

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA ACÚSTICA AMBIENTAL:**  
Estudo de caso no Campus da UFS - São Cristóvão (SE)

Universidade Federal de Sergipe - Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Aluna: Janaína Costa Lima - Orientador: Prof. Dr. Italo César Montalvão Guedes



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CAMPUS DE LARANJEIRAS  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

JANAÍNA COSTA LIMA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA ACÚSTICA AMBIENTAL:**

Estudo de caso no Campus da UFS - São Cristóvão (SE)

---

LARANJEIRAS – SE

MARÇO/2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CAMPUS DE LARANJEIRAS  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

JANAÍNA COSTA LIMA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA ACÚSTICA AMBIENTAL:**

Estudo de caso no Campus da UFS - São Cristóvão (SE)

---

Autora: Janaína Costa Lima

Orientador: Prof. Dr. Italo César Montalvão Guedes

Monografia realizada durante a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 2 apresentada ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Sergipe como requisito para a obtenção do título de bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

LARANJEIRAS - SE

MARÇO/2020

JANAÍNA COSTA LIMA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA ACÚSTICA AMBIENTAL:**

Estudo de caso no Campus de São Cristóvão (UFS)

---

Defesa do trabalho final em 27 de março de 2020.

---

**Janaína Costa Lima (Concluinte)**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal de Sergipe

---

**Prof. Dr. Italo César Montalvão Guedes (Orientador)**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal de Sergipe

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carla Fernanda Barbosa Teixeira (Examinadora interna)**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal de Sergipe

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica (Examinadora externa)**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal de Alagoas

## AGRADECIMENTOS

*Foram muitas as pessoas que contribuíram para a conclusão deste trabalho, tanto direta quanto indiretamente.*

*Agradeço ao Professor Italo César Montalvão Guedes pelo seu apoio, orientação e sua confiança desde o início da monografia;*

*À professora Maria Lúcia Oiticica que apresentou e abriu meus olhos para o conforto ambiental acústico, durante a mobilidade acadêmica na UFAL;*

*Aos meus amigos, colegas e professores da UFS que sempre acreditaram em mim e no potencial desta pesquisa;*

*A todos os funcionários da Divisão de Projetos (DIPRO) da UFS pelo carinho, espaço, paciência e estagiários cedidos;*

*Aos meus recrutas: Paulo Makalyster, Ptrucio Laurentino e Hugo Azevedo pelo auxílio nas medições e aos 153 voluntários que responderam o questionário;*

*Ao Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON) - UFS pelos instrumentos cedidos;*

*À Empresa DGMR Software pela licença gratuita do iNoise V2019 e V2020;*

*À Maisa Rocha, Gabriela Oliveira e Maisa Carvalho pelas conversas, risadas e desabafos que me descontraíram e deram força para prosseguir com o trabalho;*

*À minha família que tanto torceu por mim, principalmente, à minha mãe e minha irmã que me incentivaram e supriram todas as minhas necessidades;*

*Ao meu namorado, Leonaldo, que com muita paciência e amor sempre esteve ao meu lado;*

*Agradeço imensamente a Deus pela vida, pelo seu cuidado comigo, por guiar minhas escolhas e pela capacidade de fazê-las.*

## RESUMO

O homem está exposto a diversos tipos de sons e ruídos desde os primórdios da civilização, porém com o desenvolvimento de centros urbanos, o acúmulo de diversas fontes sonoras tem degradado o meio ambiente e afetado a qualidade de vida. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição sonora ocupa o segundo lugar no *ranking* de problemas ambientais que mais prejudicam a saúde humana. Os ambientes educacionais não estão livres deste impacto negativo. As atividades desenvolvidas nestes locais exigem alto grau de concentração para se obter um desempenho satisfatório, no entanto, diversas pesquisas apontam como a poluição sonora tem afetado esse desempenho. Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a acústica ambiental na Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos” da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão - SE. A análise da acústica ambiental ocorreu a partir de avaliação objetiva por meio de medições de níveis de pressão sonora e mapas acústicos obtidos por simulação computacional, além de avaliações subjetivas com aplicação de questionários sobre a percepção e qualidade do ambiente sonoro em uma determinada área interna do *Campus* (São Cristóvão) da UFS. As seguintes etapas foram realizadas: 1. Caracterização física do *Campus* (São Cristóvão - SE) e seleção das áreas e subáreas analisadas; 2. Medição de nível de pressão sonora; 3. Implementação e validação do modelo acústico (*software* de simulação acústica - *iNoise 2020*); 4. Geração de mapas acústicos; 5. Aplicação de questionários. 6. Tabulação e análise dos resultados das avaliações objetivas e subjetivas. As medições indicaram que dos 30 pontos medidos, 19 estão acima de 50 dB(A), determinado como limite máximo no período diurno para ambientes escolares, NBR 10.151 (ABNT, 2019). Através do mapa acústico, identificou-se que os locais mais ruidosos do *campus* se encontram próximos às vias arteriais de entorno, com tráfego intenso de veículos (principal fonte linear de ruído); entre algumas didáticas, onde estão instalados compressores de ar condicionado; e em locais de convivência com conversação de usuários. Apesar da interferência destas fontes pontuais, o miolo de quadra do *campus* é a região analisada mais silenciosa, correspondendo à Praça da Democracia, principal local de sociabilidade, no qual o som mais percebido por 47% dos entrevistados é o, da natureza. Dos 148 questionários aplicados, 45% dos usuários afirmaram que já sentiram efeitos prejudiciais associados ao ruído dentro da UFS. Assim, este trabalho evidencia a importância e a necessidade do controle do ruído em áreas sensíveis, como uma universidade, e o mapa acústico pode contribuir para o planejamento de futuras instalações do *campus*.

**Palavras-chave:** Ruído ambiental; Poluição sonora; Mapa acústico; Análise de percepção.

## ABSTRACT

Man has been exposed to different types of sounds and noises since the dawn of civilization, but with the development of urban centers, the accumulation of different sound sources has degraded the environment and affected the quality of life. According to the World Health Organization (WHO), noise pollution occupies the second place in the ranking of environmental problems that most harm human health. Educational environments are not free from this negative impact. The activities developed in these places require a high degree of concentration to obtain satisfactory performance, however, several researches indicate how noise pollution has affected this performance. In this context, the present study had the objective of evaluating the environmental acoustics in the University City "Prof. José Aloísio de Campos" from the Federal University of Sergipe (UFS), São Cristóvão - SE. The analysis of environmental acoustics occurred from an objective evaluation through measurements of sound pressure levels and acoustic maps obtained by computer simulation, in addition to subjective evaluations with the application of questionnaires on the perception and quality of the sound environment in a given internal area of the UFS Campus (São Cristóvão). The following steps were taken: 1. Physical characterization of the Campus (São Cristóvão) and selection of the analyzed areas and subareas; 2. Sound pressure level measurement; 3. Implementation and validation of the acoustic model (acoustic simulation software - iNoise 2020); 4. Generation of acoustic maps; 5. Application of questionnaires. 6. Tabulation and analysis of the results of objective and subjective evaluations. The measurements indicated that of the 30 measured points, 19 are above 50 dB (A), determined as the maximum limit in the daytime for school environments, NBR 10.151 (ABNT, 2019). Through the acoustic map, it was identified that the noisiest places on the campus are close to the surrounding arterial roads, with intense vehicle traffic (main source of linear noise); among some didactics, where air conditioning compressors are installed; and in places where people chat. Despite the interference of these point sources, the campus core is the region analyzed most quietly, corresponding to Democracy Square, the main place of sociability, in which the sound most perceived by 47% of the interviewees is that of nature. Of the 148 questionnaires applied, 45% of users stated that they have already felt harmful effects associated with noise within UFS. Therefore, this study highlights the importance and the need for noise control in sensitive areas, such as a university, and the acoustic map can contribute to the planning of future campus facilities.

**Keywords:** Environmental noise; Noise pollution; Acoustic map; Perception analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes áreas de estudos no campo da acústica .....	17
Figura 2 - Sensibilidade auditiva do ouvido humano, em decibel e Hertz. ....	18
Figura 3 - Níveis de pressão sonora, em Pascal e decibel. ....	19
Figura 4 - Fontes de ruído.....	20
Figura 5 - Fontes pontual e linear, da esquerda para a direita.....	21
Figura 6 - Mapa acústico com análise horizontal, no software <i>iNoise</i> . ....	27
Figura 7 - Mapa acústico com análise horizontal e vertical nas fachadas das edificações em 3D. ....	28
Figura 8 - Estudo realizado pela EFL .....	35
Figura 9 - Mapa acústico do <i>campus</i> UFPR e dos quatro setores educacionais avaliados....	38
Figura 10 - Mapa acústico do <i>campus</i> UTFPR no cenário atual. ....	39
Figura 11 - Mapa acústico do <i>campus</i> da UFPA. ....	40
Figura 12 - Mapa de localização e mapa acústico do setor 1 do <i>campus</i> da UFSM. ....	41
Figura 13 - Modelagem computacional e mapa de ruído, cenário atual, do <i>Campus</i> Ecoville (UTFPR). ....	43
Figura 14 - Vista superior do <i>Campus</i> Gama, nível de pressão sonora as 14:00h, mapa de ruído. ....	43
Figura 15 - Localização Geral .....	47
Figura 16 - Mapa de Zoneamento da Macrozona Urbana 2 (MU 2) - SC.....	48
Figura 17 - Crescimento da ocupação urbana no entorno da UFS, entre 2003 e 2019. ....	49
Figura 18 - Mapa do Sistema Viário da Macrozona Urbana 2 (MU 2) - SC.....	50
Figura 19 - Edificações UFS - <i>Campus</i> São Cristóvão. ....	51
Figura 20 - Localização das Áreas de Análise .....	52
Figura 21 - Medição para caracterização acústica da fonte de ruído de tráfego - Rod. João Bebe Água (Ponto 2). Destaque para a posição do sonômetro (h=1,50m). ....	55
Figura 22 - Medição para caracterização acústica de fonte pontual (grupo de compressores de ar condicionado). Destaque para a posição do sonômetro a 2,00m de superfície vertical). ....	55

Figura 23 - Medição para validação acústica do grupo de compressores de ar-condicionado localizado na fachada sul da Didática I. ....	56
Figura 24 - Localização dos pontos de medição acústica .....	59
Figura 25 - Eixo de Referência da fonte linear para o iNoise .....	62
Figura 26 - Vista 3D da Modelagem da UFS no <i>iNoise</i> .....	63
Figura 27 - Caracterização dos Ponto 1 e Ponto 2 (Foto com vista do entorno em frente ao ponto) .....	67
Figura 28 - Caracterização dos Pontos 3 e 4 (Foto com vista do entorno em frente ao ponto) .....	68
Figura 29 - Caracterização Setor A1.....	70
Figura 30 - Caracterização Setor A2.....	71
Figura 31 - Caracterização Setor A3.....	73
Figura 32 - Mapa Acústico Geral .....	74
Figura 33 - Mapa Acústico do Setor A1 .....	75
Figura 34 - Mapa Acústico do Setor A2 .....	76
Figura 35 - Mapa Acústico do Setor A3 .....	77
Figura 36 - Fachada sul da Did. II com compressores de ar condicionado espalhados .....	78
Figura 37 - Situação atual da fachada oeste voltada para a rodovia e norte.....	81
Figura 38 - Situação atual das fachadas leste e sul.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período. ....	32
Tabela 2 - Tabela-síntese das pesquisas evidenciadas. ....	44
Tabela 3 - Pontos de medição de níveis de pressão sonora ....	56
Tabela 4 - Volume de tráfego e valores de níveis sonoros medidos ( $L_{Aeq}$ ).....	60
Tabela 5 - Comparação entre os níveis sonoros medidos e simulados.....	78
Tabela 6 - Níveis de Pressão Sonora dos Pontos Medidos nas frequências 25Hz a 10kHz, Níveis de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ ) e Níveis de Pressão Sonora Equivalente ponderado na escala “A” ( $L_{Aeq}$ ). ....	99

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre os valores medidos, simulados e limite máximo permitido .	80
Gráfico 2 - Faixa etária dos usuários .....	82
Gráfico 3 - “Em qual(is) turno(s) permanece na UFS?” .....	82
Gráfico 4 - “Quantas vezes por semana vem à UFS?” .....	83
Gráfico 5 - “Quantas horas por dia permanece na UFS?” .....	83
Gráfico 6 - "Há quanto tempo frequenta a UFS?".....	83
Gráfico 7 - "Qual é o (som/ruído) mais predominante?" (Subárea A1).....	84
Gráfico 8 - "Qual é o (som/ruído) mais predominante?" (Subárea A2).....	85
Gráfico 9 - "Qual é o (som/ruído) mais predominante?" (Subárea A3).....	85
Gráfico 10 - "Qual é o nível de intensidade deste som/ruído predominante? (Subárea A1)	86
Gráfico 11 - Qual é o nível de intensidade deste som/ruído predominante? (Subárea A2) .	86
Gráfico 12 - Qual é o nível de intensidade deste som/ruído predominante? (Subárea A3) .	86
Gráfico 13 - "Qual a sensação que este som/ruído predominante lhe transmite?" (Subárea A1) .....	87
Gráfico 14 - "Qual a sensação que este som/ruído predominante lhe transmite?" (Subárea A2) .....	87
Gráfico 15 - "Qual a sensação que este som/ruído predominante lhe transmite?" (Subárea A3) .....	87
Gráfico 16 - Efeitos prejudiciais associados ao ruído dentro da UFS. ....	87
Gráfico 17 - Avaliação da qualidade acústica dos espaços ao ar livre na UFS.....	88

## Sumário

---

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	12
1.2. OBJETIVOS .....	15
1.2.1. OBJETIVO GERAL .....	15
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>2. ACÚSTICA AMBIENTAL</b> .....	<b>17</b>
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	17
2.2. AVALIAÇÃO DE RUÍDO AMBIENTAL .....	24
2.2.1. DESCRITORES ACÚSTICOS .....	24
2.2.2. MAPEAMENTO ACÚSTICO .....	25
2.2.3. NORMAS E LEGISLAÇÕES .....	28
<b>3. ACÚSTICA EM AMBIENTES EDUCACIONAIS</b> .....	<b>34</b>
<b>4. PESQUISAS SOBRE ACÚSTICA AMBIENTAL EM CAMPUS UNIVERSITÁRIOS</b> .....	<b>37</b>
<b>5. MÉTODO DA PESQUISA</b> .....	<b>45</b>
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	46
5.2. AVALIAÇÃO ACÚSTICA .....	53
5.2.1. PARTE OBJETIVA - ANÁLISE ATRAVÉS DE MEDIÇÕES E SIMULAÇÕES ACÚSTICAS ....	53
5.2.2. PARTE SUBJETIVA - ANÁLISE ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS .....	63
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>66</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>89</b>
<b>8. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>91</b>
<b>ANEXO - A: FOTO DO SONÔMETRO E CALIBRADOR</b> .....	<b>98</b>
<b>APÊNDICE - A: NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA MEDIDOS</b> .....	<b>99</b>
<b>APÊNDICE - B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)</b> .....	<b>107</b>
<b>APÊNDICE - C: MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO</b> .....	<b>108</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O som está presente desde os primórdios da humanidade. Através do canto dos pássaros, do soprar do vento, dos arranjos instrumentais e voz afinada. No entanto, os sons se tornaram desagradáveis e perturbadores com o processo de urbanização. Na Roma antiga e Europa Medieval já havia regras de circulação para carruagens, as quais eram proibidas no período noturno graças ao ruído gerado que perturbava o sono tranquilo dos habitantes (BERGLUND; LINDVALL; SCHAWELA, 1999).

Com a Revolução Industrial e o desenvolvimento dos centros urbanos, novas fontes de ruído foram geradas, agravando o problema e trazendo o desequilíbrio ambiental (ZAJARKIEWICCH, 2010). Dentre as diversas fontes sonoras como buzinas, sirenes, atividades comerciais e de serviços, templos religiosos, boates, indústrias, obras de construção civil, fogos de artifício; o tráfego de veículos é o maior gerador de ruído e o mais percebido nas grandes cidades (GUEDES, 2005; SOUZA, 2010, ZANNIN *et al.*, 2002).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição sonora ocupa o segundo lugar no *ranking* como maior causadora de doenças. Atrás apenas da poluição atmosférica e ultrapassando a da água (VICENTINI, 2019).

Os efeitos nocivos do ruído têm afetado não só a fauna e flora, mas também o ser humano. Alguns dos efeitos do ruído causados no homem envolvem: estresse, distúrbio do sono, irritabilidade e desequilíbrio bioquímico, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, osteoporose, entre outros, e podem levar até a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) (PIMENTEL-SOUZA, 1992). Em ambiente escolar, níveis sonoros elevados não afetam somente a saúde humana, mas também, prejudicam a qualidade da comunicação verbal e no desempenho do aluno, interferindo na concentração, na redação, no desenvolvimento da fala, no aprendizado e compreensão da leitura (BERGLUND; LINDVALL; SCHAWELA, 1999).

O principal aspecto ignorado pelos projetos padrão de estabelecimentos escolares é a implantação. Juntamente com esta, outras questões são negligenciadas como a topografia, afastamento de fontes de ruídos, orientação solar, estudo de ventos dominantes (KOWALTOWSKI, 2011). Alguns destes aspectos influenciam diretamente no conforto acústico, podendo potencializar a exposição ao ruído aéreo. De Giuli; Da Pos; De Carli (2012) comentam que trabalhar ou estudar em um ambiente confortável aumenta não só o bem-estar, mas também a satisfação e, portanto, a produtividade e a aprendizagem.

[...] a interferência dos ruídos externos em sala de aula provenientes do desenvolvimento das cidades, tornaram certas escolas, que no passado encontravam-se com implantações urbanísticas aceitáveis dos seus serviços, passaram a ser mero palco de insalubridade para o desenvolvimento das atividades acadêmicas, uma vez que o tráfego intenso tomou conta da sua circunvizinhança. [...] uma vez que é comum a interferência do tráfego nestes espaços, acentuando ainda mais o nível de estresse do professor em sala de aula, inibindo o aproveitamento e o rendimento de professores e alunos. (OITICICA; GOMES, 2004, p. 02)

A partir das informações apresentadas a respeito do ruído, os efeitos nocivos à saúde humana e sua interferência em ambientes escolares, é fundamental a manutenção do conforto acústico para a plena realização das atividades destes locais. Conforme Silva (2015), estudos mostram que o som e um adequado ambiente acústico contribuem para uma melhoria de ensino/aprendizagem dos alunos e profissionais envolvidos e potencializam as relações interpessoais. Além disso, a importância de uma boa paisagem sonora (“*soundscape*”) vai além dos espaços formais de ensino. Áreas externas, para atividades práticas e saídas a campo, com diferentes objetos e materiais promovem a variabilidade espacial e sensorial, estimulando todos os órgãos do sentido e contribuindo para o processo educativo (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

Entre os ambientes educacionais, os *campi* universitários merecem destaque, pois são instituições que englobam vários tipos de usos e atividades, como: salas de aula, laboratórios, restaurante, biblioteca, quadras poliesportivas, entre outros, tornando-se um grande ponto de atração para seu entorno. Assim, é importante avaliar a qualidade sonora destas áreas, identificando a distribuição dos níveis sonoros e suas principais fontes de ruído. Contribuindo, portanto, para o melhor desempenho de funcionários, professores e alunos em suas práticas profissionais/acadêmicas.

Neste contexto, esse trabalho se propõe a avaliar a acústica ambiental dos espaços ao ar livre em determinada área da Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos”, sede da Universidade Federal de Sergipe (UFS), utilizando de análises objetivas e subjetivas. A avaliação objetiva foi realizada por meio medições dos níveis de pressão sonora e criação de mapas acústicos, já a avaliação subjetiva se desenvolveu com aplicação de questionários a respeito da percepção sonora dos usuários.

O *campus* da UFS escolhido como objeto de estudo está localizado na cidade de São Cristóvão, inserida na Região Metropolitana do estado, margeado por vias arteriais, no Bairro Rosa Elze, o qual faz limite com a capital do estado, Aracaju. Instituída oficialmente, em 1968, através da reunião de faculdades isoladas dispersas na cidade de Aracaju, a UFS foi transferida gradativamente para o *campus* universitário, em São Cristóvão, inaugurada em 1980 (SOUZA *et al.*, 2011). Esta mudança ocasionou também transformações na dinâmica

espacial e socioeconômica da região, aumentando os núcleos habitacionais e a circulação de pessoas e veículos, inclusive com a criação de um terminal rodoviário de integração (*Terminal Campus*) adjacente à universidade (MENEZES, 2011).

Com o surgimento da norma NBR 15.575: *Edificações Habitacionais - Desempenho* (ABNT, 2013) estabeleceram-se níveis de desempenho dos sistemas construtivos que atendessem a critérios de conforto térmico, lumínico e acústico. Tais requisitos devem ser estabelecidos conforme as necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e de economia, visando a melhoria da qualidade da edificação. O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) elaborou os Cadernos Técnicos de Desempenho de Edificações Escolares de Ensino Público, de acordo com a NBR 15.575 (ABNT, 2013) objetivando o atendimento das exigências dos usuários. Estes requisitos não são os mesmos se comparados com o período de construção da UFS, exigindo uma análise e atualização de exigências das demandas dos usuários e impactos do entorno.

Atualmente, existem diversas ferramentas disponíveis para avaliação de ruído ambiental visando ao controle e gestão da poluição sonora nas cidades. Essas avaliações podem ser realizadas por meio de uma abordagem objetiva e/ou subjetiva. A avaliação objetiva se baseia na criação de mapas acústicos de uma determinada área, obtidos através de medições de níveis de pressão sonora e/ou simulações acústicas de cenários reais ou hipotéticos, além da aplicação de modelos matemáticos para predição acústica. Os mapas acústicos podem ser utilizados para identificar as principais fontes de ruído urbano, demonstrar a propagação de ruído no meio ambiente, contribuir na elaboração de políticas públicas de controle de ruído, entre outros (APA, 2011). Já a análise subjetiva, em geral, envolve a aplicação de questionários a respeito da percepção sonora do local pelos usuários. Visto que, o conforto acústico não depende unicamente dos níveis sonoros observados, mas também, de variáveis subjetivas (aspectos psicológicos e fisiológicos) e do contexto social e cultural em que ocorrem (HIRASHIMA, 2014).

Logo, a relevância deste estudo está no pressuposto da importância da preservação da qualidade sonora na Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos” da UFS, São Cristóvão - SE, no qual as atividades predominantes demandam concentração e clareza na comunicação para o processo de aprendizagem em sala de aula. Estudar a exposição aos níveis de ruído locais que podem gerar danos à saúde de técnicos, alunos e professores, dependendo da intensidade e tempo de exposição ao ruído. Observar áreas adequadas para implantação de futuras instalações distanciadas das principais fontes de

ruído. Além de contribuir com o campo de pesquisa de avaliação da acústica ambiental em ambientes educacionais.

Em busca de sistematizar o seu desenvolvimento, a presente monografia foi estruturada do seguinte modo: O presente capítulo 1 introduz e antecipa, brevemente, a discussão que será realizada ao longo desta pesquisa.

Os capítulos 2, 3 e 4 trazem a revisão bibliográfica. No capítulo 2 são abordados os principais conceitos como: o que é som e ruído, diferentes tipos e classificação de fontes sonoras, o ruído urbano e a poluição sonora e os efeitos nocivos à saúde do homem. Assim como, as ferramentas para avaliação de ruído, tais como, o mapeamento acústico e predição acústica, com alguns exemplos de *softwares*, e a regulamentação acústica por normas e legislações internacionais e nacionais. O capítulo 3, trata de conceitos que envolve a qualidade sonora em ambientes internos e externos, em edificações educacionais, além da importância e dos benefícios do som para a qualidade de vida de usuários em todas as idades. No capítulo 4, são elencados os estudos de caso, apresentando trabalhos de diversos autores que avaliaram a acústica ambiental em *campi* universitários no território nacional.

O Capítulo 5, dedicado à metodologia da pesquisa, contextualiza o ambiente em análise, a Cidade Universitária da UFS, São Cristóvão - SE, e a subárea de estudo estabelecida, além de descrever o método e os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho e alcance do objetivo principal.

Por fim, os capítulos 6 e 7, apresentam os resultados e análises obtidas através da metodologia adotada, além de evidenciar a importância deste trabalho para o *campus* da UFS, São Cristóvão - SE, e comunidade científica.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. OBJETIVO GERAL

Mapear e avaliar a acústica ambiental tendo como objeto de estudo a Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos” da Universidade Federal de Sergipe (UFS) em São Cristóvão (SE).

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as áreas mais significativas e suas principais fontes sonoras no *Campus* de São Cristóvão (SE).

- Conhecer os níveis de pressão sonora nas áreas selecionadas.
- Avaliar e interpretar informações relacionadas com a percepção dos usuários quanto a acústica ambiental no *Campus* de São Cristóvão (SE).

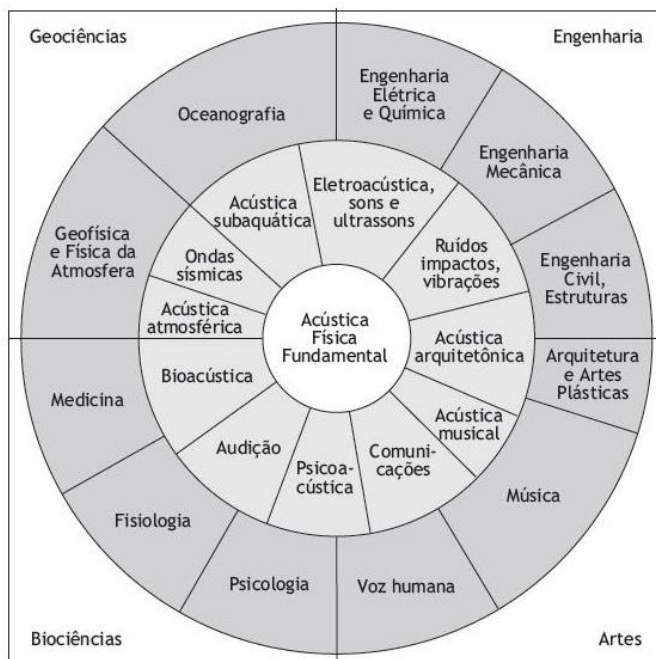
## 2. ACÚSTICA AMBIENTAL

### 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo, Berglund; Lindvall; Schawela (1999), para tornar relevante a avaliação sobre o ruído ambiental, o trabalho desenvolvido deve conter alguns destes objetivos, conforme o foco de análise: a investigação de denúncias, avaliação da quantidade de pessoas expostas, conformidade com as normas e legislações vigentes e planejamento do uso do solo. Além destes, pode envolver também: estudos de impacto ambiental, avaliação de medidas corretivas, calibração e validação de simulações, inquéritos de investigações e monitoramento de cenários.

A temática central desta monografia de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é a acústica ambiental. Logo, é fundamental apresentar alguns aspectos conceituais sobre o som e ruído. A acústica é a ciência que estuda o som e seu comportamento no meio, o que inclui sua geração, transmissão e efeitos, estando interligada a vários campos do conhecimento, como à arquitetura (BISTAFA, 2011). O diagrama apresentado por Lindsay e adaptado por Bistafa (2011) evidencia as diferentes áreas de estudos no campo da acústica (Figura 1).

Figura 1 - Diferentes áreas de estudos no campo da acústica



Fonte: Bistafa (2011).

Em relação à psicoacústica, enquanto o ruído é todo som desagradável ao ouvido humano, o som é utilizado para descrever sensações prazerosas (BRASIL, 2006). Porém, este conceito é bastante subjetivo, pois o que é considerado ruído para algumas pessoas pode ser entendido como som para outras. Como por exemplo: uma banda musical. Fisicamente, não há distinção entre som e ruído (BERGLUND; LINDVALL; SCHAWELA, 1999).

O som é uma percepção sensorial captada pelo sentido da audição através do ouvido humano (BERGLUND; LINDVALL; SCHAWELA, 1999). Tecnicamente, o som é a transmissão de energia através de meios sólidos, líquidos ou gasosos na forma de vibrações. A transmissão ocorre no meio a partir da vibração

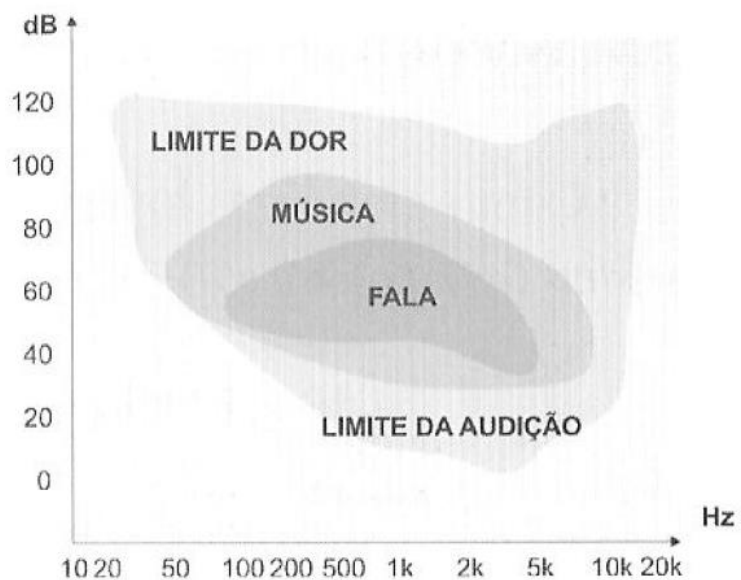
de cada partícula de forma longitudinal gerando movimentos de compressão e rarefação (KANG, 2007). No ar, o som se propaga a uma velocidade de aproximadamente 340 m/s (BRÜEL; KJAER, 2000).

