICICA, Maria L. G. R.; MARTINS, Arthur D. S.; BARBOSA, Carine; BRANDÃO, Aleksa. Perfil da poluição sonora durante os anos de 2016 a 2018 na cidade de Maceió – AL. A construção Civil em uma Perspectiva Econômica, Ambiental e Social. **Editora Científica Digital**. 2021. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/articles/code/210303913>. Acesso em: 09 ago. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. **Plano Diretor do município de Maceió - Lei Municipal N° 5486**. Maceió, 2006.

SANTOS, Marco A. S. Intensidade, Timbre e Altura. **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/intensidade-timbre-altura.htm>>. Acesso em 20 de setembro de 2022.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: Ouvindo a arquitetura**. Bauru. São Paulo. 2003.

TOLEDO, A. M. ; COSTA, I. P. C. ; COSTA, I. P. C. ; BULHOES, M. C. S. . Usuários Fecham As Varandas dos Apartamentos da Orla De Maceió: Adequação aos Novos Usos ou Inadequação ao Clima?. **Gestão & Tecnologia de Projetos** , v. 5, p. 131-154, 2010.

TOLEDO, A. M. ; FREITAS, M. O. M. ; ALVES, A. F. S. C.; FIREMAN, E.S.L. Processo de Verticalização Residencial Urbana da Cidade de Maceió: do Início À Consolidação (1960-1990). In: Ricardo Victor Rodrigues Barbosa; Jéssica Daiane Santos Pereira. (Org.). **PROJETOS E TECNOLOGIAS: Análises e Processos de Projeto**. 1ed.Curitiba: CRV, 2022,

v. 3, p. 133-156.

TOLEDO, A. M. ; FREITAS, M. O. M. ; ALVES, A. F. S. C.; FIREMAN, E.S.L. Processo De Verticalização Urbana de 5 Capitais Litorâneas do Nordeste Brasileiro: marcos espaciais, temporais e legais. In: Ricardo Victor Rodrigues Barbosa; Jéssica Daiane Santos Pereira. (Org.). **PROJETOS E TECNOLOGIAS: Análises e Processos de Projeto**. 1ed.Curitiba: CRV, 2022, v. 3, p. 107-132.