Essa vibração nem sempre é percebida pelo aparelho auditivo humano, na qual o intervalo de frequência audível é de 20 a 20.000 Hz para ouvintes jovens sem problema auditivo (BERGLUND; LINDVALL; SCHAWELA, 1999). Com o aumento da idade o limite de audição de frequência superior cai continuamente (KANG, 2007). A percepção auditiva humana vai desde o limiar de audição (0 dB), o som mais “fraco”, até o limiar de dor (130 dB), o mais “forte” (ZAJARKIEWICCH, 2010) (Figura 2). Em termos de frequência, uma onda sonora inferior a 20 Hz é chamada de subsônica e acima de 20.000 Hz recebe o nome de ultrassônica. Essas vibrações podem ser captadas por muitos animais, como os cães, os quais percebem sons mais agudos do que os humanos (MURGEL, 2007).

O ouvido responde de forma logarítmica, a esses estímulos sonoros, ao invés de linearmente. A faixa audível corresponde, em unidades de pressão sonora (Pa), a valores entre 0,00002 Pascal e 20 Pascal (ZAJARKIEWICCH, 2010). Assim, é mais prático expressar parâmetros acústicos como uma razão logarítmica do valor medido para um valor de referência (Figura 3). Este logarítmico modelo é chamado

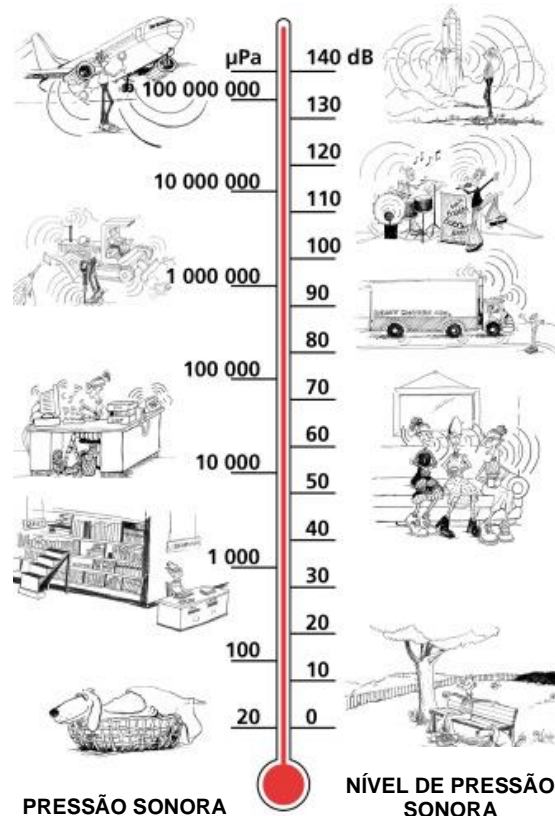
de Decibel (dB), escala que equivale à décima parte de um bel (BRÜEL; KJAER, 2000). O bel é a escala de intensidade física relativa ao som. Recebe esse nome em homenagem a Alexander Graham Bell, inventor do telefone. Utilizado, naquela época, para medir as perdas em linhas telefônicas (CARVALHO, 2010). A Figura 3 relaciona a pressão sonora (Pa) com o nível de pressão sonora (dB), trazendo exemplos de fontes sonoras presentes nas cidades.

Figura 2 - Sensibilidade auditiva do ouvido humano, em decibel e Hertz.



Fonte: Carvalho (2010).

Figura 3 - Níveis de pressão sonora, em Pascal e decibel.



Fonte: Brüel; Kjaer (2000), tradução da autora.

Devido a existência de variabilidade de níveis sonoros nas cidades, são adotados diferentes índices ou descritores acústicos para avaliação de ruído ambiental. O Nível de Pressão Sonora Máximo ( $L_{Amax}$ ) corresponde ao nível sonoro máximo ponderado em “A”, tido como o nível de ruído ambiental mais alto, que ocorre numa determinada posição, durante um intervalo de tempo. Já o Nível de Pressão Sonora Mínimo ( $L_{Amin}$ ), representa o inverso, o nível de ruído ambiental catalogado mais baixo durante certo tempo. Levando em consideração o aumento de incômodo no período noturno, uma menor tolerância ao ruído, em diversas pesquisas, realizou-se a separação de índices acústicos para o período do dia e da noite. No qual, no período noturno ( $L_n$ ) é acrescentado 10 dB para o ruído ambiental entre às 22:00 h e 7:00 h, em relação ao diurno ( $L_d$ ) das 22:00 h às 7:00 h. Também é feita uma média dia-noite, o Nível Sonoro Médio Dia - Noite ( $L_{dn}$ ) (GUEDES; 2005).

Nossa audição é menos sensível em frequências muito baixas e muito altas. Para isso, filtros de ponderação podem ser aplicados ao medir o som. A “ponderação A”, medida em dB (A), é o circuito de compensação de frequência que mais se aproxima do comportamento do ouvido humano diante de um estímulo sonoro, sendo bastante utilizada na acústica arquitetônica (BERGLUND; LINDVALL; SCHAWELA, 1999).

O conceito de ruído ambiental é a combinação de diversas fontes, a exemplo: ruído de indústria, ruído de tráfego, canto dos pássaros, água corrente, entre outros (BRÜEL; KJAER, 2000). Segundo Bistafa (2011), o ruído pode ser provido de uma atividade intencional do usuário do ambiente, a exemplo de máquinas, ruídos de motores, etc (Figura 4). Além disso, os ruídos podem, por vezes, ser úteis pois indicam uma série de informações, como a velocidade de um motor, a atividade de um computador, se o café da cafeteira eletrônica está pronto, entre outras.

O ruído de tráfego constitui uma das principais fontes de poluição ambiental nos centros urbanos, podendo este ser de tráfego rodoviário, ferroviário ou aéreo (BISTAFA, 2011). Com o



Fonte: Brüel; Kjaer (2000).

desenvolvimento da sociedade, ocorre um aumento do grau de urbanização e industrialização e, conseqüentemente, da extensão da malha de transporte. Sendo assim, cada um desses fatores contribui para o aumento da poluição sonora.

Conforme Brüel; Kjaer (2000), Guedes (2005), Licitra (2013), o ruído gerado pelo tráfego rodoviário é considerado a maior fonte de poluição sonora nas cidades das nações modernas. O ruído produzido pelo tráfego veicular depende, assim, entre outros fatores, do tipo, conservação e velocidade dos veículos; da qualidade da pavimentação; do fluxo do tráfego, com aceleração e desaceleração; das características dos pneus dos carros e das condições atmosféricas (NAGEM, 2004; PINTO; ARAÚJO; ARAÚJO, 2013).

De um modo geral, as fontes sonoras podem ser classificadas conforme sua posição geográfica:

- Fontes fixas: possuem uma localização ou posição física determinada, como construções, complexo industrial, comércios, serviços e máquinas, a exemplo de um equipamento de ar condicionado.
- Fontes móveis: são geradores de ruído que se locomovem no espaço, no qual se inserem os modais de transporte de passageiros e carga, como veículos e aeronaves (ANSAY, 2013).

Com relação às suas características geométricas:

- Fontes pontuais: possuem dimensões bem menores do que a sua distância ao receptor (ouvinte) e podem ser consideradas como uma esfera pulsante que irradia som uniformemente em todas as direções, como exemplo: engrenagens, despertador,

ventilador, discoteca, área de lazer, entre outras (GUEDES, 2005; KANG, 2007) (Figura 5).

- Fontes lineares: formadas por um conjunto de fontes pontuais dispostas linearmente. O nível de potência sonora se dissipa de forma cilíndrica e igualmente para todos os pontos que apresentam a mesma distância à linha de eixo da fonte. Exemplos: movimento de fluido em tubulações e tráfego contínuo (GUEDES, 2005; SOUZA, 2010) (Figura 5).
- Fontes de superfície: é uma superfície plana infinitamente grande que irradia som, na prática ela é definida por duas de suas dimensões comparáveis ao distanciamento entre a fonte e o receptor. Por exemplo, uma fachada ou telhado de uma construção, ou um *playground* de uma escola (GUEDES, 2005; KANG, 2007).

Figura 5 - Fontes pontual e linear, da esquerda para a direita.



Fonte: Brüel; Kjaer (2000).

Segundo Bistafa (2011) as fontes sonoras ainda se diferenciam de acordo com a radiação sonora emitida. Quando uma fonte sonora irradia mais vibrações acústicas em determinadas direções, trata-se de uma fonte direcional, já uma fonte que não apresenta direções preferenciais de radiação é chamada de omnidirecional. As fontes direcionais se caracterizam por não apresentarem forma esférica e/ou a amplitude e fase das vibrações de suas diferentes superfícies não são uniformes. Exemplos desse tipo de fonte são o alto-falante e a voz humana (BISTAFA, 2011).

Quando a exposição ao ruído traz desconforto ao ser humano, prejudicando sua saúde, interferindo no seu comportamento e no seu desempenho no trabalho, torna-se assim uma forma de poluição ambiental. Os efeitos do ruído não têm apenas a ver com a sua intensidade, mas também com a duração da exposição ao risco (FERNANDES, 2013). Vários estudos mostram os malefícios que a exposição ao ruído pode trazer ao ser humano, interferindo diretamente na saúde psicológica e fisiológica. A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera o nível de 50 dB(A) como o fim do conforto e o início do estresse a partir de

55 dB(A). O médico otorrinolaringologista Ektor Onishi, coordenador da Campanha Nacional da Saúde Auditiva no Brasil, lembra que o volume de som e seu impacto sobre o organismo dobra a cada cinco decibéis (ZAJARKIEWICCH, 2010).

O ruído afeta as pessoas de várias formas. Segundo Bistafa (2011), ainda que o ruído possa ser perturbador e prejudicial à saúde, independente do seu agente causador, a situação de agentes passivos é mais problemática, pois a vizinhança é impactada negativamente por uma ação realizada no meio ambiente sem o consentimento da comunidade. O ar, o meio em que o ruído é transmitido e atinge os habitantes, é um “bem público”. A exposição ao ruído pode provocar efeitos auditivos e extra auditivos a depender das características do risco, da exposição e do indivíduo exposto.

São efeitos auditivos reconhecidos: o zumbido de pitch agudo, a mudança temporária do limiar (MTL) e a mudança permanente do limiar (MPL) (trauma acústico agudo e crônico) e são efeitos extra auditivos: distúrbios no cérebro e nos sistemas nervoso, circulatório, digestório, endócrino, imunológico, vestibular, muscular, nas funções sexuais e reprodutivas, no psiquismo, no sono, na comunicação e no desempenho de tarefas físicas e mentais. (GANIME *et al.*, 2010, p. 7-8)

Pesquisas revelam que nos séculos XX e XXI evidenciou-se uma espécie de culto ao ruído, criando-se laços emocionais com o mesmo e por este motivo, os malefícios da exposição ao som elevado passam despercebidos, uma vez que a rotina leva à acomodação (MORAES *et al.*, 2013). Conforme De Marco (1982), o ruído pode ter diferentes intensidades, podendo ser forte o suficiente para causar danos imediatos ao ouvido, e, dependendo do ruído, até mesmo danos permanentes, ou, em menor intensidade, apenas perturbando a realização de uma atividade, como a audição de uma música, a leitura, o trabalho, etc, (NOVAES; ALUCCI; MONTEIRO, 2013).

Há dois tipos de perda de audição causados por ruído intenso: a temporária e a permanente, segundo Bistafa (2011). Ambas são causadas por lesões nas células ciliadas, as quais fazem parte do órgão de corti e são responsáveis por transformar o movimento vibratório da membrana basilar em sinais elétricos transmitidos para o cérebro. A membrana basilar por sua vez, tem a capacidade de decompor o som recebido em diferentes frequências, regiões específicas da membrana são excitadas por sons de diferentes frequências.

A perda de audição temporária, também chamada de “alteração temporária do limiar”, se caracteriza pela recuperação da audição normal após a exposição a ruído intenso. Nesse tipo de perda auditiva, as células ciliadas recuperam-se, readquirindo suas funções normais. Já a perda de audição permanente, nomeada “alteração permanente do limiar”, é

causada pela lesão das células ciliadas, e até mesmo o seu desaparecimento. Não há recuperação natural das células ciliadas danificadas, e sua reposição por meio de meios artificiais ainda não é possível (BISTAFA, 2011).

Além disso, a exposição ao ruído pode ocasionar efeitos à saúde como estresse, irritabilidade, hipertensão arterial e pode estar associado a outras situações de risco. A pessoa pode também perder o apetite, ser vítima de aerofagia (deglutição de ar), de insônia, de distúrbios circulatórios ou respiratórios e pode emagrecer. Também há a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), no qual é considerada uma das mais comuns das doenças ocupacionais. Consiste em um trauma acústico crônico, permanente e irreversível, geralmente bilateral e simétrico (GANIME *et al.*, 2010). Consoante a Ordem de Serviço 608 do INSS, de 05/08/1998, a expressão “perda auditiva neurossensorial por exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora” é mais adequada. Pois, a PAIR não é satisfatória para caracterizar, a perda de audição de músicos e radialistas, por exemplo, também de origem ocupacional, já que estão expostos a níveis elevados de pressão sonora, em que a causa não é o ruído (BISTAFA, 2011).

Estudos também comprovam a interferência do ruído na qualidade do sono. Por exemplo, na pesquisa realizada por Pimentel-Souza, observou-se que o aumento de nível de ruído de 30 dB(A) para 75dB(A) diminuiu o tempo total de sono em 38,8 minutos. A ciência tem estudado as funções do sono como as psicológicas, as intelectuais, as da memória, as do humor e as da aprendizagem. O sono parece ser o período mais fecundo para consolidar o processo de memorização e geradores de criatividade (PIMENTEL-SOUZA, 1992). Existem ainda estudos que caracterizam a influência e os efeitos causados pela exposição ao ruído em ambientes escolares, trazendo consequências negativas ao processo de aprendizagem, como dispersão de atenção em sala de aula, dificuldade de leitura e déficit motivacional (PROACÚSTICA, 2019). Há outros que apontam, por outro lado, os benefícios de uma boa acústica nesses espaços educacionais, os quais serão abordados no próximo capítulo.

O ruído também impacta economicamente a vida das pessoas e de organizações. Há efeitos imobiliários, nos quais imóveis próximos às escolas, ginásios, campos de futebol, tendem a afastar os compradores receosos da perturbação sonora existente (ZAJARKIEWICCH, 2010). De acordo com Bistafa (2011) um estudo desenvolvido na Dinamarca mostrou que o preço das casas diminui à medida que o ruído de tráfego aumenta. Na escala de cidade é uma das principais causas de desvalorização de residências localizadas em zonas centrais, podendo modificar até mesmo a organização da cidade, interferindo na sua distribuição e no seu crescimento (MARCELO, 2006). Segundo Cantiere *et al.*, (2010), o mapa

de ruído tende a ser uma ferramenta extremamente interessante para o mercado imobiliário e para a municipalidade, que teria uma ferramenta gráfica a qual poderia utilizar para criar ou rever suas leis de zoneamento e uso do solo.

## 2.2. AVALIAÇÃO DE RUÍDO AMBIENTAL

### 2.2.1. DESCRITORES ACÚSTICOS

Através da medição do ruído ambiental é possível obter valores consistentes para qualificar este ruído bem como estabelecer valores máximos para cada tipo de fonte geradora de ruído. Entretanto, esta não é uma tarefa simples devido à natureza complexa do ruído gerado por diferentes eventos e o respectivo incômodo causado ou a consequência deste a saúde humana (ANSAY, 2013).

A medição do ruído ambiental deve atender aos requisitos da norma nº 1996 (ISO, 2016, 2017) partes 1 e 2, respectivamente, e a NBR 10.151 (ABNT, 2019), as quais regulamentam métodos de avaliação e determinação dos níveis de pressão sonora, inclusive aos equipamentos utilizados e calibração dos mesmos. O Medidor Integrador de Nível Sonoro (Sonômetro), como o próprio nome diz, é utilizado para medir o nível de pressão sonora. Este instrumento deve atender às especificações das normas internacionais de medição em campo e possuir calibração certificada pela RBC (Rede Brasileira de Calibração). A partir dele consegue-se obter o nível de pressão sonora equivalente contínuo ( $L_{Aeq}$ ), o qual é calculado por meio da média logarítmica das medidas instantâneas ( $L_i$ ) colhidas pelo equipamento (BRITO *et al.*, 2013). O nível de pressão sonora equivalente contínuo ( $L_{eq}$ ) ponderado em “A” dB(A), pois é o filtro de frequência que mais corresponde à resposta do ouvido humano, conforme Brüel; Kjaer (2000). A amostra deve ser suficiente para representar a realidade acústica do local naquele momento.

De acordo com a norma nº 1996-1 (ISO, 2016), o nível de pressão sonora equivalente contínuo ( $L_{Aeq}$ ) corresponde ao nível de um som contínuo (estacionário), que num intervalo de tempo específico, cujo nível varia com o tempo. É definido por:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2}{p_0^2}(t) dt \right], \text{ dB(a)} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

$L_{Aeq,T}$  é o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A, em decibel (dB), sobre um intervalo de tempo  $T$ , começando em  $t_1$  e terminando em  $t_2$ ;

$p_0$  é a pressão sonora de referência, 20mPa;

$p_A(t)$  é a pressão sonora instantânea ponderada em A.

Na definição de Bistafa (2011), o conceito de Nível Equivalente de Ruído é uma forma de calcular um valor médio do nível sonoro do ruído no intervalo de tempo da medição, de maneira a ponderar os valores segundo a quantidade de vezes que se repetem no período analisado (NOVAES; ALUCCI; MONTEIRO, 2013). Estudos realizados destacam que a percepção de incômodo do ruído é maior no período noturno do que no diurno, justificando a necessidade de ajuste, adicionando 10 dB(A) ao valor medido no período noturno ( $LA_{\text{noite}}$ ) para retratar essa maior sensibilidade noturna (BERGLUND, 1995 apud. GUEDES, 2005). Medições realizadas no período diurno ( $LA_{\text{dia}}$ ) possuem níveis de critério de avaliação (NCA) diferentes do período noturno, estabelecidos pela NBR 10.151 (ABNT, 2019).

### 2.2.2. MAPEAMENTO ACÚSTICO

Para medidas de identificação, controle e mitigação do ruído, é possível utilizar mapeamentos de ruído feitos através de levantamentos e coletas de dados ou simulações de cenários acústicos que auxiliam no processo de entendimento e no planejamento de ações preventivas ou mitigadoras. (GIUNTA; SOUZA; VIVIANI, 2013).

No que se refere ao mapa acústico, o principal objetivo é a criação de uma representação visual do ruído ambiental de certa área geográfica, em determinado horário ou momento ao longo do dia. Representado por meio de curvas isofônicas com zonas que possuem o mesmo nível de pressão sonora, semelhantes às curvas de nível topográfico. Estas zonas podem ser separadas em trechos de decibéis, no qual, em geral, os limites de cada curva são representados por cores padronizadas em trechos de 5dB de nível de pressão sonora (ISO nº 1996-2, 2017).

Os níveis de ruído podem ser obtidos por meio de medições *in loco*, ou utilizando programas computacionais, com o uso de dados de entrada de nível de pressão sonora. Durante o planejamento dos mapas acústicos, devem ser consideradas algumas questões, como: número, distribuição espacial e localização dos pontos de medição; dias, horários e duração das coletas dos dados acústicos, meteorológicos, geométricos e de tráfego; além da configuração e posicionamento dos equipamentos (NAGEM, 2004).

A localização e o número de posições de medição dependerão das características do ambiente em consideração. Os locais das medidas podem ter distâncias aproximadamente iguais entre si, sendo utilizadas as interseções de uma grade de linhas, por exemplo, e contornos de níveis de ruído iguais podem ser gerados pela interpolação entre estes pontos (ISO 1996-2, 2017).

O uso do mapa acústico vem sendo discutido com mais ênfase pela Comunidade Europeia, através de uma política ambiental (DIRETIVA EUROPEIA 2002/49/EC), a qual implementou o mapeamento de ruído como uma ferramenta importante no planejamento urbano. A Diretiva Europeia 2002/49/EC possui três partes principais: o mapeamento de ruído (obrigatório para cidades acima de 250 mil habitantes); um programa de ações e metas para combate à poluição sonora e um sistema de informação ao público.

Na América do Sul, há algumas políticas de mapeamento sonoro municipais como em Santiago (Chile), Bogotá (Colômbia) e Buenos Aires (Argentina). No Brasil, na cidade de Fortaleza, há um mapeamento oficial. Onde se elaborou um Mapa Colaborativo e Coletivo da poluição sonora em Fortaleza, onde a população contribuirá diretamente neste processo e onde os resultados serão avaliados de forma paralela como o mapa oficial, propiciando uma interação saudável ao processo (CEARÁ, 2013). Em São Paulo, está em implementação o Mapa de Ruído Urbano da cidade com prazo de desenvolvimento até 2023, legitimado pela Lei 16.499 Mapa de Ruído Urbano, de 21/07/2016 (SÃO PAULO, 2016).

Ainda nesta temática de mapeamento acústico, no Brasil, existem algumas iniciativas de pesquisas em cidades como Florianópolis (NARDI, 2008), Belém (MORAES *et al.*, 2003), Rio de Janeiro (PINTO; MARDONES, 2009), Sorocaba (COSTA; LOURENÇO, 2010), Bauru (SOUZA; GIUNTA, 2011), Curitiba (CANTIERI *et al.*, 2010), Maceió (FIRMINO; ALMEIDA; OITICICA, 2016), Aracaju (GUEDES, 2005; GUEDES; BERTOLI, 2014), entre outras.

A predição acústica é utilizada para avaliação de um cenário acústico atual ou, futuro, podendo ser realizada por meio de expressões matemáticas, nomogramas ou, em situações mais complexas com uso de programas computacionais. É necessário inserir dados importantes, como: fluxo de veículos, características geométricas das vias, correções devido à inclinação da pista, velocidade média real dos veículos, porcentagem de veículos pesados, dentre outros (GUEDES, 2005). Além disso, a análise pode ser feita considerando apenas uma principal fonte de ruído que gera incômodos à vizinhança, como por exemplo ruído de tráfego veicular, indústria, etc.

As vantagens de utilizar a predição acústica como metodologia de avaliação acústica é a obtenção de informações detalhadas das principais fontes sonoras, possibilidades de análise em um número maior de pontos, sem interrupção de condições meteorológicas adversas, avaliação em situações hipotéticas e sem interferência do ruído de fundo (GUEDES, 2005).

Conforme Bruel; Kjaer (2000), o cálculo é preferível e pode ser o único método possível de realizar a predição acústica, não só, quando os níveis a serem medidos se encontrarem mascarados por ruído de fundo elevado - por exemplo, quando a determinação do ruído de uma instalação industrial em proximidades de uma estrada movimentada. Mas também, sempre que os níveis futuros precisam ser previstos; necessite de cenários comparativos de redução de ruído; no momento em que os mapas de ruído de contorno precisam ser produzidos e quando não há acesso à medição. Há alguns *softwares* presentes no mercado, como: *Predictor Lima* (Brüel & Kjær), *Mithra* (01 dB), *SoundPLAN* (Braunstein + Berndt GmbH), *CadnaA* (DataKustik), *IMMI* (Wölfel, GMBH), *iNoise* (DGMR Software).

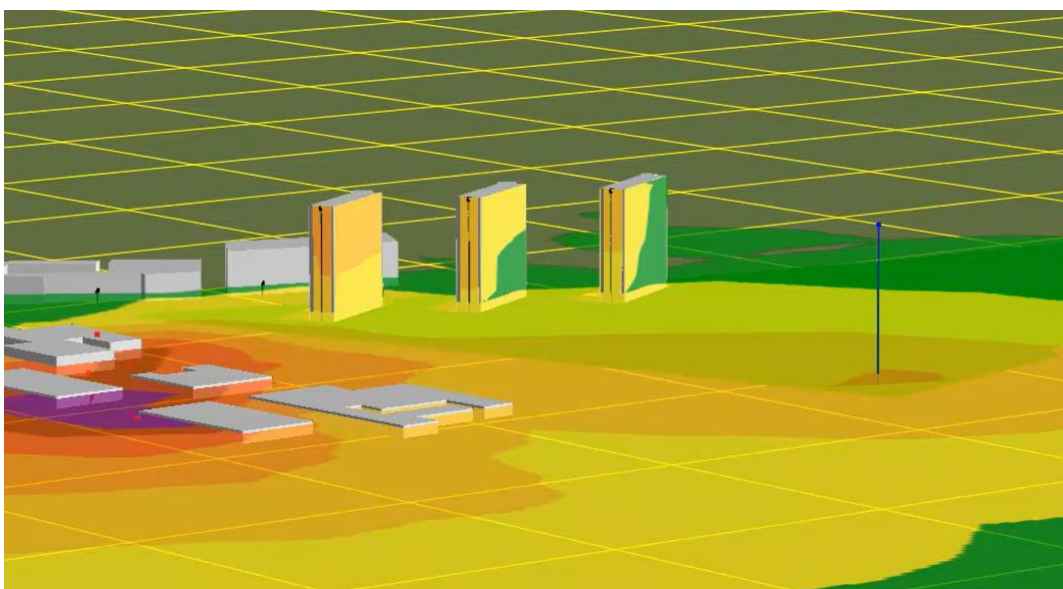
No presente trabalho foi utilizado o *iNoise* como software de simulação para geração dos mapas acústicos. Neste *software* as fontes de ruído podem ser representadas por estradas, ruas, ferrovias, indústrias, caracterizadas como fontes pontuais, lineares ou móveis. A representação dos níveis sonoros é feita por meio de ondas isofônicas divididas em zonas de mesmo nível, cada uma delas, representadas por diferentes cores estabelecidas por norma. Os métodos de cálculo utilizados no *iNoise* são baseados na norma nº 9613 (ISO, 1993, 1996) partes 1 e 2, respectivamente, e recentemente adicionado (na versão 2020 Pro), o método *Harmonoise* que possui cálculo de atenuação sonora mais preciso devido ao solo em distâncias maiores. O *Harmonoise* também pode calcular sob condições de inversão de temperatura (DGMR Software, s/n). O mapa acústico pode ser analisado tanto em relação ao plano horizontal, quanto ao vertical (Figura 6 e Figura 7).

Figura 6 - Mapa acústico com análise horizontal, no software *iNoise*.



Fonte: DGMR Software, s/n.

Figura 7 - Mapa acústico com análise horizontal e vertical nas fachadas das edificações em 3D.



Fonte: DGMR Software, s/n.

Desta forma, o mapeamento de ruído é uma importante ferramenta de planejamento urbano, o qual apresenta uma informação visual do comportamento acústico de uma área geográfica, em um determinado momento. Consiste na avaliação do nível de ruído nas ruas, ajudando a identificar áreas com níveis sonoros acima dos permitidos, bem como as principais fontes emissoras de ruído. Com os mapas também é possível se pensar em diferentes cenários futuros e prever o impacto de novas estruturas e atividades no local avaliado. Assim, apresenta a possibilidade de construção de um plano de ação para controle do ruído e ajuda no estabelecimento de legislações, promovendo uma melhoria na qualidade de vida das pessoas nas cidades (PINTO; ARAÚJO; ARAÚJO, 2013).

### 2.2.3. *NORMAS E LEGISLAÇÕES*

O reconhecimento da poluição sonora não apenas como uma questão de desconforto, mas também como um problema de saúde pública tem despertado preocupação em diversos países. Legislações e normas foram criadas com o objetivo de controlar os níveis de ruído, visando à conservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida da população (ZAJARKIEWICCH, 2010). Neste tópico serão evidenciadas as leis, regulamentações e normas que explanam sobre o controle do ruído para conservação do meio ambiente no âmbito internacional e nacional.

#### INTERNACIONAL

A normatização internacional fornece uma base para as normas nacionais, e na falta destas, aquela deve ser considerada. É possível considerar que há duas principais

organizações para normatização, a *International Organization for Standardization* (ISO), que explica, principalmente, sobre a metodologia e procedimentos de comparação dos resultados e a *International Electrotechnical Commission* (IEC) que regulamenta os sistemas de instrumentos utilizados para avaliação de ruído ambiental (GUEDES, 2005).

A ISO é o organismo internacional, baseado em Genebra, na Suíça, que estabelece padrões internacionais para o Ruído Ambiental por meio da norma nº 1996: *Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise* (ISO, 2016, 2017). Utilizada como referência para o mapeamento do ruído pelos países-membros da Diretiva Europeia de Ruído (WHO, 2018), esta norma descreve aspectos relacionados ao cálculo e ao procedimento de medição do nível de pressão sonora ao ar livre. É dividida em duas partes, sendo a primeira parte a norma nº 1996-1 (ISO, 2016), *Basic quantities and assessment procedures*, e a segunda parte a norma nº 1996-2 (ISO, 2017), *Determination of sound pressure levels*.

A norma nº 9613: *Acoustics - Attenuation of Sound during Propagation Outdoors* (ISO, 1993, 1996) é composta por duas partes: a primeira 9613-1 (ISO, 1993) *Calculation of the absorption of sound by the atmosphere* e a segunda nº 9613-2 (ISO, 1996) *General method of calculation*. A parte 1 especifica um método analítico de cálculo da atenuação do som como resultado da absorção atmosférica para uma variedade de condições meteorológicas. A parte 2 descreve um método para calcular a atenuação do som durante a propagação ao ar livre, a fim de prever os níveis de ruído ambiental a uma distância de uma variedade de fontes. Esta norma, portanto, apresenta um método para cálculo de propagação sonora ao ar livre, considerando vários efeitos de propagação sobre o solo.

## NACIONAL

Nas últimas décadas, as legislações ambientais brasileiras vêm enfatizando a necessidade da conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, a melhora da qualidade de vida da população, ao estabelecerem normas, leis e regulamentações que buscam controlar as intervenções humanas. As regulamentações existentes serão apresentadas a partir de três esferas: federal, estadual e municipal.

A Constituição Federal de 1988 trata a questão ambiental no Título VIII - Da Ordem Social, está o Capítulo VI - Do Meio Ambiente, art. 225, que estabelece: “*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. [...]*” (BRASIL, 1988).

A Política Nacional do Meio Ambiente foi estabelecida pela Lei nº 6.938/1981, um dos marcos da legislação ambiental pátria, incorporando e aperfeiçoando algumas normas estaduais já vigentes (ZAJARKIEWICCH,2010). Tendo como objetivo (art. 2) a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, qualidade esta que propicia a vida (BRASIL, 1981). Para cumprimento de seus objetivos, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho do Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais. E também, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) órgão consultivo e deliberativo (ZAJARKIEWICCH,2010).

As resoluções do CONAMA que tratam do ruído Ambiental são a Resolução nº 01 de 08/03/1990 e a Resolução nº 252 de 01/02/1999 do CONAMA. A Resolução nº 01 dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Assim, todas as atividades geradoras de ruído devem seguir diretrizes vinculadas à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), para os ruídos produzidos pelos veículos automotores (BRASIL, 1990). Já a Resolução nº 252, institui o Programa Nacional de Educação e Controle de Poluição Sonora - Silêncio. Este programa tem como objetivo ensinar e conscientizar a população e capacitar técnicos para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora, além de incentivar a produção de equipamentos com menor intensidade de ruído, sendo coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 1990).

A Resolução do CONAMA nº 20 de 1994 institui o Selo Ruído, de uso obrigatório, para aparelhos eletrodomésticos que geram ruído no seu funcionamento. Visto que, estudos comprovam que o ruído excessivo e sem quaisquer controles, causa prejuízo à saúde física e mental (BRASIL, 1994).

O “Estatuto da Cidade”, Lei nº 10.257 de 10/07/2001, veio para regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que tratam da Política Urbana, a qual atribui função social à propriedade urbana e à cidade (BRASIL, 2001). O equilíbrio ambiental encontra-se como fim desta política, tendo a poluição sonora incluída nesse contexto. Dentre as diretrizes da política urbana se destaca a ordenação e controle do uso do solo, indispensável para proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, onde se concentram as principais fontes de poluição sonora.

Introduziu, também, o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) junto com o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA), que traz maior relevância a questões relacionadas à poluição sonora. No qual empreendimentos de grande porte e interferência urbana deverão elaborar o EIV para obtenção de licenciamento urbanístico e o EIA para o, ambiental. O estudo deverá contemplar os aspectos positivos e negativos do empreendimento, e apontar as alternativas para mitigar ou eliminar os impactos indesejados. O plano diretor é responsável por efetivar os instrumentos urbanísticos trazidos pelo estatuto, através do planejamento municipal e disciplinando o parcelamento, uso e ocupação do solo e zoneamento ambiental (BRASIL, 2001). Este também é utilizado pela NBR 10.151 (ABNT, 2019).

Os níveis de ruído considerados aceitáveis são determinados pelas normas: NBR 10.151 (ABNT, 2019): *Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral* e NBR 10.152 (ABNT, 2017): *Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações*. Esta estabelece os procedimentos técnicos aplicáveis para medições dos níveis de pressão sonora, determinação do nível sonoro representativo, e a avaliação sonora dos ambientes internos a partir da comparação dos resultados obtidos com os valores de referência indicados pela Norma. A NBR 10.151 estabelece:

- procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo;
- procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações provenientes de transmissão sonora aérea ou de vibração da edificação, ou ambos;
- procedimento para avaliação de som total, específico e residual;
- procedimento para avaliação de som tonal, impulsivo, intermitente e contínuo;
- limites de níveis de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo e requisitos para avaliação em ambientes internos. (ABNT, 2019, p. 9)

Os valores adotados pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2019) para os níveis de critério de avaliação para ambientes externos em função dos períodos diurno e noturno, estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

Tipos da áreas habitadas	Limites de níveis de pressão sonora - $RLA_{eq}$ (dB)	
	Diurno	Noturno
Área de residências rurais	40	35
<b>Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas</b>	<b>50</b>	<b>45</b>
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT, 2019, destaque da autora.

Além das normas NBR 10151 (ABNT, 2019) e NBR 10152 (ABNT, 2017), tem-se a NBR 15.575 (ABNT, 2013): *Edificações habitacionais – Desempenho* que estabelece critérios relativos ao desempenho acústico dos sistemas construtivos aplicados às edificações habitacionais. Assim, o desempenho acústico se torna um direito amparado no Código de Defesa do Consumidor e o desrespeito às normas elaboradas pela ABNT corresponde a uma infração legal sujeita a sanções (ZAJARKIEWICCH,2010).

No âmbito estadual, a Constituição do Estado de Sergipe de 1989 (SERGIPE, 1989), trata sobre o meio ambiente e recursos hídricos. Segundo esta, compete ao Estado (art. 7) “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” (SERGIPE, 1989, p. 10). Para assegurar a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, incumbe ao Poder Público, com o auxílio das entidades privadas, entre outras medidas (art. 232): “buscar a integração das universidades, centros de pesquisa e associações civis, em particular as organizações sindicais, nos esforços para garantir e aprimorar o controle da poluição, inclusive no ambiente de trabalho” (SERGIPE, 1989, p. 134). A Lei 2.181 de 12/10/1978 cria, em Sergipe, a Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA) responsável pela realização de ações voltadas para gestão ambiental (SERGIPE, 1978).

No Município de São Cristóvão<sup>1</sup>, cabe à Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Agricultura e Pesca (SEMAP) coordenar, supervisionar e fiscalizar os planos, programas, projetos e atividades de preservação, proteção, conservação, controle e de uso de recursos

<sup>1</sup> Local onde o *Campus* da UFS analisado neste trabalho está localizado.

ambientais municipais. A Lei Orgânica do Município de São Cristóvão, promulgada em 03/04/1990, aborda de maneira geral a questão do meio ambiente, seguindo os preceitos da CF/1988 (SÃO CRISTÓVÃO, 2010).

O Plano Diretor do Município de São Cristóvão, instituído pela Lei nº 044/2009, que ordena o pleno desenvolvimento território municipal, fixa como uma das diretrizes da Política de Desenvolvimento Urbano (art. 29, cap. VI): “a preservação, conservação e recuperação do meio ambiente” (SÃO CRISTÓVÃO, 2009, p. 13). O Plano Diretor do Município de São Cristóvão em vigor não aborda a poluição sonora em seu escopo, diferente do Projeto de Lei do Plano Diretor Participativo (PDP) do Município de São Cristóvão elaborado, em 2018, para revisão da atual legislação. O qual menciona a mitigação e redução da poluição sonora como umas das diretrizes gerais da Política Municipal de Mobilidade Urbana (SÃO CRISTÓVÃO, 2018, art. 24, cap. I).

Logo, a legislação ambiental disciplina o controle da poluição de um modo geral, por exemplo, obrigando o licenciamento ambiental de atividades potencialmente degradantes e poluidoras, entre elas as que emitem elevados níveis de sons, ruídos e vibrações.

### 3. ACÚSTICA EM AMBIENTES EDUCACIONAIS

Após a apresentação de informações sobre a poluição sonora, as fontes de ruído e seus efeitos adversos na saúde humana, neste tópico será evidenciada a interferência do ruído em instituições escolares e como o som pode contribuir para o processo de ensino aprendizagem.

Segundo Kowaltowski (2011), a qualidade educacional depende de um ambiente de ensino, cujos componentes trabalhem em sintonia com o objetivo de aprofundar e ampliar o aprendizado dos alunos. Assim, a arquitetura escolar tem um papel fundamental, pois o espaço está intrinsecamente relacionado à metodologia de ensino e é considerado o terceiro professor, após os profissionais envolvidos e o material didático. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, a situação socioeconômica e política define a concepção arquitetônica dos prédios escolares, no entanto, deve-se preocupar com os conceitos educacionais e de conforto para atingir a qualidade do sistema de aprendizagem.

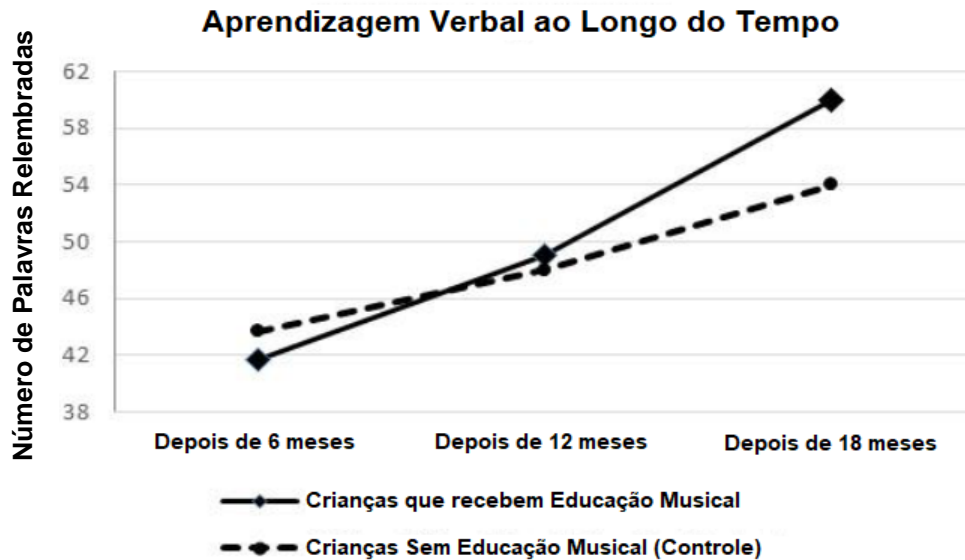
Kowaltowski (2011) ainda traz a concepção de Barnard (1851) que avalia o ambiente escolar pelas condições de conforto atingidas. As falhas mais encontradas estão na localização, construção, estética, dimensão, ventilação, aquecimento, iluminação e mobiliário das escolas. Conforme Barros (2002), o principal tópico ignorado pelos projetos padrão escolares é a implantação, e esta afeta diretamente as condições acústicas. O clima psicológico do ambiente de ensino também pode ser influenciado pela arquitetura. Segundo Kowaltowski (2011), problemas com a acústica podem criar ambientes caóticos, sem disciplina e com deficiências na comunicação verbal entre alunos e professores.

Pesquisas têm apresentado a influência da acústica no aprendizado e desempenho de alunos, como também no comportamento social e na compreensão da fala. Condições acústicas desfavoráveis tornam o aprendizado e o ensino desnecessariamente exaustivos (HAGEN; HUBER; KAHLERT, 2002). É importante ressaltar que o tempo de exposição a níveis sonoros elevados acarreta maior fragilidade no sistema auditivo do indivíduo exposto, de modo que, o tempo de aulas diárias (hoje superior a cinco horas, em média), somado às horas trabalhadas em atividades extraclasse nas escolas, contribui para o agravamento do problema (MORAES *et al.*, 2013).

A organização EFL (*Educational Facilities Laboratories*) relaciona a aprendizagem com as condições internas, qualidade do ar, temperatura, umidade, ventilação, iluminação e acústica de salas de aula. A sua pesquisa intitulada “*Early Childhood Arts Education Improves Cognitive Development*” (Educação Artística na Primeira Infância Melhora o Desenvolvimento Cognitivo), demonstrou que após 18 meses, recebendo

40 minutos de educação musical instrumental por semana, estudantes alemães do ensino fundamental aprimoraram suas habilidades em Aprendizagem Verbal, Reavaliação Verbal Atrasada e Reconhecimento Verbal em grupos experimentais e de controle (AMERICANS FOR THE ARTS, 2008). A Figura 8 esquematiza os resultados da pesquisa mencionada.

Figura 8 - Estudo realizado pela EFL



Fonte: EFL, 2008, tradução da autora.

Outro estudo da EFL, com crianças canadenses comprovou que depois de apenas 4 semanas de treinamento diário em ritmo, tom, melodia, voz e conceitos musicais básicos, 90% das crianças de quatro a seis anos demonstraram um rápido avanço em processos cognitivos no vocabulário e na comunicação verbal, aprimorando sua capacidade entender palavras e explicar seu significado. Com treinamento regular nas habilidades motoras e auditivas necessárias para tocar um instrumento, os jovens estudantes se beneficiam de uma atenção e memória aprimoradas. Uma pesquisa de Harvard mostra avanços significativos em estudantes com dislexia (AMERICANS FOR THE ARTS, 2008).

Com relação, ao aprendizado em espaços não-formais envolvendo a acústica, fora do ambiente escolar, uma atividade realizada pelo professor Dr. Augusto Fachín-Terán com uma turma do curso de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia evidenciou que a utilização de diferentes espaços educativos potencializa o conhecimento, (LEAL; SOUZA; FACHÍN-TÉRAN, 2014). O local de estudo, o Bosque da Ciência, possui vegetação típica da Floresta Amazônica propiciando diferentes sensações e emoções no contato com a natureza. Uma das atividades do professor consistiu em ouvir cinco sons de pássaros, através de um equipamento sonoro e depois silenciar para ouvir a natureza.

Segundo Oliveira *et al.* (2013), apesar do bosque ser um local de circulação livre, não deixa de possibilitar a construção do conhecimento científico ou escolar.

Consoante, Delizoicov; Lorenzetti (2001), os espaços não formais como: parques, fábricas, museus, zoológico, além dos formais, bibliotecas escolares e públicas, podem ser fontes de promoção da ampliação do conhecimento dos estudantes. As atividades pedagógicas desenvolvidas nestes espaços, tais como aulas práticas, saídas a campo, feiras de ciências, por exemplo, poderão propiciar uma aprendizagem significativa contribuindo para um ganho cognitivo.

Nesse contexto é importante destacar o termo, paisagem sonora (*soundscape*), criado por Raymond Murray Schafer (2001, p. 23): “Paisagem sonora é qualquer campo de estudo acústico. Podemos referir-nos a uma composição musical, a um programa de rádio ou a um ambiente acústico como *paisagens sonoras*.” Assim, pode-se isolar determinada área de estudo e analisar suas características. Muitos trabalhos utilizam a paisagem sonora como recurso didático infantil, promovendo um processo de conscientização e ressignificação do ambiente sonoro com a mudança dos hábitos de ouvir. Presentes nos estudos de: Santos, 2005; Santos, 2006; Catunda; Reigota, 2013; Silva, 2015 e Landgraf, 2017.

O estudo da paisagem sonora é de fundamental importância, pois, segundo Schafer (2001), a paisagem sonora do mundo está mudando. O homem moderno introduziu novos sons na natureza, que diferem em qualidade e intensidade, chegando ao ápice da vulgaridade da paisagem e tendo como consequência a poluição sonora, apontada por diversos estudos como um problema mundial que deve ser controlada.

As condições acústicas do ambiente exterior podem influenciar de forma positiva ou negativa a qualidade sonora em espaços educacionais externos e internos, por exemplo, salas de aulas. Logo, deve-se promover ambientes exteriores com atributos acústicos favoráveis a uma ambiência sonora que proporcione relaxamento, cognição das atividades ao ar livre de ensino e aprendizagem. Deve-se, ainda, atentar para as características físicas e exigências acústicas aceitáveis em diversos tipos de ambientes em uma edificação educacional de modo a promover privacidade/isolamento e condicionamento acústico adequados para realização de suas atividades.

#### 4. PESQUISAS SOBRE ACÚSTICA AMBIENTAL EM CAMPUS UNIVERSITÁRIOS

A exposição a elevados níveis de ruído é hoje um problema generalizado nas zonas urbanas, e até mesmo os espaços localizados em áreas institucionais sofrem com os incômodos gerados pelo ruído. As cidades universitárias, por sua importância no campo do aprendizado, necessitam ser preservadas de todo e qualquer tipo de poluente, porém, em muitos casos as edificações estão sob impacto direto da poluição sonora (MORAES *et al.*, 2013). Limites dos níveis de ruído ambiental em instituições de ensino são estabelecidos por regulamentações internacionais e nacionais.

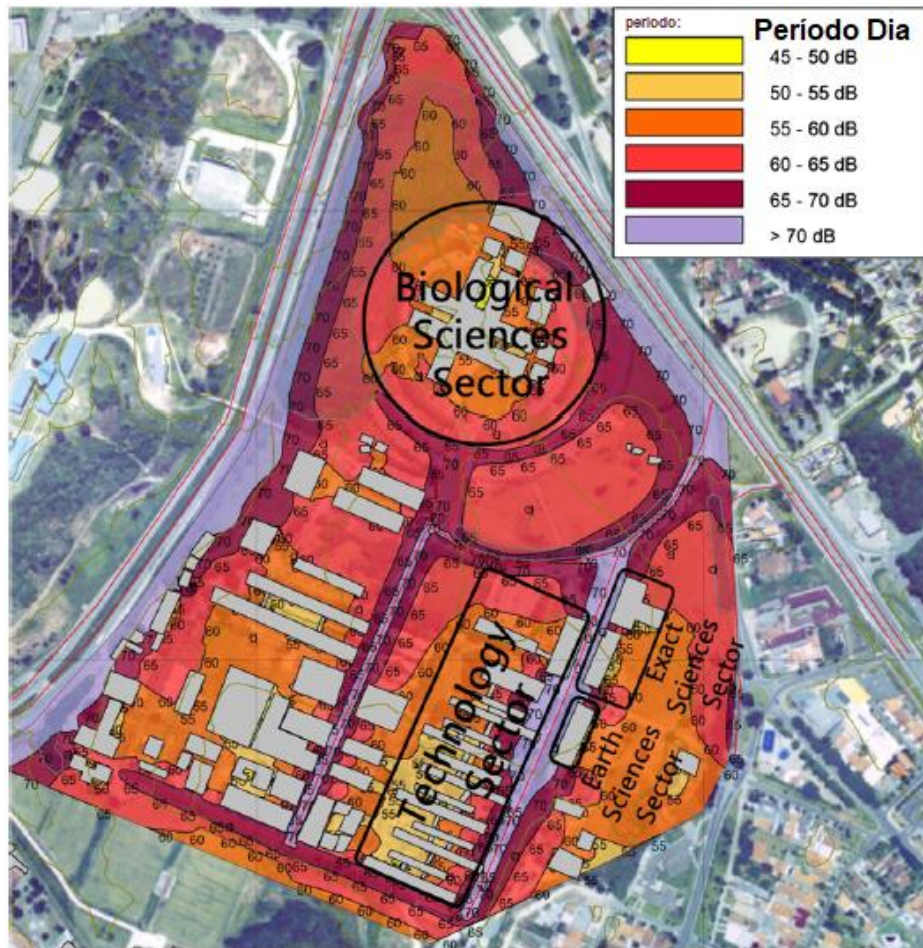
A Organização Mundial da Saúde (BERGLUND; LINDVALL; SCHAWELA, 1999) estabelece que o nível de ruído de fundo dentro das salas de aula não pode exceder 35 dB(A)  $LA_{eq}$ , já para ambientes externos o nível máximo satisfatório é de 55 dB(A)  $LA_{eq}$ . No período noturno o valor máximo deve ser reduzido de 5 a 10 dB(A) comparado ao diurno. Os efeitos críticos do ruído nos usuários são a inteligibilidade da fala, interferência na aprendizagem e na leitura, comunicação e aborrecimento. O nervosismo e a agressividade aumentam e a capacidade de aprendizagem e de concentração é sensivelmente afetada (LACERDA *et al.*, 2005). A norma brasileira NBR 10.151 (ABNT, 2019) estabelece para áreas escolares 50 dB(A)  $LA_{eq}$  no período diurno e 45 dB(A)  $LA_{eq}$  para a noite (ver Tabela 1).

Para uma melhor compreensão da questão do ruído ambiental dentro do contexto universitário foi realizado um levantamento em artigos de revistas científicas, teses e dissertações sobre os temas: Ruído em *Campus* Universitário e Mapeamento Acústico em *Campus* Universitário, no Brasil. As pesquisas encontradas serão evidenciadas a seguir.

- Pesquisa 1: Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Curitiba por Paulo Henrique Trombetta Zannin, Margret Sibylle Engel, Paulo Eduardo Kirrian Fiedler, Fernando Bunn, em 2013.

A pesquisa foi dividida em duas partes: a parte objetiva com medições em campo de nível de pressão de nível sonora equivalente contínuo ( $LA_{eq}$ ), seguida do mapeamento acústico do *campus* com o *software Predictor 7810*; e parte subjetiva com aplicação de questionários sobre a percepção sonora da população. Com relação à malha de cálculo, foi definida uma grade de 5 metros x 5 metros. As medições foram feitas de segunda-feira à sexta-feira, entre as 13:30h e 17:00h. O tempo de medição foi de 3 minutos (Figura 9).

Figura 9 - Mapa acústico do *campus* UFPR e dos quatro setores educacionais avaliados.



Fonte: Adaptado de Zannin; *et al.*, 2013, tradução da autora.

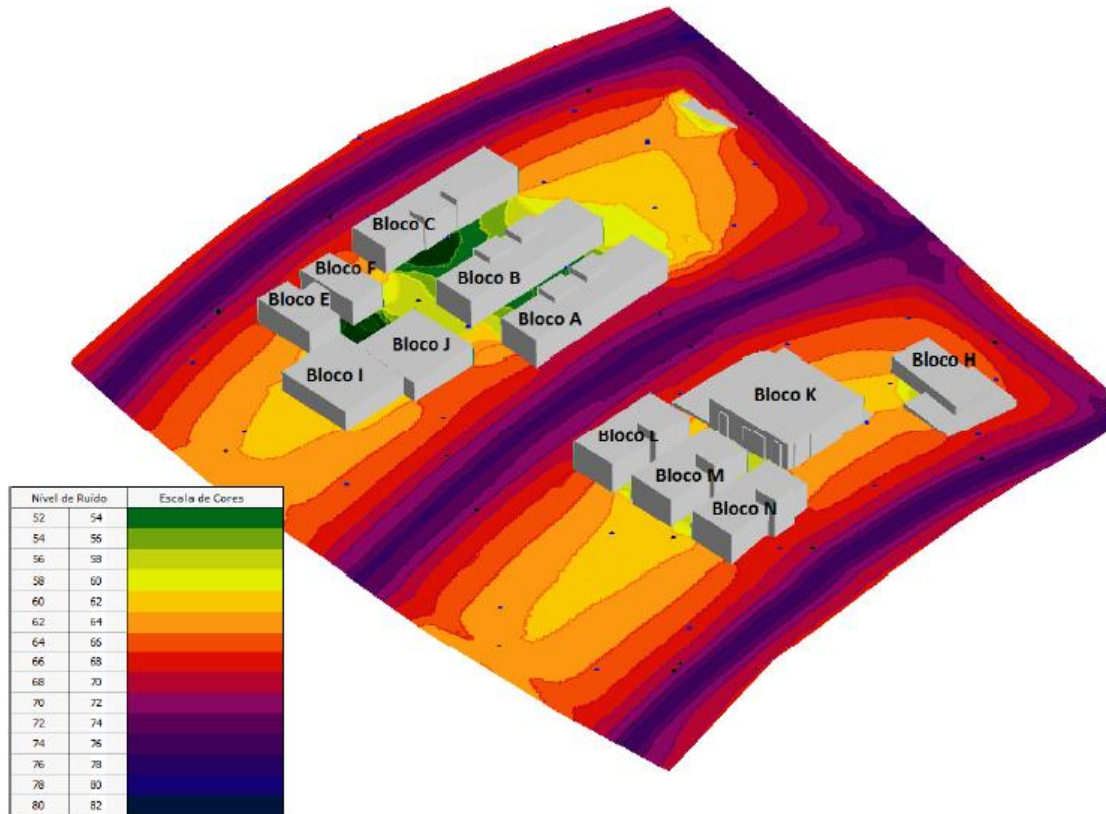
Os resultados mostraram que os prédios de sala de aula localizados próximos à principal via de acesso ao *campus*, estão sujeitos níveis de pressão sonora muito superiores ao limite estabelecido pela OMS ( $LA_{eq} = 55$  dB) (Figura 9). Por outro lado, o Setor de Ciências Biológicas (“*Biological Sciences Sector*”) localizado longe da via principal de acesso ao *campus*, não é afetado pelo ruído gerado ao longo desta via. Neste setor, os níveis de ruído dominantes medidas no entorno do edifício estão entre 55 e 60 dB(A). A análise dos questionários demonstra que os maiores níveis de ruído são percebidos e detectados pela população que usa aquele setor, além dos setores de Tecnologia (“*Technology Sector*”), Ciências da Terra (“*Earth Sciences Sector*”) e Ciências Exatas (“*Exact Sciences Sector*”) do *campus*.

- Pesquisa 2: *Campus* Ecoville da Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR) - Curitiba por Samuel Soares Ansay, em 2013.

Esta pesquisa de mestrado seguiu as seguintes etapas: caracterização da área de estudo; medição dos níveis de ruído e contagem de veículos *in situ*; organização dos dados

coletados; simulação computacional com o programa computacional *Predictor 8.11* da Bruel & Kjaer; predição acústica com a criação de dois cenários futuros e proposição de medidas mitigadoras. A avaliação do impacto ambiental sonoro considerou o ruído gerado pelo tráfego rodoviário no cenário atual e predição acústica com cenário futuro quando o *campus* já estiver plenamente instalado, conforme o Plano Diretor do *Campus Ecoville*. Todas as medições foram realizadas em uma sexta-feira (9/11/2012) das 12:00h às 19:00h (Figura 10).

Figura 10 - Mapa acústico do *campus* UTFPR no cenário atual.



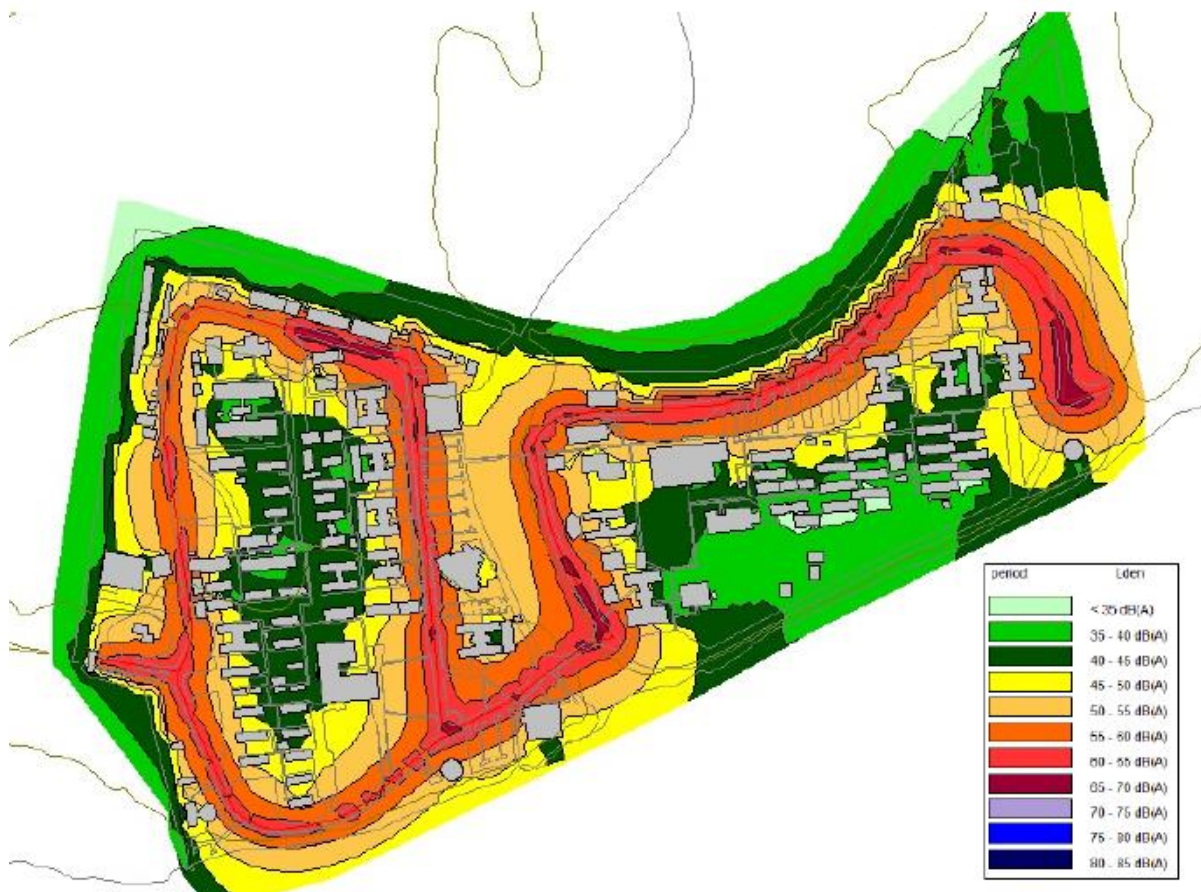
Fonte: Ansay, 2013.

O tempo de medição foi de 15 minutos. O método de cálculo utilizado foi o ISO 9613-1/2 *Road*. O cenário atual foi calculado com uma malha de 1 metro x 1 metro a 4 metros de altura do chão. Através da análise das medições se constatou que 100% dos lugares avaliados não são adequados para o ambiente escolar e que o menor nível de ruído encontrado está 4,0 dB(A) acima do permitido ( $LA_{eq} = 55$  dB) (Figura 10). Porém, por meio da análise do mapa de ruído é possível encontrar a existência de regiões que atendam a esta demanda, no interior de algumas quadras. Nas situações futuras apesar do acréscimo de construções nas quadras ao redor do *campus* não houve grandes mudanças na distribuição do ruído.

- Pesquisa 3: Cidade Universitária José da Silveira Netto da Universidade Federal do Pará (UFPA) - Belém por Elcione Moraes, Gustavo Melo, Denilson Ramos, Mindiyara Uakti, em 2013.

O objetivo deste trabalho foi conhecer com maior grau de detalhes como se distribuem os NPS nas vias de circulação interna dos setores Básico e Profissional da cidade universitária da UFPA, em Belém, expressados por meio de medição em campo. O tempo de medição dos NPS e contagem dos veículos foram de cinco minutos em cada ponto e em dois períodos distintos: das 9:00 h às 12:00 h e das 15:00 h às 17:00 h. A confecção do mapa acústico foi realizada no *software* de predição, *Predictor V. 8*, e o método de cálculo utilizado foi ISO 9613-1/2 (*Road Traffic*). Os níveis de pressão sonora medidos nos setores Básico e Profissional do *campus* mostram, com clareza, que se necessita acelerar as ações para conter o avanço dos níveis sonoros a que está exposta a população usuária, especialmente no período matutino. Os resultados comprovam que os NPS médios ultrapassam os valores recomendados pelas normativas nacionais indicam que o local pesquisado já está no patamar de alerta (Figura 11).

Figura 11 - Mapa acústico do *campus* da UFPA.



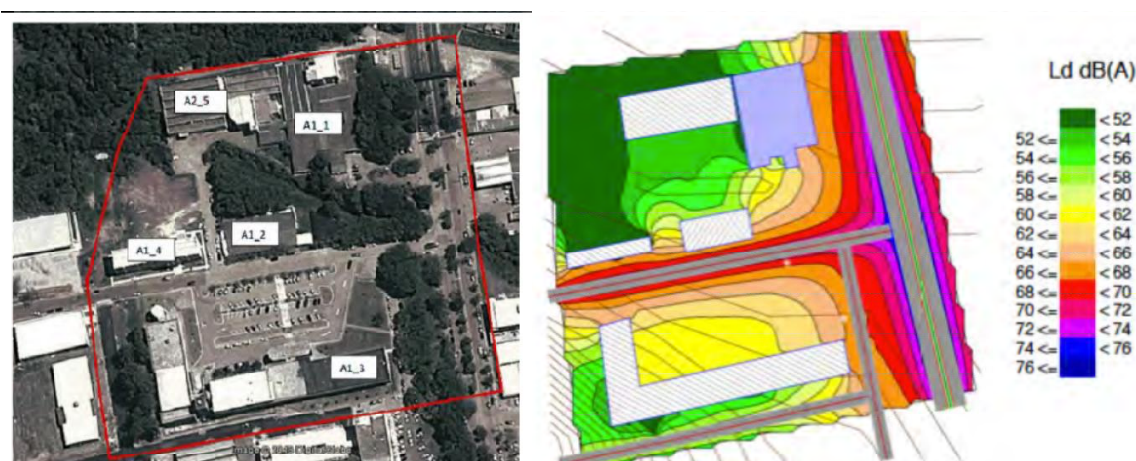
Fonte: Moraes; *et al.*, 2013.

O tempo de exposição a níveis sonoros elevados acarreta maior fragilidade no sistema auditivo do indivíduo exposto, de modo que, o tempo de aulas diárias, somado às horas trabalhadas em atividades extraclasse no *campus*, contribui para o agravamento do problema. Essa sensibilidade poderá aumentar gradativamente caso não haja a adoção de um instrumento eficiente de controle. O instrumento mais norteador para essa intervenção não pode ser outro senão o Plano Diretor do *Campus* da UFPA.

- Pesquisa 4: *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Santa Maria por Olmiro Cezimbra de Souza Neto, Stephan Paul, em 2014.

O presente trabalho realizou o mapeamento acústico do *campus* da UFSM, se concentrando no ruído rodoviário. Para a modelagem utilizou-se o *software SoundPlan* versão 7.1. Os dados necessários para a criação do ambiente virtual, como o terreno digital, e os dados das fontes, do tráfego veicular, foram inseridos para o cálculo. A área total analisada da UFSM foi dividida em 10 áreas menores, assim as construções foram enumeradas e listadas conforme o tipo de construção (prédio, rua ou estacionamento) e a área condizente. Este método facilitou a organização dos dados e o fato das simulações estarem divididas em áreas menores o custo computacional foi menor e assim mais eficiente (Figura 12).

Figura 12 - Mapa de localização e mapa acústico do setor 1 do *campus* da UFSM.



Fonte: Souza Neto; Paul, 2014.

A duração da medição do NPS ponderado em A foi de 10 minutos ( $LA_{eq,10min}$ ) com o tempo e integração *slow* de 1 segundo nos períodos diurnos, registrado a cada uma hora entre às 7:00 h - 19:00 h. Para a simulação do ruído gerado pelo tráfego se utilizou a norma NMPB *Routes* - 2008 e o conjunto de ferramentas recomendado pela comissão europeia (WG-AEN). O mapa acústico criado mostra em parte a situação real da acústica ambiental da UFSM, onde a via principal, a Avenida Roraima, é a fonte de ruído rodoviário

mais influente na acústica ambiental (Figura 12). A falta de um banco de dados com as aeronaves utilizadas pela Base Aérea de Santa Maria impossibilitou a inserção desse tipo de ruído no modelo acústico.

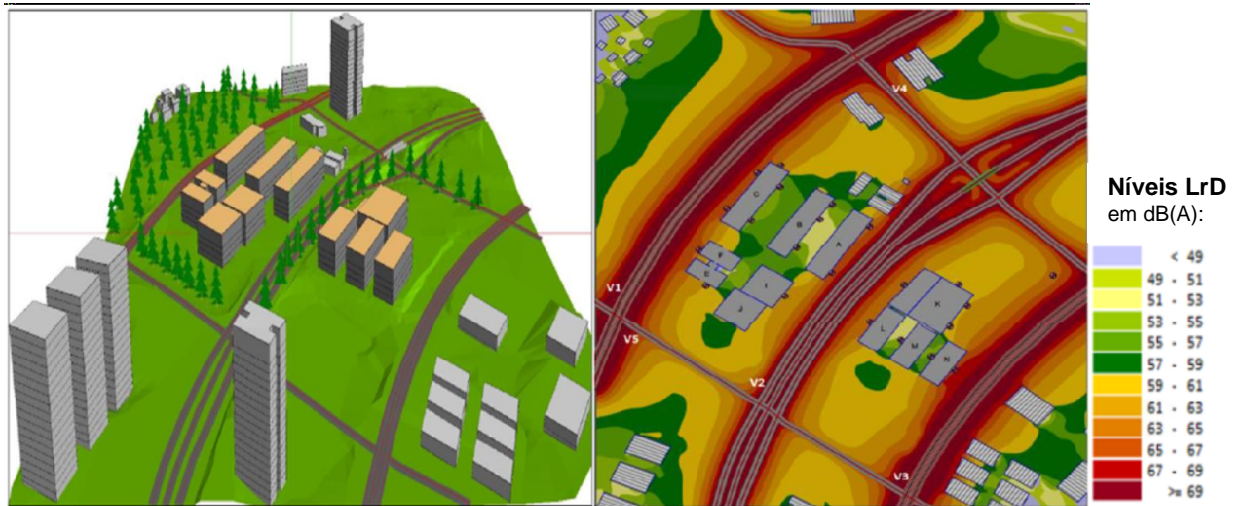
- Pesquisa 5: *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - João Pessoa por André Vieira Sonoda, em 2016.

Realizada como projeto de pesquisa intitulado “Análise dos Índices de Pressão Sonora no *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em 2015”, o autor teve como objetivo de elaborar um mapeamento dos níveis de pressão sonora em ambientes de convivência do *campus*. Visando identificar locais impróprios para convivência humana em função dos riscos à exposição ao ruído. A pesquisa foi desenvolvida entre fevereiro e setembro de 2016. A metodologia foi baseada em medições de níveis de pressão sonora (NPS) com emprego de analisadores de pressão sonora (sonômetros) nos pontos de análise em horários e dias diversos. Após a análise, diversos pontos de medição se mostraram superiores aos ideais segundo parâmetros legais nacionais de conforto sonoro permitido ( $L_{Aeq} = 55$  dB). Os mesmos oferecem riscos à saúde por exposição ao ruído, além de poderem favorecer a redução do desempenho acadêmico e intelectual.

- Pesquisa 6: *Campus Ecoville* da Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR) - Curitiba por Rosemara Santos Deniz Amarilla, Marcio Avelar, Rodrigo Scoczynski Ribeiro, Rodrigo Eduardo Catai, Raylton Pereira Sousa e Adalberto Matoski, em 2018.

Este estudo teve como objetivo mapear e elaborar uma modelagem acústica para avaliação da poluição sonora em torno do *Campus Ecoville*, em Curitiba, Paraná. Para tanto, realizou-se medições de níveis sonoros *in loco* em diferentes pontos, bem como elaboração da modelagem do mapa de ruído no *software SoundPLAN*, a fim de obter os níveis sonoros calculados e representados de forma gráfica. Após a identificação da área de estudo, foi realizado o levantamento topográfico do terreno. Além da coleta dos seguintes dados: dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento), características das vias e fluxo de veículos por hora (de acordo com a norma alemã RLS90 - veículos leves e pesados) e medição do NPS. A coleta de dados ocorreu em abril de 2017 por três dias (terça-feira, quarta-feira e quinta-feira) entre as 8:00 h e 11:30 h. A duração do tempo de cada medição e a contagem volumétrica do fluxo de veículos foram de 15 minutos (Figura 13).

Figura 13 - Modelagem computacional e mapa de ruído, cenário atual, do *Campus Ecoville* (UTFPR).



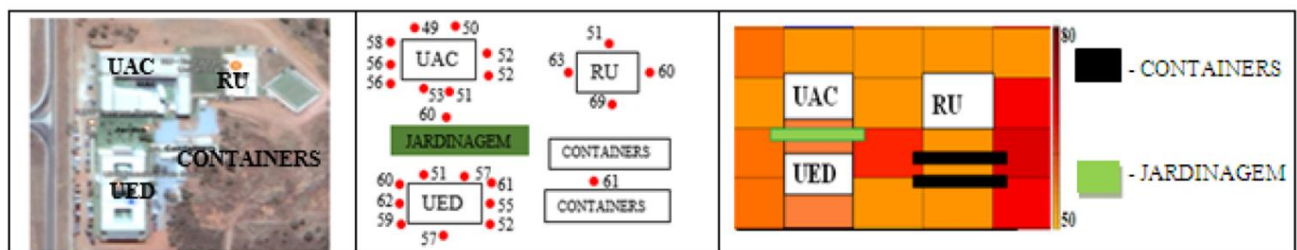
Fonte: Amarilla *et al.*, 2018, tradução da autora.

Na simulação de barreira acústica e na avaliação de atenuação da barreira por meio das fórmulas de Kurze/Anderson e Maekawa. No cenário atual os blocos acadêmicos próximos às vias principais estão expostos a um nível sonoro mais elevado em relação aos blocos acadêmicos mais afastados, pois os blocos frente às vias dificultam a livre propagação sonora, comportando-se como barreiras acústicas (Figura 13). Na predição acústica, a barreira acústica de concreto com 3,0 metros de altura pode ser considerada eficiente nos dois primeiros pavimentos (térreo e 1º andar), e nos demais pavimentos (2º e 3º andar) o nível sonoro tem uma tendência à diminuição.

- Pesquisa 7: *Campus Gama* da Universidade de Brasília (UnB) - Brasília por Ângela Luiza Oliveira, Maria Alzira de Araújo Nunes, em 2018.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do ruído de tráfego veicular em torno do *Campus Gama* (UnB) utilizando-se de metodologia analítica e experimental. Foram adotados modelos matemáticos preditivos capazes de fornecer uma estimativa do ruído de tráfego partindo de parâmetros estatísticos e geográficos. Foram adotados os modelos de Bolt *et al.* (1952), Johnson *et al.* (1968) e Galloway *et al.* (1969).

Figura 14 - Vista superior do *Campus Gama*, nível de pressão sonora as 14:00h, mapa de ruído.



Fonte: Oliveira; Nunes, 2018.

Em seguida, foram realizadas medições de campo em pontos pré-definidos na região de estudo compreendendo o entorno do *Campus*. Nos horários: 8:00 h, 10:00 h, 14:00 h e 16:00 h. O *software* utilizado para aplicação do cálculo matemático foi o *Matlab*. Os resultados obtidos com as medições pontuais constataram que os níveis de pressão sonora no *campus* estão acima dos limites estabelecidos pela NBR 10151 e consequentemente pela legislação vigente do DF (Lei nº 4.092, de 30 de janeiro de 2008), (LAeq = 55 dB) (Figura 14).

Algumas informações, dos trabalhos apresentados, consideradas relevantes para esta pesquisa foram sintetizadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela-síntese das pesquisas evidenciadas.

<i>Campus</i>	Análise do ruído		Tempo de medição	Programa computacional	Método de cálculo
	Objetiva	Subjetiva			
Pesquisa 1	Medição em campo; mapa acústico	Questionário	3 min	<i>Predictor 7810</i>	Não informado
Pesquisa 2	Medição em campo; mapa acústico; predição acústica	x	15 min	<i>Predictor 8.11</i>	ISO 9613-1/2 Road
Pesquisa 3	Medição em campo; mapa acústico	x	5 min	<i>Predictor V. 8</i>	ISO 9613-1/2 Road
Pesquisa 4	Medição em campo; mapa acústico	x	10 min	<i>SoundPlan V. 7.1.</i>	NMPB Routes - 2008
Pesquisa 5	Medição em campo	x	Não informado	x	x
Pesquisa 6	Medição em campo; mapa acústico; predição acústica	x	15 min	<i>SoundPlan</i>	RLS90
Pesquisa 7	Medição em campo; mapa acústico	x	Não informado	<i>Matlab</i> <sup>2</sup>	Não informado

<sup>2</sup> O *Matlab* é um programa que realiza cálculos numéricos para análise de dados, desenvolve algoritmos e pode criar modelos para o usuário (OPENCADD, 2019). Não é um software de simulação acústica.

## 5. MÉTODO DA PESQUISA

A fim de alcançar o objetivo principal desta pesquisa, isto é, avaliar a acústica ambiental do *campus* “Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos” da UFS, foram utilizadas duas abordagens: avaliação objetiva e avaliação subjetiva. Para compreender o ambiente e suas condições sonoras existentes, realizou-se inicialmente uma pesquisa de campo de forma exploratória.

Primeiramente realizou-se a revisão bibliográfica acerca das variáveis envolvidas como ruído urbano, a poluição sonora, propagação sonora ao ar livre, efeitos nocivos no homem e paisagem sonora. A análise dos fundamentos levantados a partir de títulos de referência, teses, dissertações e artigos reforçaram o embasamento teórico sobre poluição sonora e acústica ambiental.

Na segunda etapa, ocorreu a definição do objeto de estudo com a caracterização da Universidade Federal de Sergipe, considerando a sua importância para o Estado de Sergipe e sua atual implantação, além de visitas exploratórias ao local para a escolha da subárea de análise. Por meio das visitas pôde-se compreender o espaço físico e as atividades realizadas no interior do *campus* de São Cristóvão, UFS. Assim como, a observação das fontes de ruídos mais evidentes. A visita exploratória faz parte do conceito de Observação Incorporada (Rheingantz *et al.*, 2009) e se baseia na essência entre a interação observador/ambiente e sua respectiva resultante.

Ocorreu, também, levantamento de dados e informações com a Divisão de Projetos (DIPRO) da Prefeitura do *Campus* São Cristóvão a respeito da topografia, gabarito, uso do solo e áreas verdes, da UFS, necessárias para a simulação computacional. A caracterização física do entorno e das edificações adjacentes também foram obtidas, como o tipo de pavimentação e largura das vias externas e calçadas, através de levantamento cadastral e fotográfico. Para a verificação e definição do gabarito do entorno foi utilizado o *Google Maps Street View*.

As etapas de avaliação objetiva, envolvendo medições do nível de pressão sonora *in loco* e confecção do mapa acústico em *software* computacional; e, subjetiva, a qual examina a percepção sonora de usuários do *campus* por meio de questionários serão detalhadas nos seus respectivos subtópicos.

Segundo Gil (2002), esta pesquisa caracteriza-se, não só, como exploratória por explicitar um problema existente através de levantamento bibliográfico, análise de exemplos existentes e medição dos níveis sonoros *in loco*. Mas também, como pesquisa

explicativa, pois busca identificar os fatores que contribuem para ocorrência do fenômeno estudado.

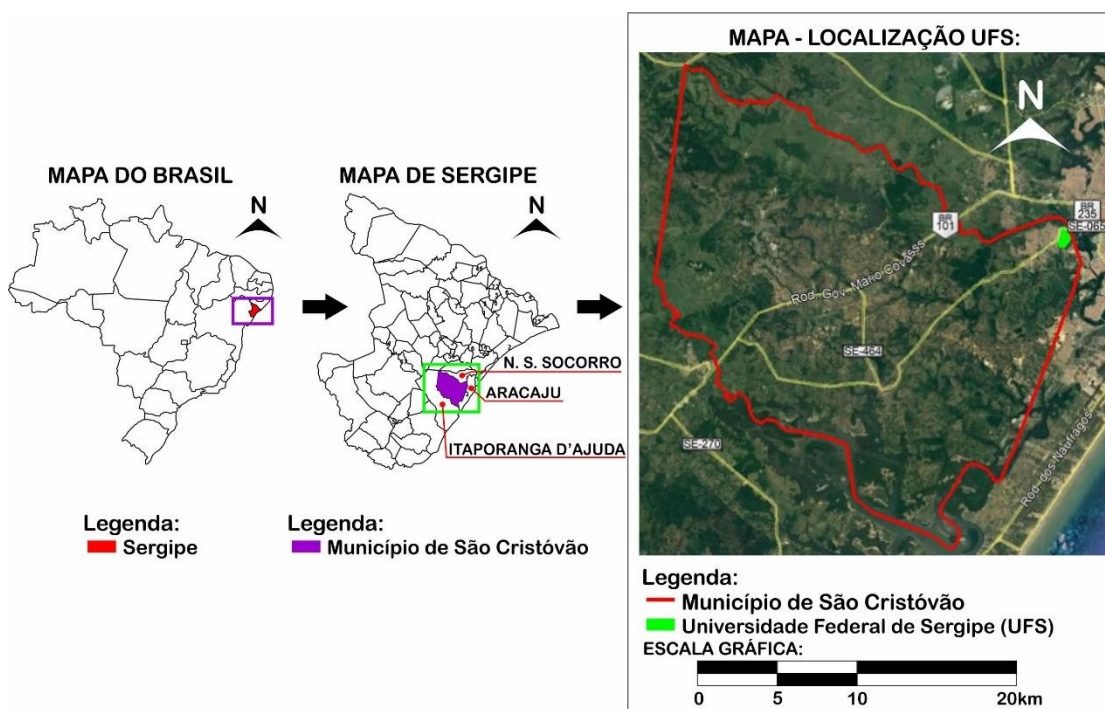
### 5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A “Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos”, compõe um dos seis *campi* da Universidade Federal de Sergipe (UFS), o qual constitui o pioneirismo da formação de uma instituição pública federal de nível superior, do Estado de Sergipe. Fundada em 1968, pelo Decreto-lei nº 269, a UFS nasceu sobre o regime militar, sua instalação se deu por meio da reunião de quatro faculdades isoladas e dois institutos de pesquisa, atingindo o número exigido para a implantação da academia na Reforma Universitária (SOUZA, 2011). As faculdades precursoras foram: Ciências Econômicas (1948), Direito e Filosofia - FAFI (1950) e de Ciências Médicas (1961); seguida dos institutos de pesquisa como a Escola de Química (1948) e a de Serviço Social (1954).

A origem de um sistema federal de educação superior pode ser observada nas primeiras manifestações políticas da ordem republicana no final do século 19. Sua intenção era a de estabelecer e difundir um modelo institucional-acadêmico a partir de congregações de faculdades com existência de uma única reitoria (BRETAS; OLIVEIRA, 2014). A Reforma Universitária regulamentada pelos Decretos-Lei nº 53/66 e o nº 252/67, publicados em 1966 e 1967, respectivamente, estabelecia a unidade entre ensino e pesquisa e sujeitavam à concentração do ensino e da pesquisa básicos, de maneira a formarem um sistema comum a toda a universidade (SOUZA, 2011).

No final da década de 60, foi implantada a Universidade Federal de Sergipe. Ela incorporou os bens móveis e imóveis das Faculdades isoladas, além de incorporar também, o corpo discente, docente e os técnicos-administrativos. Havendo uma contradição à orientação integrativa da Reforma Universitária, Lei nº 5.540/68. A qual tinha por matriz a ideia central de reunir em um mesmo local as diversas unidades universitárias, que se materializaria em um campus universitário (ARAÚJO, s/n).

Figura 15 - Localização Geral



Fonte: Google Earth, 2019, destaques da autora.

A década de 1980 marca o início da transferência gradativa da universidade para suas novas instalações no *campus* universitário, na cidade de São Cristóvão (Grande Aracaju). Em 1987, em observância à Resolução 01/87 do Conselho Universitário (CONSU), o *campus* passou a ser denominado “Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos”. A Cidade Universitária foi inaugurada em 01 de agosto de 1980. Localizada a 7,3 km a oeste do centro de Aracaju, numa área de 153 hectares, limitada ao norte e ao leste pelo Rio Poxim, denominada Jardim Rosa Elze (SOUZA, 2011) (Figura 15).

Atualmente, a UFS possui, além do *campus* localizado em São Cristóvão, os seguintes *campi*: Aracaju (*Campus* da Saúde Prof. João Cardoso do Nascimento Júnior), Itabaiana (*Campus* Prof. Alberto Carvalho, instalado em 14 de agosto de 2006), Laranjeiras (instalado em 28 de março de 2007) e Lagarto (instalado em 14 de março de 2011). Possui quatorze polos de Educação à Distância nos municípios de Arauá, Brejo Grande, Estância, Japarutuba, Laranjeiras, Lagarto, Poço Verde, Porto da Folha, São Domingos, Carira, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora da Glória, Propriá e São Cristóvão. Além, do ensino de pós-Graduação *lato-sensu* e *stricto-sensu* presenciais e educação básica, ensinos fundamental e médio, através do Colégio de Aplicação (CODAP) (UFS, 2020).

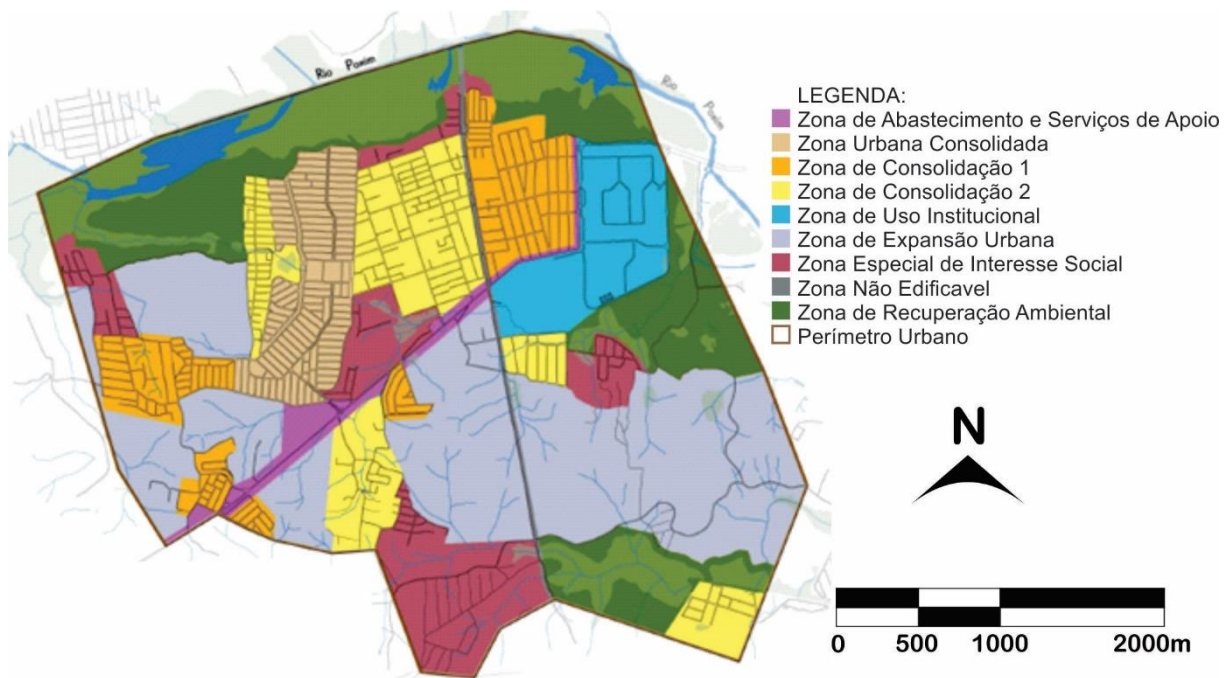
O plano urbanístico adotado pelo arquiteto José Wellington Costa para a cidade universitária seguia a política adotada pelo Ministério da Educação (MEC), na década de 70. Na qual, agrupava áreas administrativas e acadêmicas representadas no estilo, forma,

distribuição, ordenação dos espaços, sintonizadas com a reforma do ensino superior. Pensando nisto, o arquiteto adotou o estilo brutalista, caracterizado pelo uso do concreto e do tijolo aparentes, mesclados com painéis de vidro e alumínio, refletindo também na localização e distribuição das edificações. A exemplo da Reitoria, Biblioteca Central, Restaurante Universitário, Didáticas e na Administração Departamental do CCSA, CECH, CCET e CCBS, Setor Esportivo, Colégio de Aplicação e Prefeitura.

Segundo o Plano Diretor do município (Lei nº 044/2009), artigo nº 39, a UFS está compreendida na Macrozona Urbana 2 (MU 2) - Grande Rosa Elze (Figura 16), onde são permitidos:

- I - habitações;
- II - comércio e serviços;
- III - instalações industriais de pequeno e médio porte, silos e armazéns;
- IV - equipamentos destinados aos serviços públicos urbanos e comunitários de administração, saúde, educação, cultura, comunicação, esporte e lazer, transporte, saneamento e energia;
- V - equipamentos destinados a atividades de preservação ambiental ou à realização de projetos científicos, viveiros e de educação ambiental. (SÃO CRISTÓVÃO, 2009, p. 18)

Figura 16 - Mapa de Zoneamento da Macrozona Urbana 2 (MU 2) - SC.



Fonte: Prefeitura Municipal de São Cristóvão, 2009.

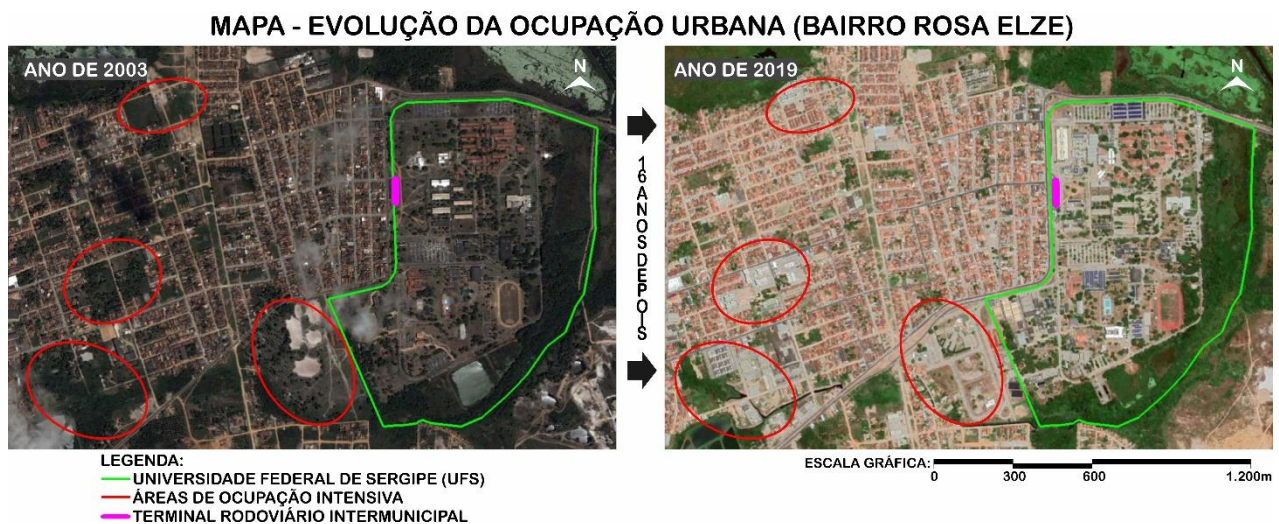
No entanto, o Capítulo II do plano diretor traz a divisão desta macrozona em zonas específicas de uso e ocupação do solo. A UFS é definida pela Zona de Uso Institucional (ZUI), a qual se destina à manutenção das edificações e atividades acadêmicas. A densidade

residencial bruta máxima é igual a 20 hab/ha. Cabendo ao Poder Público Municipal articular parceria junto à Universidade Federal de Sergipe para definição de diretrizes de uso e ocupação do solo e elaboração de um Plano Diretor para o *campus* de São Cristóvão (Arts. 83, 84 e 85) (SÃO CRISTÓVÃO, 2009).

Instalada em São Cristóvão, primeira capital do Estado de Sergipe e terceira mais antiga cidade do Brasil, localizada em região de conurbação, com a atual capital do estado, Aracaju. A cidade de São Cristóvão faz parte da Região Metropolitana de Aracaju, criada pela Lei Complementar Estadual nº 25 (29/12/1995), juntamente com municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros e Nossa Senhora do Socorro, tendo como sede a capital (IBGE).

Conforme, Menezes (2011), a implantação da UFS no Rosa Elze intensificou a construção de loteamentos e conjuntos habitacionais nas áreas limítrofes com a capital, gerando uma transformação do espaço urbano de São Cristóvão. O que se perpetua e pode ser observado no século XXI (Figura 17). O entorno do *campus* se caracteriza principalmente pelos usos do solo residencial e comercial/serviço de pequeno porte, como resultado da dinâmica da universidade com o bairro, no qual o comércio local busca atender as demandas de consumo dos usuários do *campus*. Inclusive, oeste ao *campus* há um terminal de integração intermunicipal de transporte coletivo.

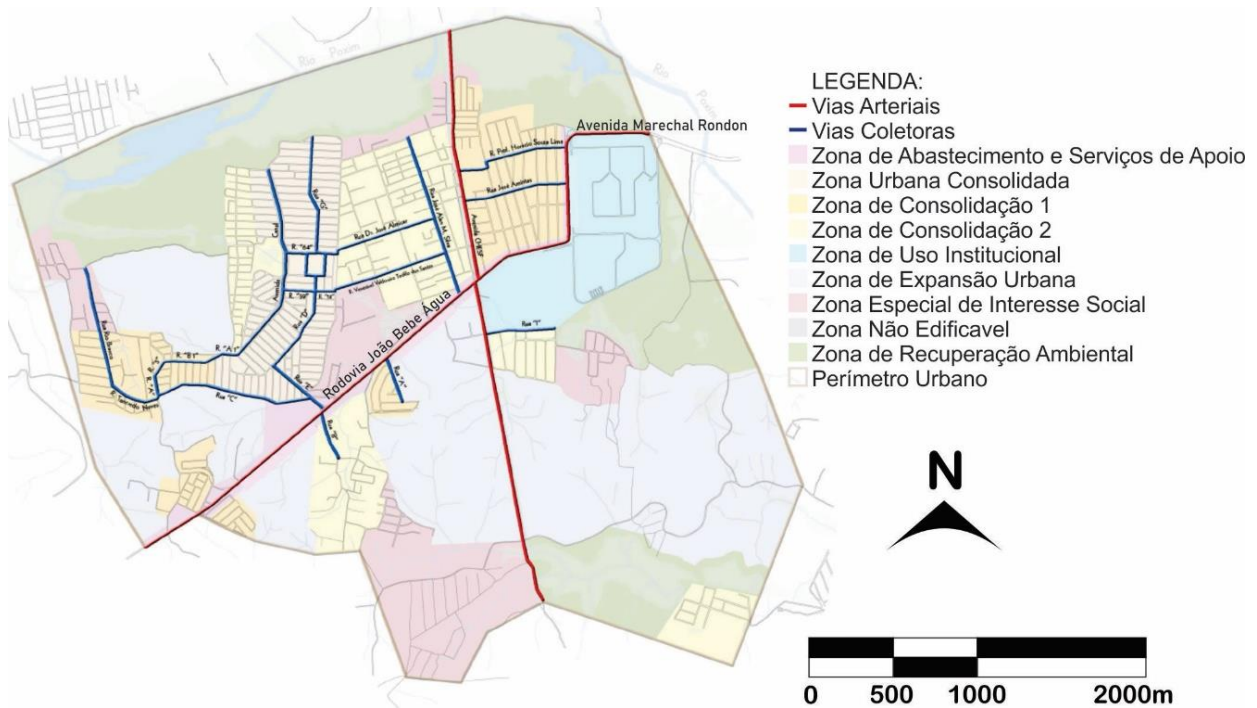
Figura 17 - Crescimento da ocupação urbana no entorno da UFS, entre 2003 e 2019.



Fonte: Google Earth, 2019, destaques da autora.

A UFS é margeada ao norte pela Avenida Marechal Cândido Rondon e a oeste pela Rodovia Estadual SE-004, mais conhecida como Rod. João Bebe Água. As quais se classificam como vias arteriais, que promovem o acesso e integração entre as macrozonas urbanas e destas com a rodovia federal BR-101, essenciais para o transporte de cargas e pessoas (SÃO CRISTÓVÃO, 2009) (Figura 18).

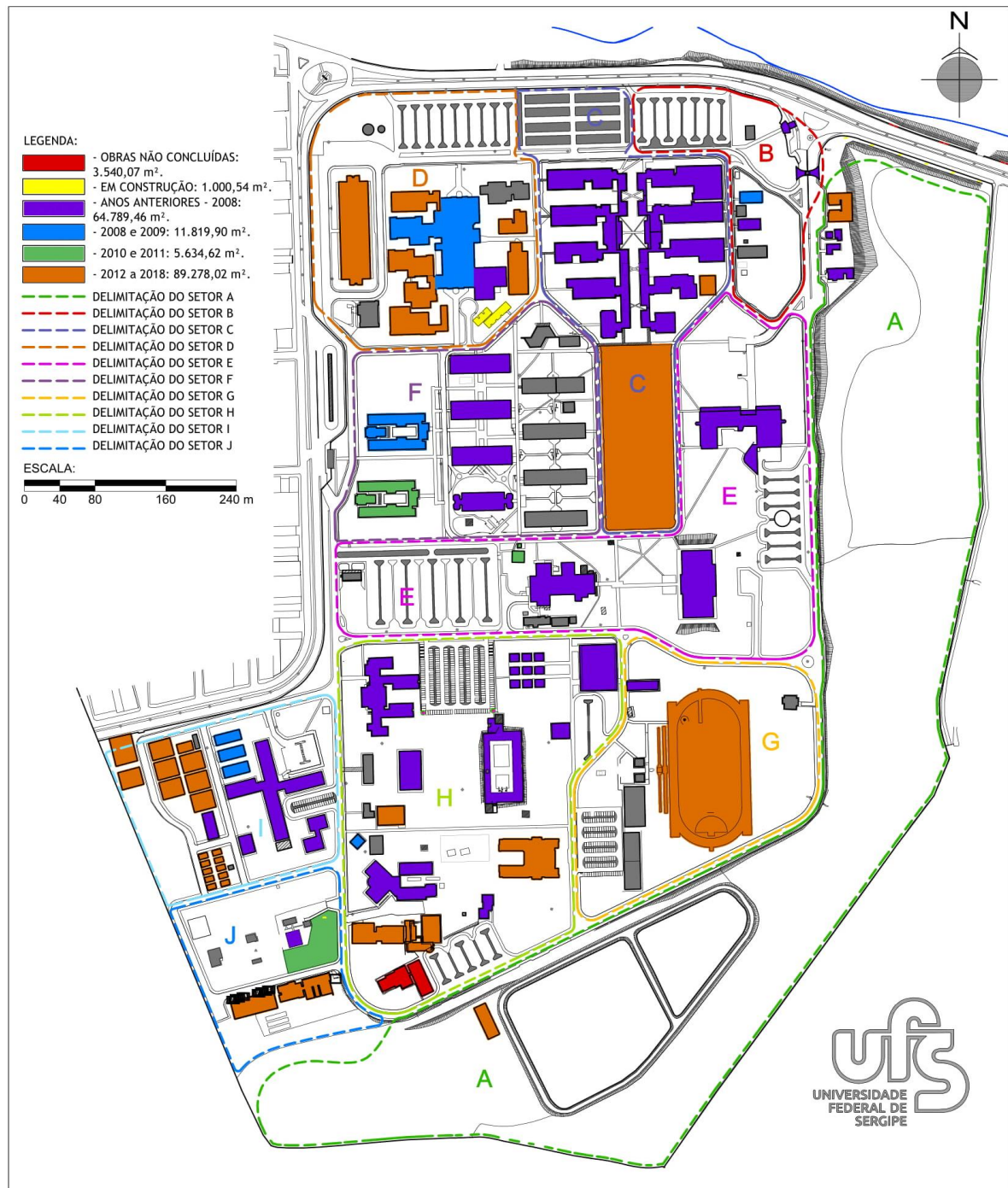
Figura 18 - Mapa do Sistema Viário da Macrozona Urbana 2 (MU 2) - SC.



Fonte: Prefeitura Municipal de São Cristóvão, 2009, adaptação da autora.

A universidade engloba em seu território áreas de preservação ambiental com vegetação de mata atlântica, a leste e sul. Até o momento esta instituição de ensino possui 99 edificações, considerando todos os departamentos, didáticas, laboratórios, ilhas comerciais; e obras de infraestrutura como almoxarifado, garagem, subestação de energia, entre outros. Dividida em 10 setores, agrupadas conforme a divisão de suas quadras e proximidade. O maior setor é o H localizado mais ao sul do seu território com 34.221,10 m<sup>2</sup> de área construída, e o menor setor é o J com 4.137,80 m<sup>2</sup> construídos locado a sudoeste do *campus* (Figura 19).

Figura 19 - Edificações UFS - Campus São Cristóvão.

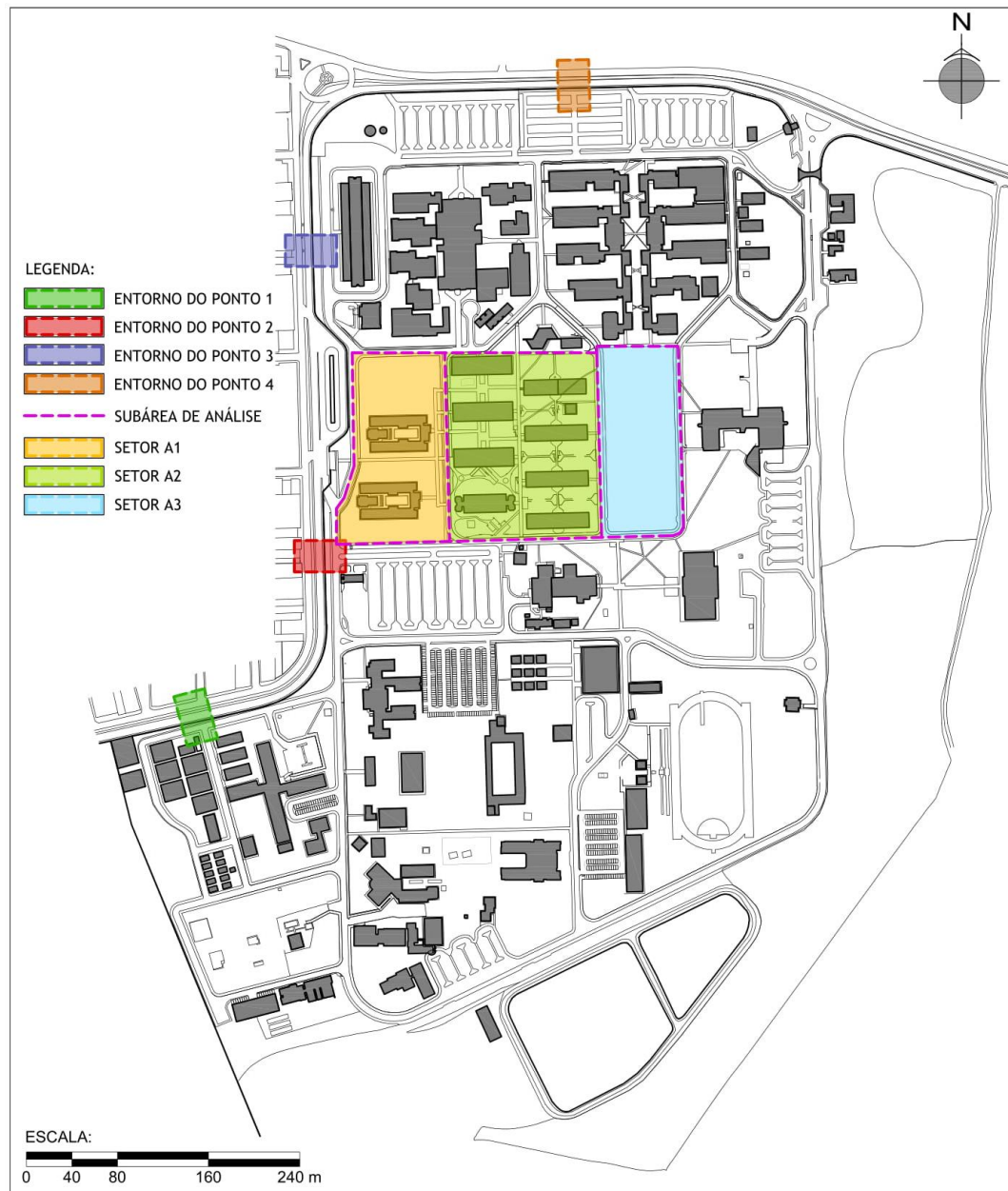


Fonte: Divisão de Projetos (DIPRO) - UFS, 2019, adaptação da autora.

Uma subárea da UFS foi selecionada para a análise acústica do ambiente sonoro. Esta engloba uma das entradas principais da universidade, a qual possui fluxo constante de usuários, pois se localiza próximo ao Terminal Rodoviário Intermunicipal, a oeste da instituição. Além disso, as didáticas nesta região possuem locais de convivência no seu entorno e, por último, abrangeu-se a única praça do *campus*, a Praça da Democracia, situada na região central da universidade, a qual passou por revitalização, em 2017, e constitui um

dos principais locais de apropriação e sociabilidade pelos estudantes e funcionários. Os locais de medição para caracterização das fontes sonoras pontuais, linear áreas de convivência e de passagem estão localizados abaixo (Figura 20). A subárea de estudo foi dividida em três setores (A1, A2 e A3), levando em consideração sua descrição física, a qual será apresentada nos resultados.

Figura 20 - Localização das Áreas de Análise



Fonte: Divisão de Projetos (DIPRO) - UFS, 2019, adaptação da autora.

## 5.2. AVALIAÇÃO ACÚSTICA

### 5.2.1. PARTE OBJETIVA – ANÁLISE ATRAVÉS DE MEDIÇÕES E SIMULAÇÕES ACÚSTICAS

Para desenvolver a avaliação objetiva desta pesquisa foram realizadas medições dos níveis de pressão sonora em áreas internas e externas (entorno próximo) do *Campus* de São Cristóvão da UFS, além de mapeamento acústico desenvolvido a partir do software de simulação computacional - *iNoise* (versão *free*). Estas etapas serão descritas a seguir.

#### Medição do nível de pressão sonora:

As medições de níveis de pressão sonora foram realizadas com a finalidade de caracterizar acusticamente as principais fontes de ruído identificadas (fontes lineares e pontuais) que foram consideradas neste estudo, bem como, para validar/calibrar o modelo acústico desenvolvido. Destaca-se que a fonte linear considerada neste trabalho foi o tráfego veicular nas vias limítrofes ao Campus de São Cristóvão da UFS, Av. Marechal Cândido Rondon e Rod. João Bebe Água. Já as fontes pontuais, foram consideradas os principais compressores de ar-condicionado e pontos de conversação de pessoas localizados nas áreas selecionadas para realização deste estudo.

Para as medições de caracterização acústica da fonte linear de ruído de tráfego das vias mencionadas foram definidos quatro pontos de medição ao longo das mesmas, localizados na calçada mais próxima à Universidade, tendo-se o cuidado de estarem longe de cruzamentos e de pontos de parada de ônibus (Figura 24).

Tem-se utilizado, normalmente, no caso do mapeamento do ruído ambiental, malhas de amostragem regulares, com seus pontos distribuídos homogeneamente pelo espaço. Nesta pesquisa, a quantidade e os pontos de medição para caracterização acústica das fontes pontuais nas áreas internas ao campus foram definidas com a identificação dos compressores de ar condicionado e conversas de pessoas com maior influência acústica em locais de circulação e permanência constante de usuários, percebidos através de visitas exploratórias com registros fotográficos.

Realizou-se, portanto, um total de 105 (cento e cinco) medições acústicas em 46 (quarenta e seis) pontos para caracterização de fontes de ruído e validação do modelo acústico, contribuindo ainda para o conhecimento dos níveis de pressão sonora da situação atual da acústica ambiental do Campus de São Cristóvão (SE) nas áreas definidas para esse estudo. Destes pontos de medição, 15 (quinze) estão localizados em espaços de convivência da UFS, sendo 9 (nove) entre as didáticas e 6 (seis) na Praça da Democracia. (Figura 24). Cabe mencionar que, nos locais de convivência entre didáticas, foi realizada 01 (um)

medição acústica no ponto central, no qual em seu entorno se encontrava o mobiliário fixo de concreto (mesas e bancos), havendo em alguns pontos estudantes conversando.

Cuidou-se para que os horários de medição acústica fossem entre picos de fluxo de pessoas e veículos, para melhor caracterizar as situações mais típicas de uso ao longo do dia. Assim, foram determinados os horários das 9:00h às 11:00h e das 14:00h às 16:00h. Em dias típicos de semana (terças, quartas e quintas-feiras) evitando dias com dinâmicas atípicas de circulação de pessoas e veículos como segundas-feiras, sextas-feiras e finais de semana. As medições externas, na calçada da UFS, para caracterizar o ruído de tráfego, foram realizadas nos dias 21/11/2019, no turno matutino, e em 26/11/2019, no turno vespertino. As medições internas ao campus para validação do ruído de tráfego no mapa acústico confeccionado no *iNoise* (V. 2020), ocorreram em 28/11/2019 (período matutino e vespertino). Nas datas 10/12/2019 e 27/02/2020 (período matutino e vespertino), foram coletados os níveis de pressão sonora das áreas de convivência, locais de passagem e das fontes pontuais nos setores selecionados.

Ressalta-se que durante o processo de verificação e comparação das medições acústicas realizadas internamente ao Campus com os valores obtidos nas simulações computacionais, 5 (cinco) medições tiveram valores discrepantes aos simulados. Dessas 5 (cinco) medições acústicas, 4 (quatro) medições foram feitas em locais de convivência entre didáticas e 1 (uma) medição a 15 metros de um grupo de compressores de ar condicionado localizados na fachada sul da Didática I. (Figura 23 e Figura 24). Sendo assim, optou-se em refazer tais medições acústicas no dia 27/02/2020 (período matutino e vespertino), para uma nova verificação do modelo acústico.

Para a realização das medições acústicas, utilizou-se um medidor de nível de pressão sonora da marca Homis, modelo 248, com microfone protegido por protetor de vento e o calibrador CAL-3000, ambos classificados como tipo 2 de precisão<sup>3</sup>. O aparelho foi calibrado no início do período de aquisição dos dados, sendo que ao término das medições o calibrador foi novamente acoplado ao equipamento para verificar sua precisão. Estes equipamentos foram cedidos pelo Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon), do Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU/UFS), sediado no *Campus* de Laranjeiras (CAMPUSLAR).

As medições foram realizadas de acordo com as recomendações da NBR 10.151 (ABNT, 2019) o equipamento foi posicionado 1,50 metros acima do solo (Figura 21) e

---

<sup>3</sup> As imagens do sonômetro e calibrador utilizados estão no Anexo A.

afastado, no mínimo, 2,00 metros de fachadas, muros ou outras superfícies refletoras (Figura 22). O sonômetro foi ajustado para registrar a energia sonora por frequência obtida com filtro de 1/3 de oitava, normalmente utilizados quando se deseja espectros sonoros mais detalhados. O equipamento registra uma medida instantânea por segundo, que dão origem ao  $LA_{eq}$  (nível de pressão sonora equivalente) na curva de ponderação (A), em resposta rápida (*fast*). Sendo que estes são calculados diretamente pelo equipamento de medição utilizado. Além das medições para caracterização acústica das fontes sonoras, também foram realizadas medições em pontos mais afastados (distâncias variadas) para efeito de calibração/validação do modelo acústico desenvolvido no software *iNoise* (V. 2020), conforme mencionado anteriormente.

Figura 21 - Medição para caracterização acústica da fonte de ruído de tráfego - Rod. João Bebe Água (Ponto 2). Destaque para a posição do sonômetro ( $h=1,50m$ ).



Figura 22 - Medição para caracterização acústica de fonte pontual (grupo de compressores de ar condicionado). Destaque para a posição do sonômetro a 2,00m de superfície vertical).



Segundo a NBR 10.151 (ABNT, 2019), o tempo de medição deve ser suficiente para permitir a caracterização do ruído em estudo. A escolha do tempo de amostragem foi baseada em estudos sobre mapeamento de ruído encontrados na literatura com tempos de medição de 0,5 a 15 minutos. Dentre os autores estão: Nagem (2004); Guedes (2005); Souza (2010); Zannin; *et al.* (2013); Pinto (2013); Ansay (2013).

A fim de caracterizar a fonte sonora linear, ou seja, o tráfego de veículos nas vias consideradas, em cada ponto de medição houve 3 registros de níveis sonoros equivalente-contínuo na escala de ponderação A ( $LA_{eq}$ ), em cada turno (matutino e vespertino). Totalizando 24 medições externas com o tempo de medição de 5 min. As medições internas para validar esta fonte no modelo computacional tiveram o mesmo tempo de amostragem (5 min), porém somente foi realizada 1 (uma) medição, por turno, à 10

metros e à 20 metros do muro da universidade, em ponto alinhado em relação a cada um dos 4 (quatro) pontos de medições acústicas externas ao Campus (Tabela 3).

Figura 23 - Medição para validação acústica do grupo de compressores de ar-condicionado localizado na fachada sul da Didática I.



Para as medições acústicas da fonte sonora pontual, compressores de ar condicionado, foi determinado 1 min de registro, como os equipamentos de ar condicionado apresentam emissão sonora constante, esta foi catalogada apenas no turno matutino. A caracterização da fonte sonora pontual, conversação de usuários, nas áreas de convivência e na praça também teve o registro de 1 min de medição, porém em ambos turnos.

Assim como ocorreu em locais de passagem entre blocos de didáticas.

Portanto, considerando todas as medições em todos os turnos e horários, foram realizadas 105 medições, contabilizando um total de 264 minutos analisados. A Tabela 3 mostra a localização dos 46 pontos de medição, juntamente com a data e horários da coleta de dados. Além da finalidade da medição acústica e tempo da amostra. Em seguida, na Figura 24, pode-se observar a localização exata destes pontos na foto aérea da UFS (Campus São Cristóvão - SE).

Tabela 3 - Pontos de medição de níveis de pressão sonora

PONTO	DATA	HORÁRIO (h:min)	TEMPO DE MEDIÇÃO	OBJETIVO DA MEDIÇÃO
P1	21/11/2019	09:04	5 min (Total: 15 min)	Caracterização acústica (Fonte linear/Fluxo veicular)
		09:13		
		09:20		
	26/11/2019	14:49	5 min (Total: 15 min)	
		14:54		
		15:01		
P2	21/11/2019	09:40	5 min (Total: 15 min)	
		09:47		
		09:52		
	26/11/2019	15:12	5 min (Total: 15 min)	
		15:18		
		15:24		
P3	21/11/2019	10:11	5 min	

*Continua*

## Continuação

		10:17	(Total: 15 min)	
		10:22		
	26/11/2019	15:36	5 min (Total: 15 min)	
		15:42		
		15:49		
P4	21/11/2019	10:37	5 min (Total: 15 min)	
		10:43		
		10:49		
	26/11/2019	16:02	5 min (Total: 15 min)	
		16:08		
		16:14		
P1I10	28/11/2019	09:49	5 min (Total: 10 min)	Validação do modelo acústico
		14:12		
P1I20		10:01	5 min (Total: 10 min)	
		14:19		
P2I10	28/11/2019	10:14	5 min (Total: 10 min)	
		14:35		
P2I20		10:22	5 min (Total: 10 min)	
		14:41		
P3I10	28/11/2019	10:35	5 min (Total: 10 min)	
		14:54		
P3I20		10:51	5 min (Total: 10 min)	
		15:00		
P4I10	28/11/2019	11:09	5 min (Total: 10 min)	
		15:15		
P4I20		11:15	5 min (Total: 10 min)	
		15:20		
F1	10/12/2019	09:45	1 min	Caracterização acústica (Fonte Pontual/Compressor de ar condicionado)
F2	10/12/2019	09:50	1 min	
F3	10/12/2019	09:55	1 min	
F4	10/12/2019	09:59	1 min	
F5	10/12/2019	10:01	1 min	
F6	10/12/2019	10:04	1 min	
F7	10/12/2019	10:13	1 min	
F8	10/12/2019	10:15	1 min	
F9	10/12/2019	10:17	1 min	
PC1	10/12/2019	10:22	1 min (Total: 2 min)	Validação do modelo acústico
		14:26		
PC2	10/12/2019	10:26	1 min (Total: 2 min)	
		14:29		
PC3	10/12/2019	10:28	1 min (Total: 2 min)	
		14:34		

Continua

## Continuação

	27/02/2020	09:42 14:04	1 min (Total: 2 min)	
PC4	10/12/2019	10:30 14:39	1 min (Total: 2 min)	
		27/02/2020	09:44 14:06	1 min (Total: 2 min)
PC5	10/12/2019	10:35 14:46	1 min (Total: 2 min)	
PC6	10/12/2019	10:39 14:51	1 min (Total: 2 min)	
		27/02/2020	09:48 14:09	1 min (Total: 2 min)
PC7	10/12/2019	10:44 15:00	1 min (Total: 2 min)	Caracterização acústica (Fonte Pontual/Vozes humanas)
PC8	10/12/2019	10:47 15:04	1 min (Total: 2 min)	
PC9	10/12/2019	10:50 15:10	1 min (Total: 2 min)	Validação do modelo acústico
		27/02/2020	10:17 14:55	
PC10	10/12/2019	10:53 15:13	1 min (Total: 2 min)	Caracterização acústica (Fonte Pontual/Vozes humanas)
F1.15	10/12/2019	10:58	1 min	
	27/02/2020	10:13 14:31	1 min (Total: 2 min)	
PC11	27/02/2020	09:51 14:14	1 min (Total: 2 min)	
PC12	27/02/2020	09:53 14:17	1 min (Total: 2 min)	
PC13	27/02/2020	10:00 14:20	1 min (Total: 2 min)	
PC14	27/02/2020	10:06 14:22	1 min (Total: 2 min)	Validação do modelo acústico
PC15	27/02/2020	10:10 14:25	1 min (Total: 2 min)	
P16	27/02/2020	10:28 14:55	1 min (Total: 2 min)	
P17	27/02/2020	10:32 15:03	1 min (Total: 2 min)	
P18	27/02/2020	10:38 15:09	1 min (Total: 2 min)	
P19	27/02/2020	10:43 15:11	1 min (Total: 2 min)	

Continua

Continuação

P20	27/02/2020	10:49	1 min (Total: 2 min)	Caracterização acústica (Fonte Pontual/Compressor de ar condicionado)
		15:14		
P21	27/02/2020	10:58	1 min (Total: 2 min)	
		15:22		
F10	27/02/2020	11:02	1 min	
F11	27/02/2020	11:06	1 min	
F12	27/02/2020	11:12	1 min	

Conclusão

Figura 24 - Localização dos pontos de medição acústica

### MAPA - PONTOS DE MEDIÇÃO ACÚSTICA



ESCALA GRÁFICA: 0 100m 200m 400m

Fonte: Google Earth, adaptação da autora.

A norma nº 1996-2 (ISO, 2017) recomenda ainda que devem ser registradas as condições meteorológicas do momento da medição do ruído, com dados da temperatura do ar, a umidade relativa, pressão atmosférica, cobertura de nuvens e a direção dos ventos. Assim, as medições ocorreram em condições atmosféricas favoráveis, observando os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A coleta do fluxo de veículos foi contabilizada simultaneamente às medições sonoras, somente para melhor caracterização da via, através do aplicativo para *smartphone*: *Multi-counter* (Tabela 4). A classificação dos veículos, conforme Guedes (2018), foi dividida em três categorias: motos, veículos leves (VL) (automóveis, caminhonetes, utilitários, *towners* e *vans*) e veículos pesados (VP) (caminhões, micro-ônibus e ônibus). Os registros de todos os tipos de veículos correspondem à somatória de todas as faixas da via, em ambos os sentidos de direção.

Tabela 4 - Volume de tráfego e valores de níveis sonoros medidos ( $LA_{eq}$ )

DATA: 21/11/19   Horário: 9:00-11:00 h						DATA:26/11/19   Horário: 14:00-16:00 h							
PONTO	AMOSTRA	MOTO	V.L.	V.P.	$LA_{eq}$ [dB(A)]	$LA_{eq,média}$ [dB(A)] <sup>4</sup>	PONTO	AMOSTRA	MOTO	V.L.	V.P.	$LA_{eq}$ [dB(A)]	$LA_{eq,média}$ [dB(A)]
P1	1	41	83	10	75,6		76,5	P1	13	41	90	16	
	2	40	90	9	77,9	14			34	95	4	71,8	
	3	47	112	5	75,5	15			44	83	4	72,5	
P2	4	27	95	6	74	73,9	P2	16	36	76	11	71,6	72
	5	40	82	8	73,3			17	33	97	11	72,3	
	6	32	95	11	74,4			18	31	83	8	72	
P3	7	37	102	11	76,4	75,7	P3	19	38	98	8	73,1	74
	8	40	87	8	74,9			20	31	97	12	74,6	
	9	24	91	11	75,6			21	50	117	9	74,1	
P4	10	47	140	19	77,9	77,9	P4	22	53	130	11	76,9	76,6
	11	45	141	8	77,5			23	55	144	12	76,9	
	12	55	143	15	78,3			24	40	140	5	76,1	
TOTAL (5 min)		475	1261	121			TOTAL (5 min)		486	1250	111		
TOTAL (60 min)		5700	15132	1452			TOTAL (60 min)		5832	15000	1332		
<b>TOTAL GERAL (60 min) MANHÃ</b>				<b>22284</b>		<b>TOTAL GERAL (60 min) TARDE</b>				<b>22164</b>			

<sup>4</sup> Foi realizada a média logarítmica das amostras referentes ao mesmo ponto de medição.

### Mapeamento acústico:

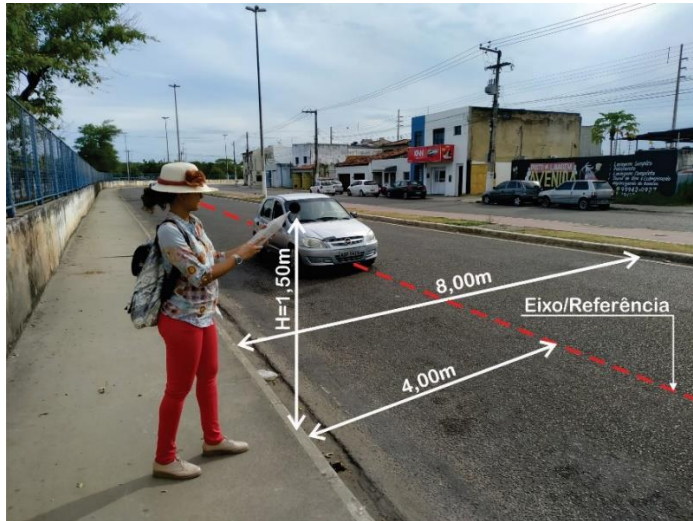
Esta etapa consiste na confecção dos mapas acústicos por meio de simulação computacional. O *software* utilizado foi o *iNoise*, inicialmente com a versão *V2019 Free* e posteriormente a versão atual *V2020 Free*, da empresa *DGMR Software*. O qual utiliza a tecnologia de georreferenciamento ambiental para a elaboração de mapas acústicos. A versão gratuita do programa possui algumas limitações, como: criação de, no máximo, 100 objetos por modelo; implantação de até 20 fontes de ruído e disponibiliza 2 métodos de cálculo. Devido a estes condicionantes, para realização dos cálculos, foi necessária a segmentação da subárea do campus, considerando as divisões já apresentas A1, A2 e A3 (Figura 20).

Para a modelagem no programa é necessário inserir as informações físicas do local de estudo. Assim, utilizou-se o *software* tipo *Computer Aided Designer (CAD)*, *AutoCAD 2D*, para representação em planta-baixa com os limites do *campus*, da malha viária, edificações do entorno imediato, das áreas construídas e das áreas verdes, no formato *DWG*, cedida pela Divisão de Projetos (*DIPRO*) do *campus*. As entidades do *AutoCAD* importadas para o *iNoise* foram convertidas em objetos do *software*, as formas geométricas fechadas se transformaram em construções (“*buildings*”), áreas de vegetação (“*ground region*”), em áreas de pavimentação (“*ground region*”) ou em áreas de polígonos (“*DIV - Area*”).

Em seguida, foram incorporadas as alturas de cada edificação interna, conforme a modelagem 3D no programa *SketchUP*, confeccionada pela *DIPRO*, e muros de delimitação da *UFS*, através de levantamento cadastral, além da observação do gabarito do entorno, por meio do *Google Maps Street View*, os quais interferem na propagação sonora ao ar livre. Para simplificação da predição, a topografia do terreno foi considerada plana, o que não prejudicou a precisão do modelo, pois, representa bem a situação real da área de análise no *campus*.

Os níveis sonoros catalogados nos quatro pontos de medição externos para caracterizar o ruído de tráfego foram inseridos, no *iNoise*, e alinhados no eixo da pista de rolamento mais próxima à *UFS*, a 4,00 metros do meio-fio do passeio, como fonte linear (Figura 25). Pois, houve uma maior contribuição sonora dos veículos que transitaram na faixa mais próxima ao sonômetro.

Figura 25 - Eixo de Referência da fonte linear para o iNoise



A fonte linear foi dividida em 2 partes, a parte 1 caracterizada acusticamente pela média logarítmica de todas as medições acústicas, nos Pontos 1, 2 e 3 (Rod. João Bebe água), realizadas no período diurno<sup>5</sup>. Já a parte 2 (Av. Mal. Cândido Rondon), pela média logarítmica de todas as medições realizadas no Ponto 4 durante o período diurno. Em todas as fontes, pontuais e lineares, o nível de pressão sonora equivalente

( $L_{Aeq}$ ), obtido com o filtro de ponderação “A” nas frequências de 1/3 de oitava, foi transformado em Nível de Potência Sonora ( $L_w$ ), pelo *software*, o que caracteriza acusticamente uma fonte, segundo BISTAFA (2011), independentemente do meio ambiente. As fontes pontuais foram distanciadas a 1,50 metros do solo, mesma altura da medição, enquanto que as fontes lineares, estão a 0,50 metros do solo. Nas áreas de convivência onde a voz humana era predominante foram inseridos os dados de pressão sonora coletados e considerado como fonte pontual.

Foram utilizadas as seguintes equações para transformação do nível de pressão sonora em nível de potência sonora pelo *software*:

- Para fonte pontual:

$$L_w = L_p + 10 \log[4\pi r^2] + \text{Apropagação}, \text{ dB(A)} \quad \text{Equação 2}$$

- Para fonte linear:

$$L_w = L_p + 10 \log[2\pi r^2] + \text{Apropagação}, \text{ dB(A)} \quad \text{Equação 3}$$

onde:

$L_p$  é o nível de pressão sonora equivalente num ponto receptor, em dB(A);

<sup>5</sup> Os valores dos níveis de pressão sonora por frequência, nível por pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) e ponderado na escala “A” ( $L_{Aeq}$ ) e as médias logarítmicas estão no Apêndice A.

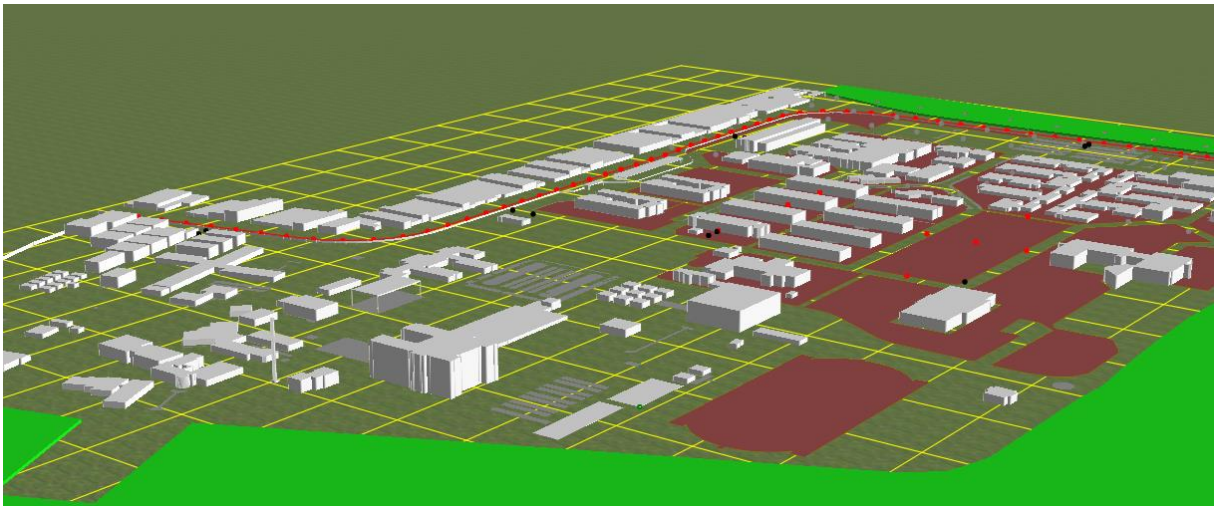
$L_w$  é o nível de potência sonora, em dB (ref.: 10-12 Watts);

$A_{propagação}$  é a atenuação devido à propagação, em dB(A).

Atualmente, a normalização brasileira não possui regulamentação específica que contemple as variáveis de propagação, reflexão, difração ou outros efeitos relativos às fontes sonoras, que são importantes fatores a serem considerados no mapeamento do ruído. Por isso, os cálculos foram realizados através de um dos métodos internacionais presentes no programa, a ISO 9613-1/2 (*International Organization For Standardization, 1996*), utilizada em análises de ruídos de tráfego rodoviário.

O mapa acústico foi analisado tanto em relação ao plano horizontal, quanto ao vertical. A malha horizontal de pontos, chamada de *Grid*, é a região onde se deseja obter os cálculos sonoros, foi determinado um espaçamento de 10,00m entre os pontos a 1,50m no solo. A *Vertical Grid* é a malha de cálculo no plano vertical, definida pelo usuário, para analisar o nível de pressão sonora incidente em cada fachada da edificação. A malha vertical foi posicionada a 1,00m do plano da fachada com espaçamento de 2,00m entre os pontos de cálculo ao longo de toda sua extensão. A Figura 26 apresenta uma vista 3D da modelagem da UFS no *iNoise*, com destaque para as fontes pontuais e linear e pontos receptores usados para validação do modelo acústico.

Figura 26 - Vista 3D da Modelagem da UFS no *iNoise*



#### 5.2.2. PARTE SUBJETIVA – ANÁLISE ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

A abordagem subjetiva desta pesquisa levou em consideração procedimentos de análise utilizados em Avaliação Pós-Ocupação (APO) e Psicologia Ambiental para conhecer as relações pessoa-ambiente e avaliar o desempenho do ambiente construído. Foi empregada a 'abordagem experimental', a qual impossibilita o distanciamento crítico do observador

com relação ao ambiente, ou seja, as experiências e emoções vivenciadas pelos usuários e pesquisadores são consideradas como ‘instrumentos de medição’ e de ‘identificação da qualidade’ dos ambientes (RHEINGANTZ *et al.*, 2009). Foram aplicados questionários pessoalmente sobre a percepção da qualidade acústica ambiental por usuários em locais de convivência já destacados na subárea dentro do *Campus* de São Cristóvão - UFS. A definição deste instrumento segue a utilizada pela Avaliação Pós-Ocupação (APO), no qual:

“Um questionário pode ser definido como um instrumento de pesquisa que contém uma série ordenada de perguntas relacionadas com um determinado assunto ou problema, que devem ser respondidas por escrito sem a presença do pesquisador. Tanto pode ser entregue pessoalmente, enviado por correio, por e-mail, ou ainda disponibilizado pela Internet.” [...] “O questionário é um instrumento de grande utilidade quando se necessita descobrir regularidades entre grupos de pessoas por meio da comparação de respostas relativas a um conjunto de questões (Zeisel 1981).” (RHEINGANTZ *et al.*, 2009, p. 79).

Para a construção deste questionário, buscou-se referências em artigos científicos de Lacerda *et al.*, (2005); Zannin *et al.*, (2012); Miguel, (2012); Cirino, (2012); Rabelo *et al.*, (2015); Ibiapina *et al.*, (2017); Henriques; Silveira (2017) e Carvalho *et al.*, (2018). O questionário<sup>6</sup> está dividido em duas partes, a primeira consiste em dados pessoais do entrevistado; a segunda possui perguntas objetivas, fechadas de múltipla escolha e abertas em que não há alternativas de resposta, de natureza tanto qualitativa como quantitativa sobre a acústica ambiental do *campus*.

O grupo de questões de “dados do usuário” foi utilizado para poder estudar as variações de percepção dos usuários ocasionadas pela atividade realizada dentro do *campus* e seu período de permanência; para os resultados finais apresentados nesta pesquisa, serão descartadas da contagem as pessoas entrevistadas que tivessem problemas auditivos e idade avançada (maior que 65 anos). O conjunto de questões sobre a acústica ambiental se inicia com uma indagação geral sobre problemas ambientais, depois especifica a percepção dos sons e ruídos dentro na universidade. Os dados foram analisados por meio de tabulação e linguagem gráfica, bem como através de referencial teórico. Para sintetização dos principais dados em gráficos, utilizou-se o programa *Excel* da *Microsoft Office*.

Foi apresentado aos voluntários o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido)<sup>7</sup> informando os objetivos da pesquisa, a procedência e a não obrigatoriedade de participação, seguindo as diretrizes estabelecidas pela Resolução CNS N° 466 de 2012. Os voluntários foram selecionados de forma aleatória, de acordo com o seu local de

---

<sup>6</sup> O modelo do questionário estruturado está no Apêndice C.

<sup>7</sup> O modelo do TCLE formulado está no Apêndice B.

permanência no momento da entrevista. Os resultados da aplicação dos questionários servirão apenas para fins acadêmicos, sendo utilizados na presente monografia e futuras publicações em artigos de congresso ou periódicos. Será mantida em sigilo a identidade dos voluntários.

Para a catalogação e classificação dos sons e ruídos mais predominantes, determinados pelos usuários entrevistados, foi adotada a classificação dos sons de acordo com os aspectos referenciais, seguindo o modelo criado por Schafer (2001). Segundo ele, os sons podem ser definidos, não só, em: naturais, provenientes da natureza, tais como a água, o ar, a terra e o fogo, além de sons dos animais, pássaros e insetos e animais aquáticos; sons humanos, produzidos pelo homem, os quais incluem a voz, do corpo e os produzidos pelo vestuário (jóias, roupas, calçados). Mas também em sons mecânicos, produzidos por máquinas e equipamentos de várias naturezas, como automóveis, equipamentos de construção civil, ventiladores, ar condicionado, entre outros; sons da sociedade, produzidos por instrumentos musicais e sons indicadores, oriundos de buzinas, alarmes, relógios, telefones (SCHAFER, 2001). Esta caracterização ajudará a conhecer quais tipos de sons da paisagem sonora das subáreas de análise da UFS - *Campus São Cristóvão* são mais percebidos pelos voluntários.

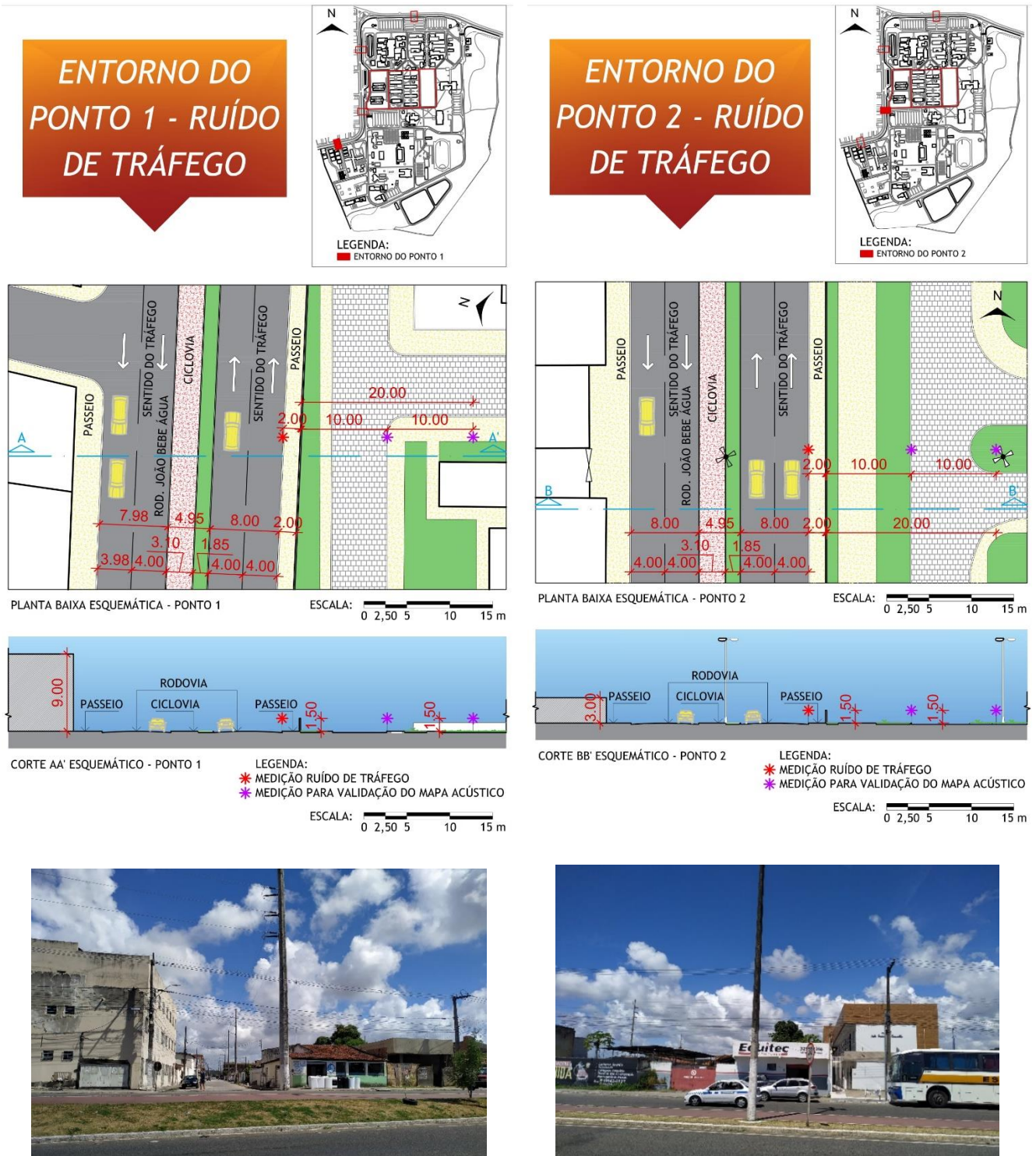
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Caracterização do entorno urbano e da área de análise na UFS (*Campus São Cristóvão*):

A descrição física do local dos pontos de medição, externos e internos ao *campus*, para análise e validação da fonte sonora linear, o tráfego de veículos, será realizada abaixo.

Nos Pontos 1, 2 e 3 o entorno urbano apresenta-se de forma semelhante, a caracterização física e a localização das medições dos níveis de pressão sonora são apresentadas nas Figura 27 e 27. A Rod. João Bebe Água contém duas pistas de rolamento, cada uma com duas faixas de circulação, separadas por um canteiro central, onde se encontra a ciclovia, e uma faixa permeável de grama, no Ponto 3, esses rasgos se tornam mais escassos. Os passeios adjacentes são de concreto, a calçada onde ocorreu a medição, com largura de 2,00 metros é margeada pelo muro da UFS, H= 1,50 metros, com uma tela de alambrado superior de mesma altura. O passeio oposto à medição contém edificações que variam de 3,00 metros a 9,00 metros com fachadas com materiais reflexivos (paredes de alvenarias rebocadas e revestidas com pintura, pastilhas cerâmicas pintadas, concreto, vidro, etc.).

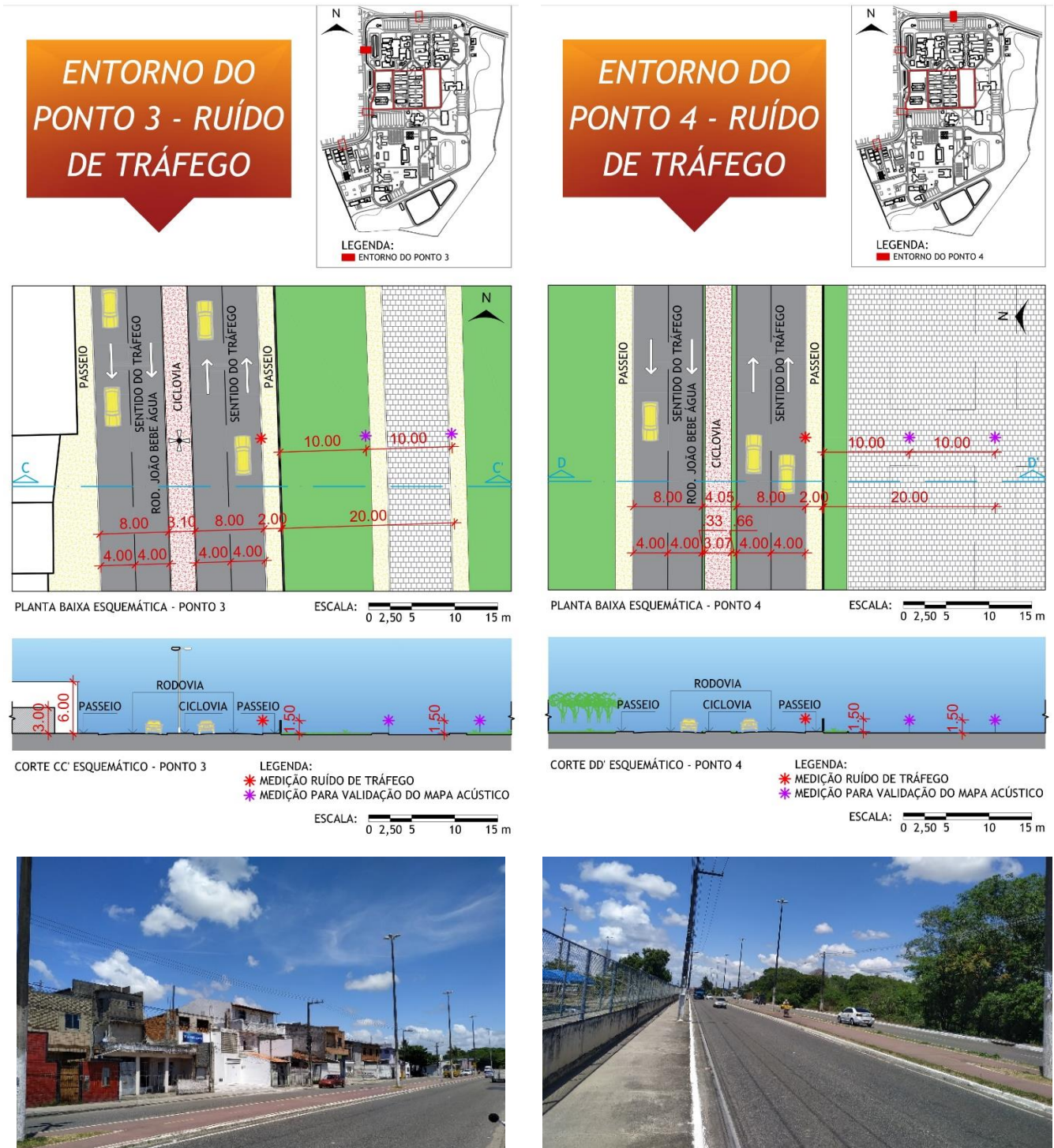
Figura 27 - Caracterização dos Ponto 1 e Ponto 2 (Foto com vista do entorno em frente ao ponto)



O Ponto 4 se destaca dos demais, pois apesar da Av. Marechal Cândido Rondon, possuir quatro faixas de circulação, duas para cada sentido de direção, separadas por uma ciclovia de concreto e grama; as edificações adjacentes ao passeio oposto ao ponto de medição não existem. Em seu lugar, está presente a vegetação da área de preservação

pertencente à universidade, não ladeada por muro, esta vegetação possui arbustos e árvores que variam de 2,00 metros até 9,00 metros de altura. A localização dos pontos de medição e caracterização física do Ponto 4 estão evidenciadas na Figura 28.

Figura 28 - Caracterização dos Pontos 3 e 4 (Foto com vista do entorno em frente ao ponto)



alunos entre didáticas, a subárea foi dividida em três partes (A1, A2 e A3), as quais serão detalhadas abaixo.

O Setor A1 (Figura 29) é o mais próximo da entrada principal de pedestres no *campus*, inclusive da via de fluxo intenso e do Terminal Rodoviário Intermunicipal, conseqüentemente é o setor mais exposto ao ruído e mais afetado. Contém as Didáticas V e VI, com volumetria e gabarito idênticos, suas fachadas são revestidas com materiais reflexivos: paredes de alvenarias rebocadas, revestidas com pintura e pastilhas cerâmicas, e janelas de vidro. Também possui um amplo terreno vazio permeável, próximo à Didática V, suscetível a receber novas construções. Os principais passeios que conduzem usuário à entrada principal, e os que conectam às demais didáticas possuem cobertura de telha de fibrocimento, todos os pisos pavimentados são de concreto.

No Setor A1, foram realizadas 9 medições, as quais estão localizadas na Figura 29. As medições próximas às fachadas norte da Didática V e sul da Didática VI se distanciam das mesmas 12 metros (P16 e P20), já a medição do P18 ocorreu a uma distância de aproximadamente 18 metros entre as didáticas. Nos pontos P17 e P19, determinou-se uma distância de 5 metros da fachada mais próxima, enquanto que, no P21, a medição ocorreu na calçada interna da UFS, próxima ao terminal de ônibus, havendo um alinhamento retilíneo com o P20 e distanciando 12 metros do muro limítrofe do *campus* (Figura 29). Estes pontos de medição, acima mencionados (P16, P17, P18, P19, P20 e P21), foram inseridos no *iNoise* como receptores para avaliação do modelo simulado e comparação com a situação real.

Figura 29 - Caracterização Setor A1

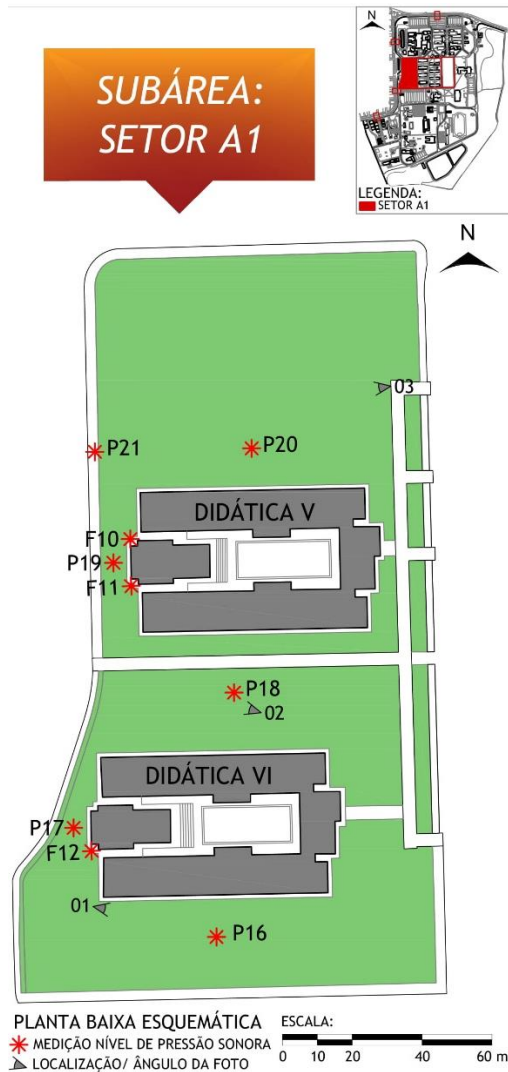


Foto 01:



Foto 02:



Foto 03:



As medições realizadas a 2 metros de quaisquer superfícies refletoras verticais, conforme a NBR 10.151 (ABNT, 2019), serviram para caracterizar a fonte pontual, compressores de ar condicionado, localizada na fachada oeste das Didáticas V e VI, as quais correspondem aos pontos F10, F11 e F12. Estas medições foram inseridas no *iNoise* como fontes pontuais e o nível de pressão sonora obtido no ponto F12 foi adotado para os demais pontos (F10 e F11) devido à menor interferência do tráfego de veículos na Rod. João Bebe Água no momento da medição.

O Setor A2 (Figura 30) corresponde a uma região bastante movimentada da universidade e densamente construída, estão situadas nela oito didáticas: Didática I, Didática II, Didática III, Didática IV, Centro de Ciências Sociais Aplicadas I e II (CCSA I e CCSA II) e Centro de Educação e Ciências Humanas I e II (CECH I e CECH II). Estas possuem fachadas semelhantes com materiais reflexivos (paredes de alvenarias rebocadas, revestidas com pintura e pastilhas cerâmicas, e janelas de vidro). Entre as edificações há áreas verdes com algumas árvores e arbustos, também, foram instalados bancos e mesas em concreto para aproveitamento desta área pelos alunos e funcionários. Além dos passeios principais, as áreas de convivência também possuem cobertura de telha de fibrocimento.

Figura 30 - Caracterização Setor A2

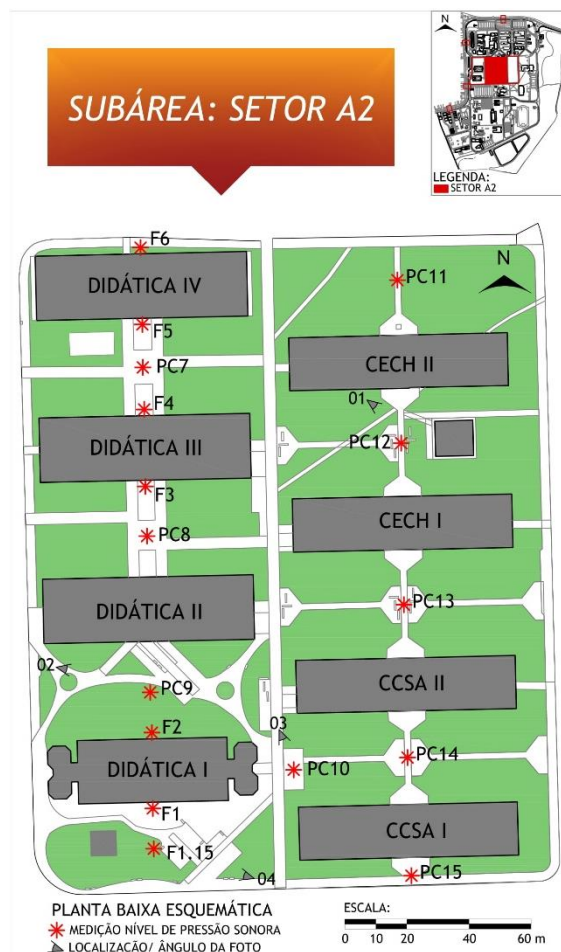


Foto 01:



Foto 02:



Foto 04:

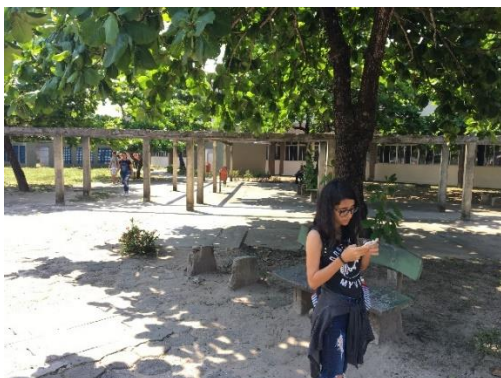


Foto 03:



Neste setor foram realizadas 16 medições, das quais 6 caracterizam a fonte pontual de compressor de ar condicionado, nomeadas F1, F2, F3, F4, F5 e F6, distanciadas à 2 metros da fachada da didática mais próxima e a F1.15 valida a interferência da fonte existente no espaço ao ar livre à 15 metros da fonte F1. Somente esta última foi inserida no *iNoise* como receptor, as demais se tornaram fontes pontuais. Também foram inseridas como fontes pontuais no *iNoise* as medições no centro dos locais de convivência: PC7, PC8 e PC10, devido à presença constante de vozes; os pontos: PC9, PC11, PC12, PC13, PC14 e PC15 se tornaram receptores acústicos na simulação acústica, localizados ao centro dos pontos de sociabilidade.

Já o setor A3 (Figura 31), é composto pela Praça da Democracia, em região mais central do *campus*, a qual possui piso de concreto liso e intertravado, sua área verde contém várias espécies de árvores e arbustivas, e a sombra gerada auxilia na manutenção do conforto térmico. Também apresenta mobiliário diversificado que atrai os usuários, tornando-se o principal local de convivência e sociabilidade.

Conforme dito na metodologia, ocorreram 6 medições na Praça da Democracia para verificação dos níveis de pressão sonora no cenário acústico existente. As medições iniciaram no PC1 localizado em uma esquina próxima à Biblioteca Central (BICEN), a qual possui compressores de ar condicionado em sua lateral, os ruídos gerados por essas fontes pontuais são perceptíveis nesta área da praça (Figura 31 - Foto 03). Os pontos PC2, PC3 e PC4 se encontram alinhados no eixo horizontal da praça, localizados respectivamente na calçada leste, no eixo central (Figura 31 - Foto 02) e na calçada oeste. O Ponto PC5 está alinhado verticalmente com o eixo central da praça e a medição PC6 está no extremo norte da praça, localizado ao centro de um local de convivência e passagem comunicando com as didáticas próximas (Figura 31 - Foto 01).

Figura 31 - Caracterização Setor A3

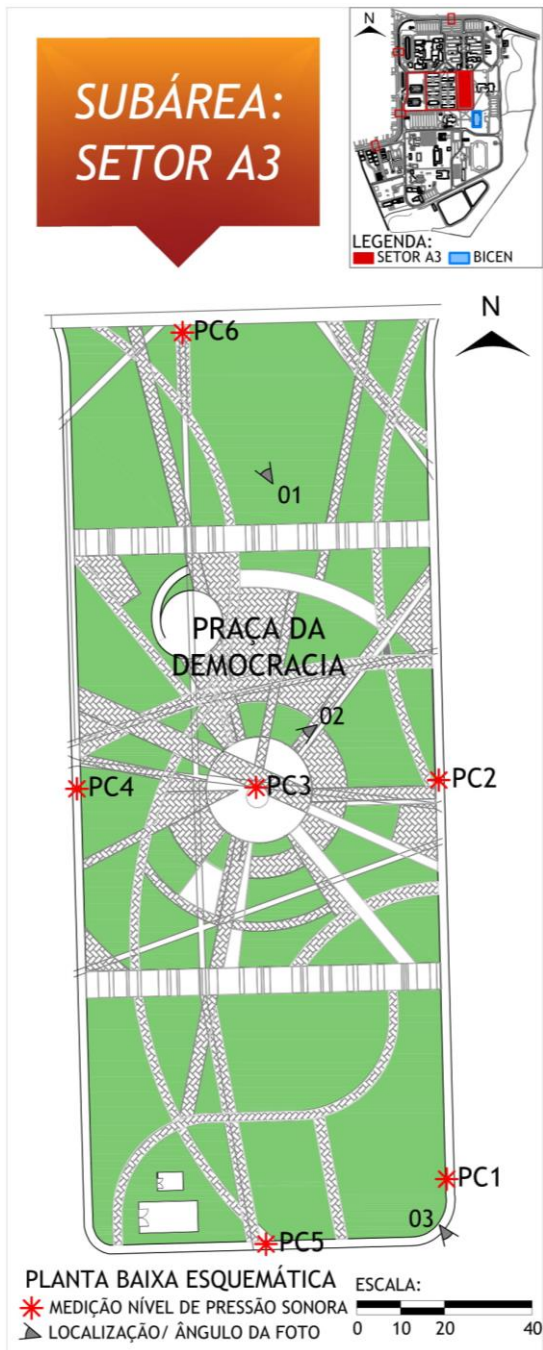


Foto 01:



Foto 02:



Foto 03:

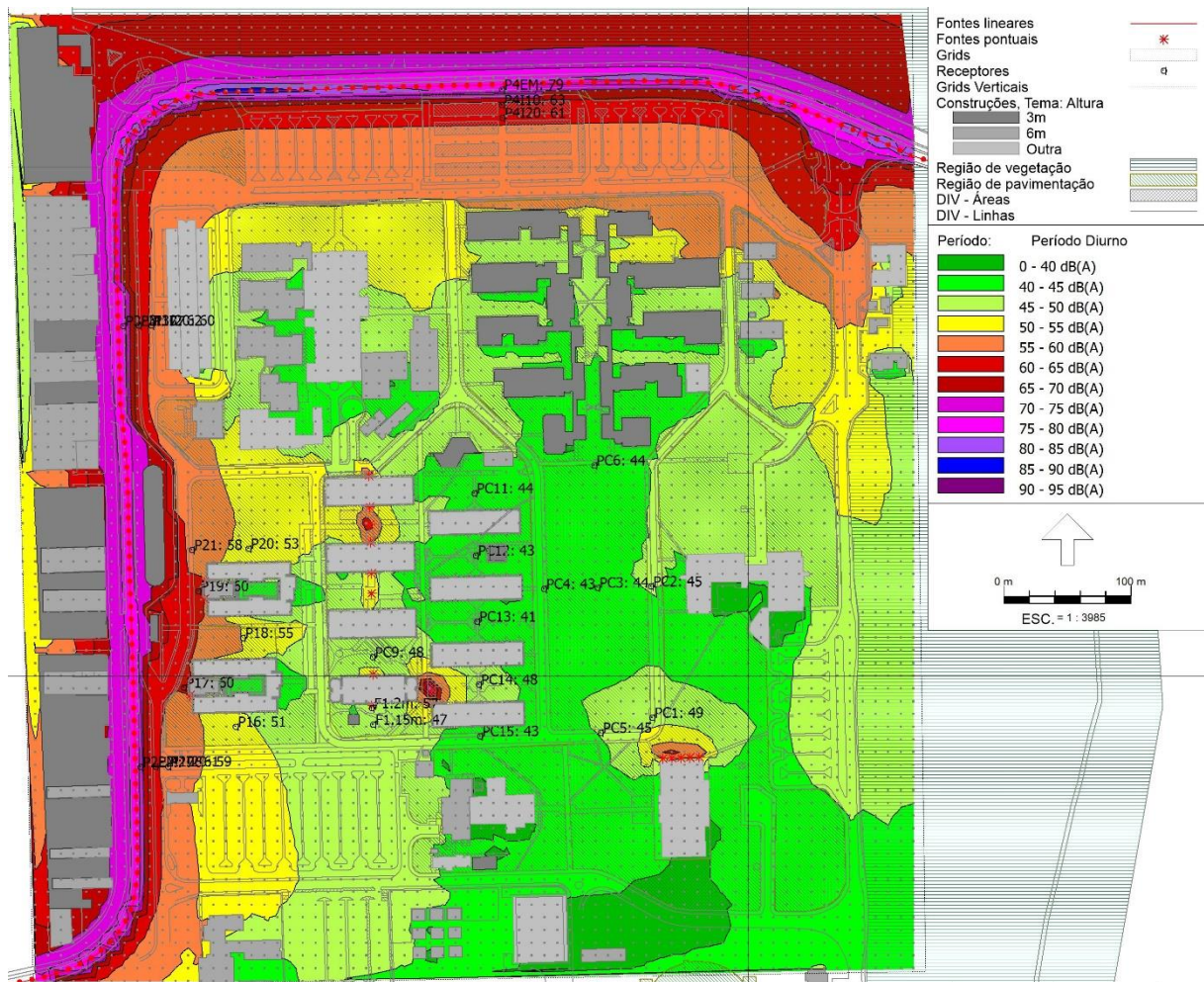


#### Análise acústica quantitativa:

O primeiro mapa acústico (Figura 32) apresenta uma visão geral a situação atual do ambiente sonoro no *Campus* da UFS, São Cristóvão - SE, em quase todo o seu território, para o período diurno, período o qual foram realizadas as medições e inseridas no *iNoise V2020*. O mapa não englobou todo o *campus*, por conta do limite máximo de entidades permitidas para a geração de resultados na versão gratuita utilizada.

É perceptível a predominância de cores escuras (predominantemente, vermelho e magenta) no mapa ao longo das principais vias de tráfego, indicando assim um ambiente com níveis sonoros mais elevados, conforme escala de cores (Figura 32). Assim como observado nas medições, o cálculo do mapa acústico mostra que as áreas mais próximas às vias são as mais afetadas pela poluição sonora. Os níveis sonoros que ultrapassam os muros da instituição estão entre 70 e 75 dB(A), excedendo 15 dB(A) do limite permitido no período diurno estabelecido para áreas educacionais, segundo a NBR 10151 (ABNT, 2019) e o estabelecido como aceitável pela OMS [50 dB(A)]. Os resultados da análise objetiva serão evidenciados com mais detalhes respeitando a subárea de análise com os Setores A1, A2 e A3.

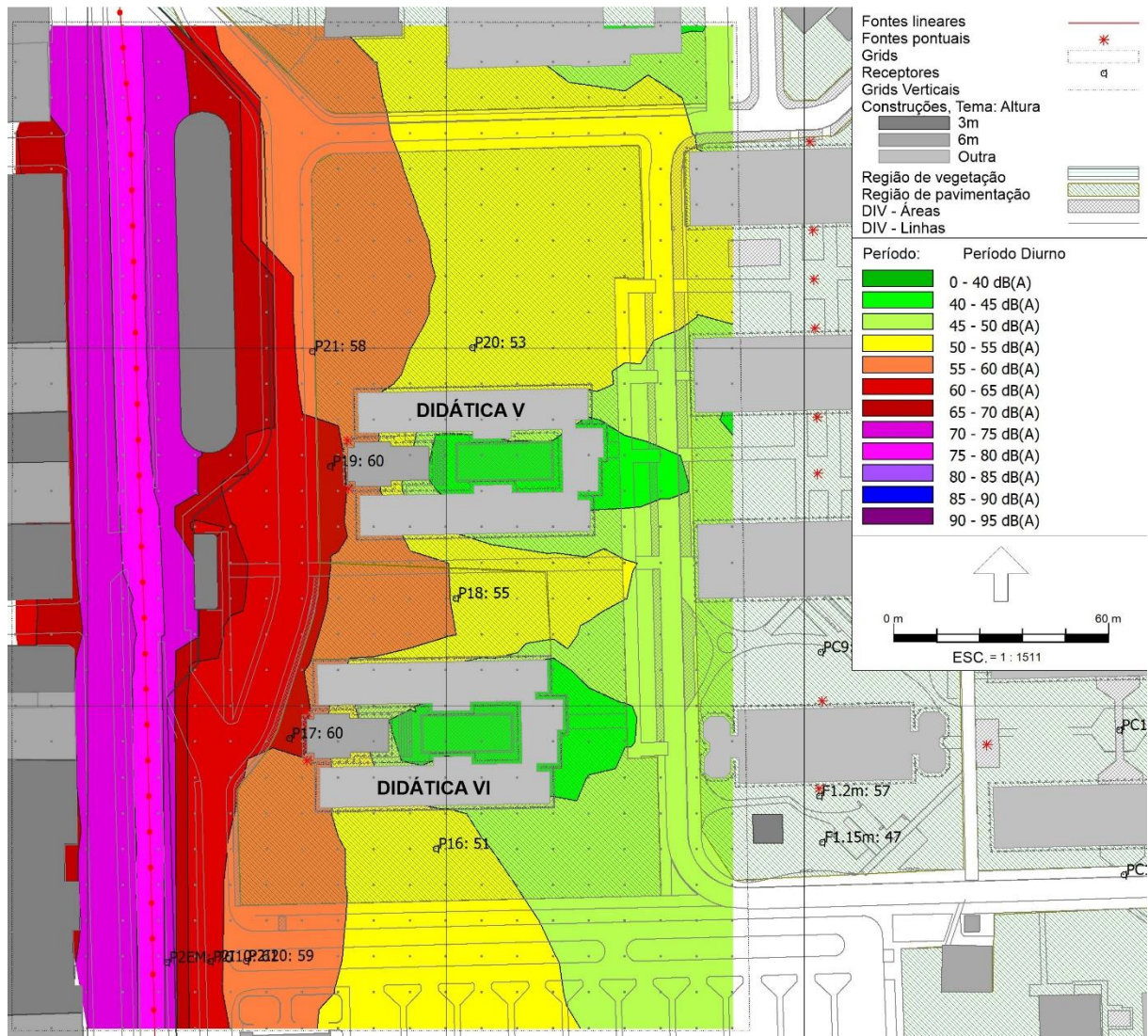
Figura 32 - Mapa Acústico Geral



No Setor A1 (Figura 33), como já esperado, o ruído de tráfego prejudica bastante a qualidade acústica ambiental no entorno das Didáticas V e VI, mais próximas das vias, girando entorno de 60 e 65 dB(A), nível superior ao estabelecido pela NBR 10151 (ABNT, 2019) de 50 dB(A), no entanto com o afastamento desta principal fonte de ruído, os níveis

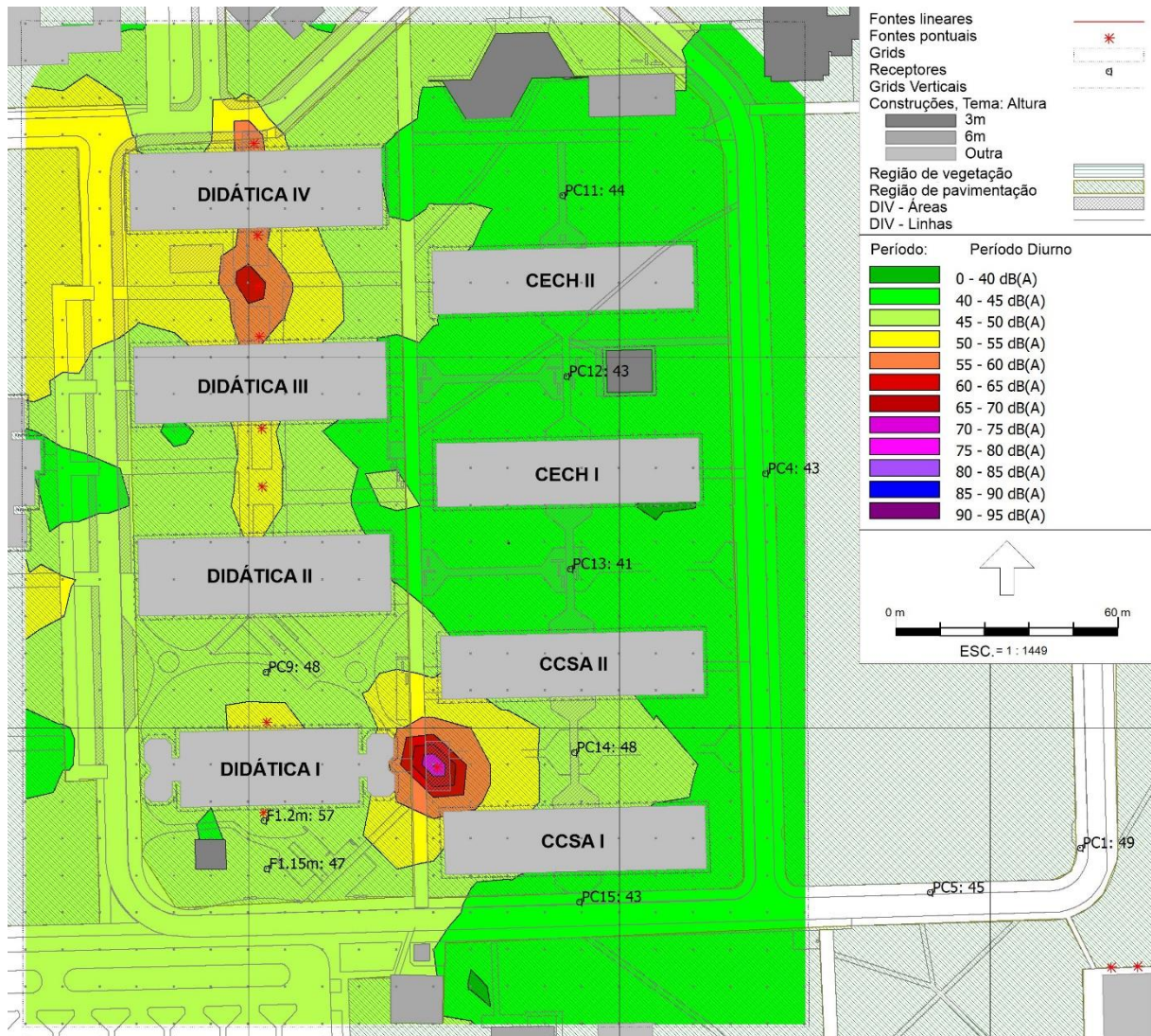
decaem graças à atenuação da propagação sonora ao ar livre com o aumento da distância, ISO 9613 (ISO, 1996). Nesta subárea ocorreram 6 medições em locais de passagem de pedestres.

Figura 33 - Mapa Acústico do Setor A1



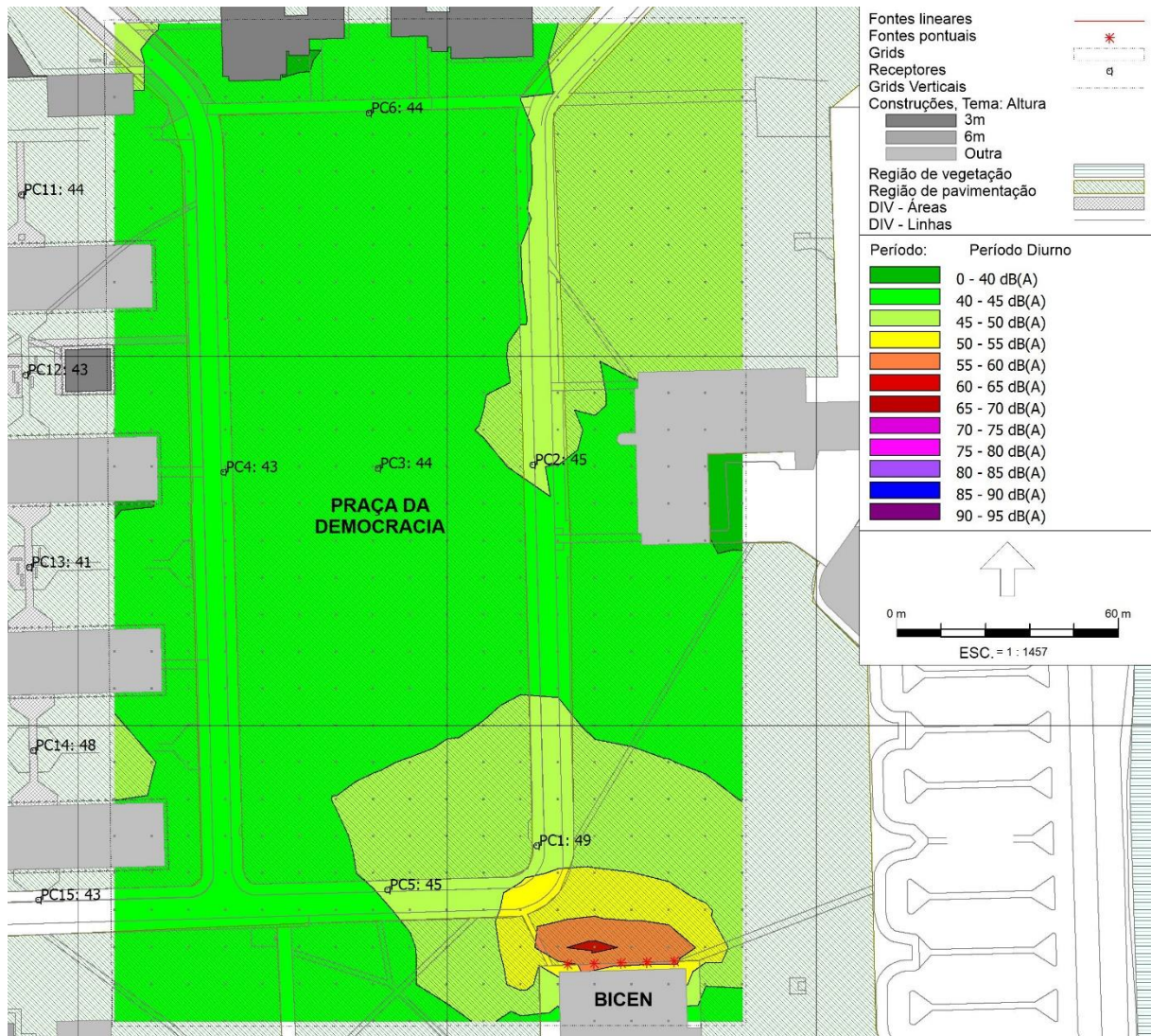
As didáticas do Setor A2 (Figura 34), recebem menor influência da rodovia, devido ao maior afastamento da fonte linear e a localização das Didáticas V e VI, que se comportam como barreiras acústicas, havendo um contínuo decaimento sonoro com a distância. Há um destaque para as fontes pontuais, nos quais os compressores de ar condicionado produzem até 60 dB(A), enquanto que o nível sonoro da conversação dos usuários teve maior potência ficando entre 70 e 75 dB(A), no PC10. O qual foi inserido como fonte pontual no *iNoise* (V 2020) devido à alta contribuição de vozes humanas, assim como o PC7 que emite até 65 dB(A) e o PC8, gerando interferência na qualidade sonora existente semelhante ao compressor de ar condicionado de até 55 dB(A).

Figura 34 - Mapa Acústico do Setor A2



O nível sonoro da Praça da Democracia, no Setor A3 (Figura 35), localizada em região de miolo de quadra do *campus*, é o menor registrado com no máximo 50 dB(A), podendo ser um dos motivos dessa área ser bem usufruída por estudantes e funcionários. Na região próxima à BICEN, os compressores de ar perturbam o ambiente sonoro, produzindo até 65 dB(A) de nível de pressão sonora, porém a atenuação sonora com a distância reduz este efeito na Praça da Democracia, não ultrapassando os limites estabelecidos pela NBR 10.151 (ABNT, 2019) de 50 dB(A).

Figura 35 - Mapa Acústico do Setor A3



Durante o processo de calibração/validação do modelo acústico, a comparação entre os níveis medidos e simulados (Tabela 5) chegou a uma diferença de 11,8 dB(A) no ponto de convivência PC15. Isto ocorreu, porque no momento da medição houve interferência do trânsito interno da UFS, com a passagem de 1 (uma) moto e fluxo de pessoas, além de pessoas conversando no outro lado da rua onde se encontra uma ilha comercial. Houve também interferência de conversação de pessoas no ponto de convivência PC6, na Praça da Democracia, onde estudantes estão sentados e conversando próximo ao local da medição, no período vespertino, havendo uma divergência de 10 dB(A). No ponto de convivência PC3, também na praça, a diferença entre valores é de 7,3 dB(A) devido a passagem e conversa de usuários e durante a tarde havia cigarras na vegetação do entorno.

Figura 36 - Fachada sul da Did. II com compressores de ar condicionado espalhados



A diferença de 6 dB(A) no ponto de convivência PC9, explica-se pelo fato de haver compressores de ar condicionado espalhados na fachada sul da Didática II, os quais não foram inseridos no modelo computacional (Figura 36).

Os ambientes de convivência ao ar livre PC12 e PC13 não foram inseridos na tabela comparativa, pois, além de haver alguns usuários em conversação no

local, o equipamento soprador/aspirador de folhas estava em uso por um funcionário que limpava a região próxima à praça. Este evento atípico descaracterizou a medição dos níveis sonoros usuais naqueles locais, não sendo, assim, usados para validação do modelo acústico apresentado.

Os receptores para definição da fonte sonora linear de tráfego estão representando bem a situação atual, pois a diferença máxima entre valores comparados é de 3,23 dB(A). Dentre os demais valores obtidos, apenas 2 (dois) (PC4 e PC11) ultrapassam o limite recomendado para validação do modelo acústico pelo WG-AEN (2006), no qual a diferença entre o valor medido e simulado não deve exceder 4,6 dB(A) (GUEDES; BERTOLI, 2014). Embora tivessem ocorrido discrepâncias entre alguns valores medidos e simulados, considerou-se o modelo acústico desenvolvido satisfatório, podendo ser aprimorado em trabalhos futuros considerando fontes sonoras que eventualmente não foram contempladas.

Tabela 5 - Comparação entre os níveis sonoros medidos e simulados

RECEPTORES	LOCAL	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE EM dB(A) no Lday		DIFERENÇA ENTRE A MEDIÇÃO E A SIMULAÇÃO EM dB(A)
		MEDIDO	SIMULADO	
P1	Rod. João Bebe Água	75,25	76,70	-1,45
P1110	a 12m de P1EM	63,53	60,30	3,23
P1120	a 22m de P1EM	57,59	58,40	-0,81
P2	Rod. João Bebe Água	73,05	76,10	-3,05
P2110	a 12m de P2EM	61,72	60,70	1,02
P2120	a 22m de P2EM	58,25	58,80	-0,55
P3	Rod. João Bebe Água	74,91	76,90	-1,99
P3110	a 12m de P3EM	60,75	61,60	-0,85

Continua

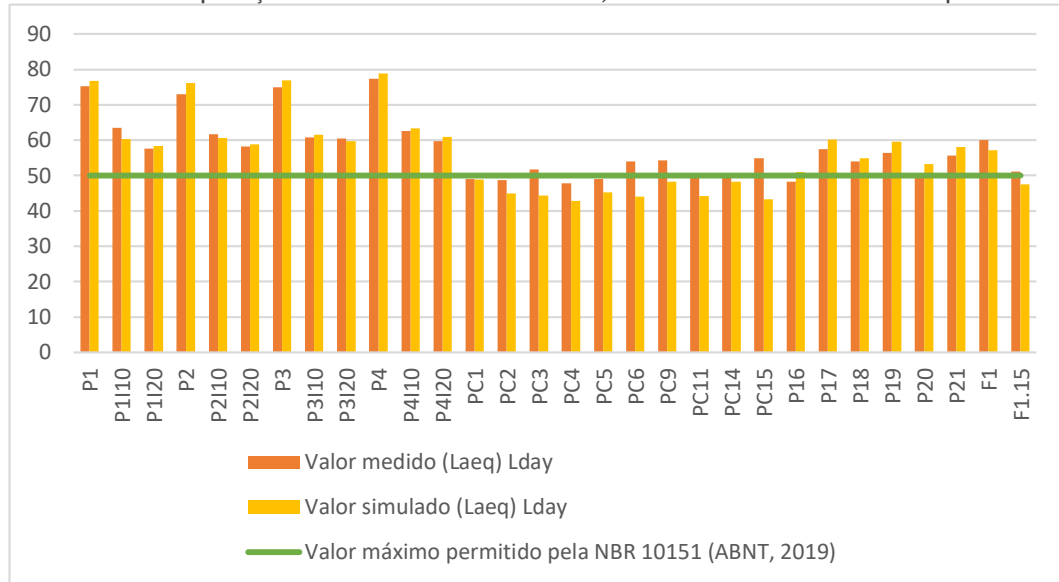
Continuação

P3I20	a 22m de P3EM	60,55	59,70	0,85
P4	Av. Mal. Rondon	77,32	78,90	-1,58
P4I10	a 12m de P4EM	62,61	63,30	-0,69
P4I20	a 22m de P4EM	59,75	60,90	-1,15
PC1	Setor A3	49,06	48,90	0,16
PC2		48,78	45	3,78
PC3		51,66	44,30	7,36
PC4		47,82	42,80	5,02
PC5		49,06	45,30	3,76
PC6		54,02	44	10,02
PC9	Setor A2	54,27	48,20	6,07
PC11		49,40	44,20	5,2
PC14		49,36	48,30	1,06
PC15		54,83	43,30	11,83
P16	Setor A1	48,19	50,90	-2,71
P17		57,40	60,10	-2,7
P18		53,96	54,90	-0,94
P19		56,36	59,50	-3,14
P20		49,53	53,30	-3,77
P21		55,61	58,10	-2,49
F1	a 2m da Fonte 1 (Setor A2)	60	57,10	2,9
F1.15	a 15m da Fonte 1 (Setor A2)	51,13	47,50	3,63

Conclusão

Traçando uma comparação entre os valores medidos, simulados e os níveis máximos permitidos, nota-se que dos 30 pontos mensurados, apenas 8 (oito) se encontram dentro do nível máximo permitido pela NBR 10151 (ABNT, 2019) de 50 dB(A), caracterizando situação de poluição sonora em alguns locais da UFS (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Comparação entre os valores medidos, simulados e limite máximo permitido



A análise das fachadas tem por objetivo visualizar quais níveis sonoros atingem os blocos de sala de aula, tendo como fonte de ruído externa à UFS a via de tráfego de veículos e fontes emissoras de ruído dentro do *campus*: os compressores de ar condicionado e locais de convivência com conversação de usuários. As figuras a seguir (Figura 37 e

Figura 38) apresentam a visualização 3D da modelagem no *iNoise* (V 2020) com os cálculos acústicos das edificações inseridas na subárea de estudo. Pode-se observar que as fachadas mais próximas da Rod. João Bebe Água são atingidas por valores mais altos de níveis sonoros.

Também há a contribuição das fontes pontuais internas elevando os níveis sonoros no entorno próximo. A cor mais forte, vermelha, é o maior nível encontrado nas fachadas expostas, com valores entre 60 dB(A) e 65 dB(A), de acordo com a escala de cores. O limite estabelecido como nível sonoro confortável para salas de aula e laboratórios, conforme a NBR 10152 (ABNT, 1987) é de 40 dB(A). Como já evidenciado, o ruído externo afeta diretamente os ambientes internos do edifício, assim devido à exposição, deve haver um tratamento acústico isolando estes ambientes do ruído existente. Logo, o desempenho acústico das fachadas mais expostas deve ser de pelo menos 25 dB(A) para tornar os ambientes confortáveis com plena realização das atividades pelos usuários.

Figura 37 - Situação atual da fachada oeste voltada para a rodovia e norte

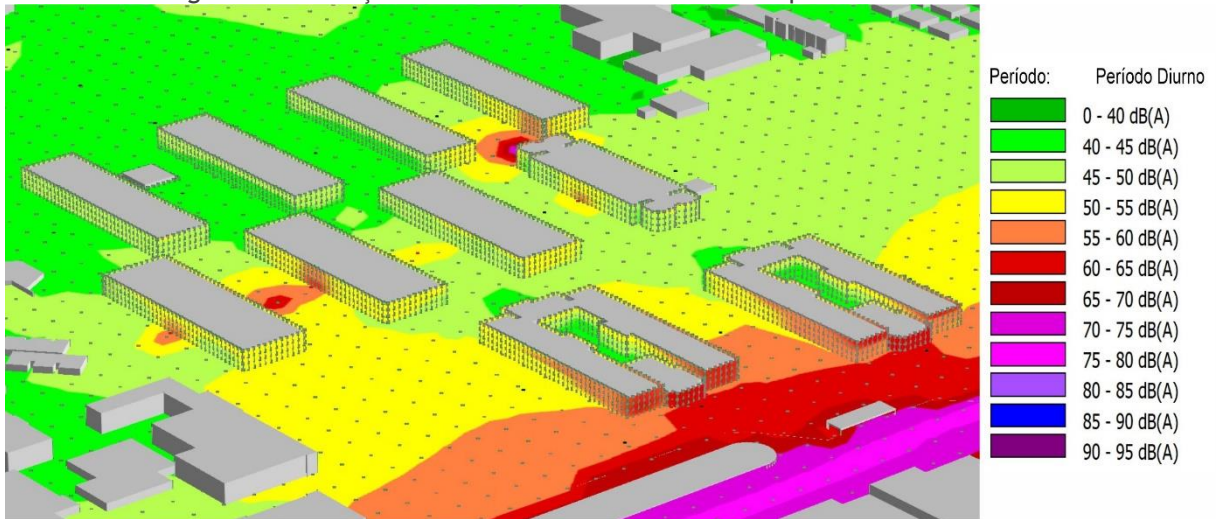
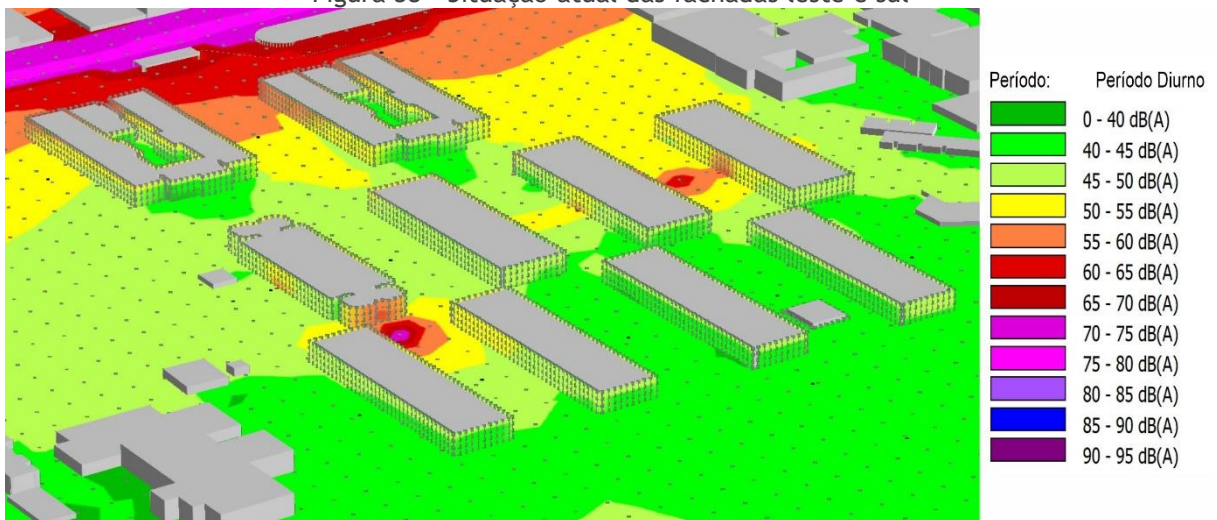


Figura 38 - Situação atual das fachadas leste e sul



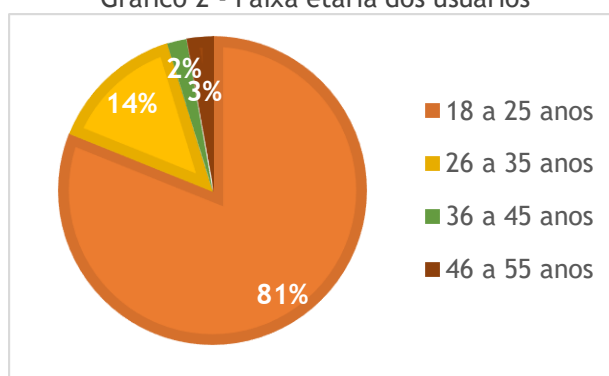
#### Análise acústica qualitativa:

Os questionários foram aplicados na área de análise em dias típicos de funcionamento da UFS (Campus São Cristóvão), na quarta-feira (04 de março de 2020), na quinta-feira (04 de março de 2020) e terça-feira (10 de março de 2020), nos intervalos de horários estabelecidos para análise, das 9:00h às 11:00h da manhã e das 14:00h às 16:00h da tarde. Conforme dito anteriormente, o questionário é do tipo estruturado, em que a entrevista segue um roteiro previamente programado, impresso em um formulário e entregue ao voluntário (RHEINGANTZ; *et al.*, 2009).

Durante o tempo disponível foram aplicados 153 questionários com estudantes, professores, funcionários e visitantes da UFS acerca da percepção sobre a qualidade acústica em espaços abertos (ao ar livre) no *Campus São Cristóvão*. Dentre os voluntários, 5 não

possuíam habilidade normal de audição, assim seus dados foram desconsiderados para a análise, tabulando apenas 148 entrevistas. Considerando uma população total de 21.000<sup>8</sup> pessoas, incluindo professores, técnicos, alunos de graduação e pós-graduação, no período de 2020.1, da UFS (Campus São Cristóvão), com essa amostra de questionários, tem-se uma margem de erro de, aproximadamente, +/- 8% em relação aos resultados obtidos para um grau de confiança de 95%. No setor A1 foram respondidos 54 questionários, no A2 49 usuários participaram e 45 participantes no setor A3.

Gráfico 2 - Faixa etária dos usuários



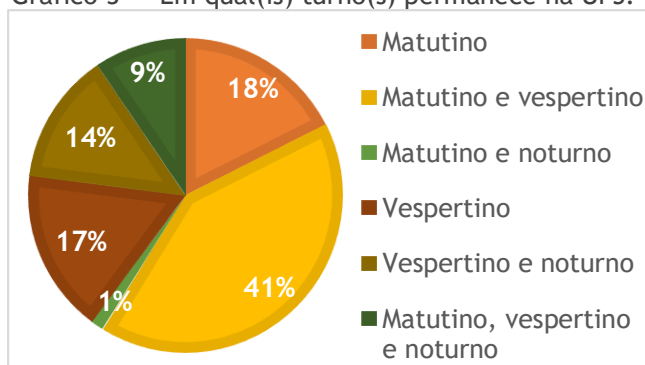
A idade mínima para participação e assinatura como responsável do TCLE é de 18 anos. A maioria dos participantes, 120 pessoas possuem entre 18 e 25 anos, 21 pessoas estão na faixa de 26 a 35 anos, 3 pessoas possuem de 36 a 45 anos e 4 pessoas estão entre os 46 e 55 anos (Gráfico 2). Dentre

os entrevistados, 51% são do sexo masculino e 49% do sexo feminino.

No dia de estudo, a amostragem teve 48% dos usuários oriundos da capital do Estado, Aracaju, 32% residem em São Cristóvão, cidade onde está instalada o *campus* analisado e o restante provêm de outros municípios do interior de Sergipe (20%), exceto por 1 pessoa que mora no Rio de Janeiro. Em relação à escolaridade, 115 entrevistados possuem nível superior incompleto (78%), 13 pessoas têm ensino médio completo (9%), 7% dos participantes (10) contêm ensino superior completo e 7 usuários possuem mestrado ou doutorado (5%).

Ainda sobre os Dados do Usuário foi questionada a principal finalidade com qual frequenta a UFS (*Campus* de São Cristóvão), a grande maioria, 128 pessoas (87%) marcaram a opção estudos, para fins de trabalho correspondeu a 10% com 15 pessoas, 3 usuários (2%) para convívio social e 1,

Gráfico 3 - “Em qual(is) turno(s) permanece na UFS?”

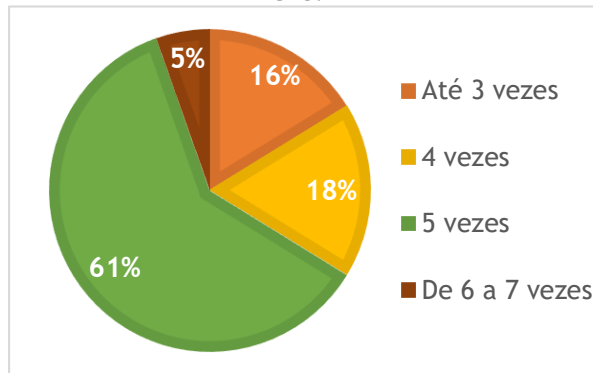


(1%) para lazer. Sobre “Em qual(is) turnos permanece na UFS?” as respostas foram variadas,

<sup>8</sup> Dados fornecidos pela Coordenação de Planejamento e Avaliação Acadêmica (COPAC) da UFS.

61 voluntários, permanecem durante manhã e tarde (41%), 26 usuários permanecem somente pela manhã (18%), quase a mesma quantidade que perduram somente à tarde 25 entrevistados (17%) (Gráfico 3).

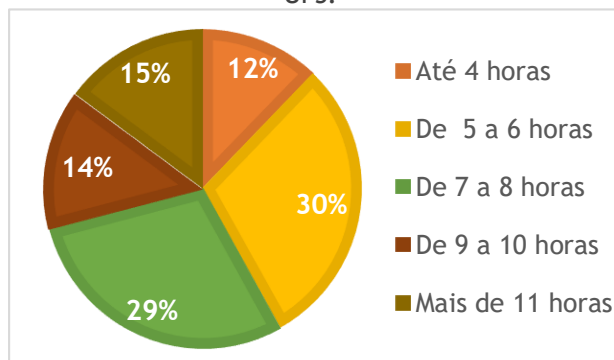
Gráfico 4 - “Quantas vezes por semana vem à UFS?”



Quanto à frequência por semana e tempo de permanência por dia na UFS (*Campus* de São Cristóvão), 90 entrevistados, ou seja, 61% vão 5 vezes por semana à UFS e 30% do total permanecem entre 5 e 6 horas (Gráfico 4 e 5). Em relação ao local de maior permanência na UFS, 74% dos voluntários (109 pessoas) permanecem dentro das didáticas, em salas de aula e/ou

laboratórios, 9 pessoas mencionaram a Biblioteca Central (7%) e 10% (15 entrevistados) perduram em ambientes abertos, áreas de convivência entre didáticas. Somente 5 usuários citaram a Praça da Democracia (3%), mesma quantidade que se mantém no Restaurante Universitário (3%), 2% (3 pessoas) no Centro de Vivência e 2 ocupam a Reitoria (1%).

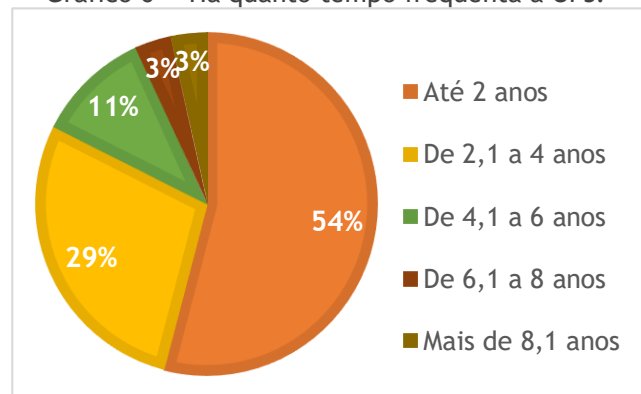
Gráfico 5 - “Quantas horas por dia permanece na UFS?”



Quando questionados sobre “Há quanto tempo frequenta a UFS?”, 54% afirmaram que vão à UFS por até 2 anos (80 pessoas), 27% (42) frequentam entre 2,1 anos a 4 anos, 16 usuários vão de 4,1 anos a 6 anos (11%) e 4%, de 6,1 a 8 anos e a mesma quantidade a mais de 8,1 anos (Gráfico 6).

A introdução às questões sobre acústica ambiental se deu por esta pergunta “Você se interessa por problemas ambientais?”, 137 pessoas (93%) responderam positivamente, apenas 3 disseram não e 8 não souberam responder. As respostas à

Gráfico 6 - “Há quanto tempo frequenta a UFS?”

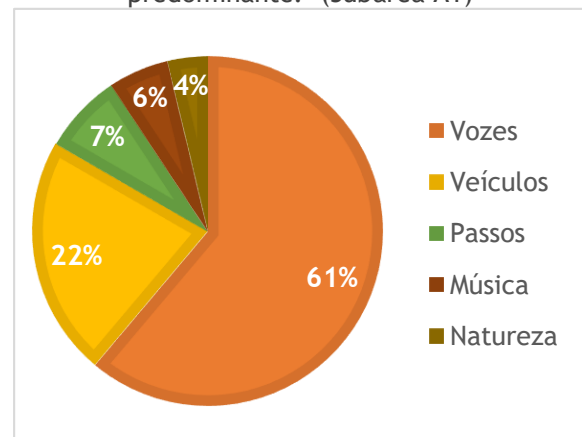


questão subjetiva “Quais tipos de sons/ruídos você está percebendo agora neste local?”

variou conforme a localização no momento da entrevista, os sons percebidos se enquadram na classificação criada por Schafer (2001) em sons naturais (pássaros, cigarras, insetos, cão latindo, vento, folhas das árvores, água da mangueira), sons humanos (vozes, passos, coral de canto, risada), sons da sociedade (instrumentos musicais, música), sons mecânicos (veículos, ar condicionado, furadeira, obra de construção civil, gerador, soprador de folhas, cortador de grama) e sons indicadores (áudio de celular).

Na questão “Qual é o (som/ruído) mais predominante?” As respostas foram analisadas conforme as subáreas já definidas. Assim, no Setor A1, a maioria dos entrevistados ouviram as vozes humanas (61%), logo após os veículos com 22%, os passos dos transeuntes foram percebidos por 7%, a música 6% e a natureza foi o som menos percebido com 4% (Gráfico 7). Estes resultados estão associados à proximidade do

Gráfico 7 - "Qual é o (som/ruído) mais predominante?" (Subárea A1)



Setor A1 com a Rod. João Bebe Água e com o terminal intermunicipal de ônibus. Além disso, as entrevistas foram realizadas nas circulações cobertas entre didáticas, no acesso principal de pedestres entre as Didáticas V e VI, onde algumas pessoas comercializam produtos alimentícios caseiros, artesanato e há uma feira de produtos orgânicos e de livros e próximo da portaria, o que justifica a predominância das vozes.

Já na subárea A2 (Gráfico 8), apesar do som das vozes predominarem com 43%, um novo ruído foi percebido, o compressor de ar condicionado, incomodando 33% dos entrevistados, a natureza foi citada por 18%, já passos, construção civil e música foram mencionados 1 vez, possuindo 2% cada. Estas respostas representam as diversas áreas de sociabilidade espalhadas entre das didáticas, onde os usuários do *campus* fortalecem suas relações interpessoais por meio do convívio social.

Gráfico 8 - "Qual é o (som/ruído) mais predominante?" (Subárea A2)

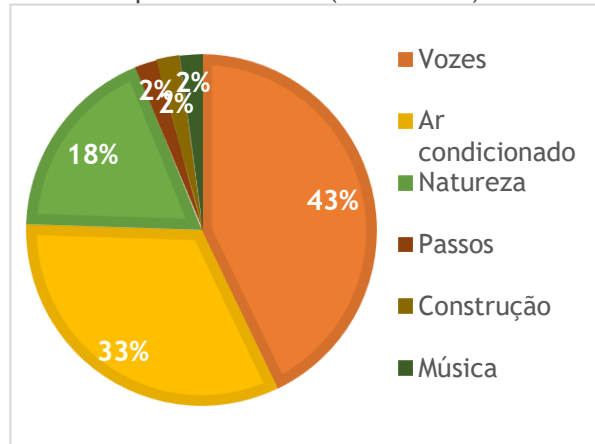
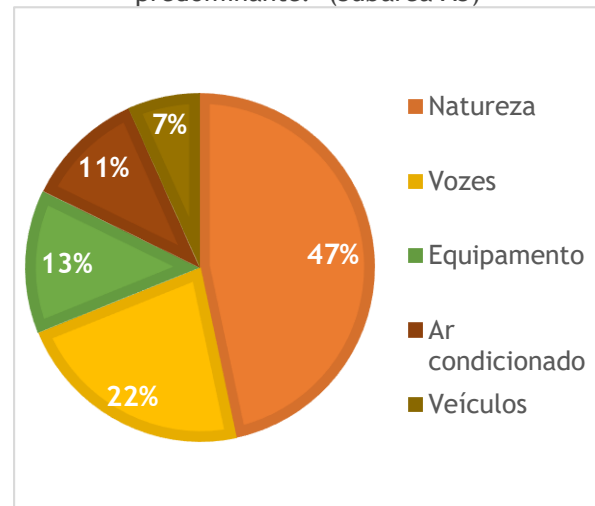


Gráfico 9 - "Qual é o (som/ruído) mais predominante?" (Subárea A3)



Na subárea A3, o som da natureza foi percebido por quase metade dos usuários (47%), seguido pelos sons de vozes com 22%, o equipamento soprador de folhas (13%), o ar condicionado da lateral da BICEN foi citado por 11% e os veículos automotivos, o menos percebido, por 7% dos usuários (Gráfico 9). Estas percepções ocorreram devido às características físicas do local, o qual é o espaço público de permanência ao ar livre mais arborizado do *Campus* da UFS, São Cristóvão - SE, o que atrai não só pessoas, mas também pássaros e cigarras potencializando os sons naturais.

Os níveis de intensidade deste som/ruído predominante foram classificados conforme a percepção dos entrevistados no momento do questionamento. Nas subáreas A1 e A2 as respostas foram semelhantes, o som/ruído foi considerado tolerável pela metade das

pessoas, o nível intenso e perceptível tiveram uma apreensão semelhante, baixa intensidade correspondeu a 6% e só 1 pessoa respondeu muito intenso (Gráfico 10 e 11). Já na subárea A3 a percepção dentre os níveis foi mais igualitária e não houve menção a classificação muito intenso (Gráfico 12). Estes resultados estão relacionados ao tipo de ruído predominante, no qual os sons humanos e sons mecânicos são os mais citados em pesquisas de percepção sonora aplicadas em comunidades (LACERDA, *et al.*, 2005; IBIAPINA, *et al.*, 2017). Além disso, estudos científicos alertam que o homem está cada vez mais habituado com o ruído, porém mesmo não sendo considerado incômodo, reações inconscientes são governadas pelo sistema nervoso vegetativo, afetando o indivíduo (LACERDA, *et al.*, 2005). A presença de áreas verdes e o conforto térmico gerado pela arborização, no Setor A3, também interfere na análise sonora, pois a percepção dos ambientes é intersensorial, ou seja, não ocorre isoladamente, a avaliação depende da funcionalidade, da estética e do conforto ambiental em geral (HIRASHIMA, 2014).

Gráfico 10 - "Qual é o nível de intensidade deste som/ruído predominante? (Subárea A1)"

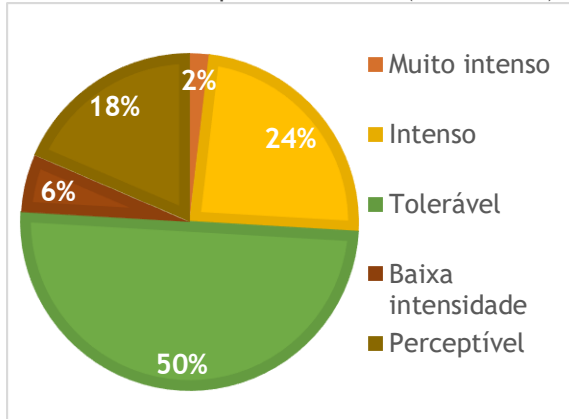


Gráfico 11 - Qual é o nível de intensidade deste som/ruído predominante? (Subárea A2)

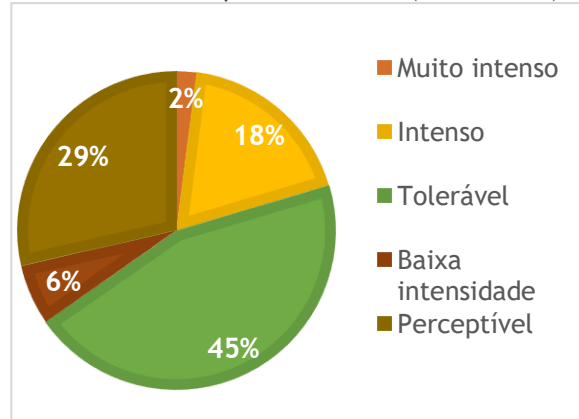
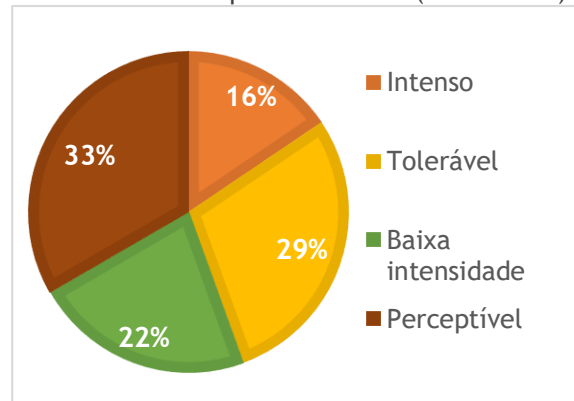


Gráfico 12 - Qual é o nível de intensidade deste som/ruído predominante? (Subárea A3)



Os voluntários também foram questionados sobre os sintomas físicos e psicológicos causados pelo ruído percebido no *Campus* da UFS, São Cristóvão - SE. Na subárea A1 quase metade dos entrevistados (41%), 22 pessoas, respondeu sentir energia/animação, já que o som mais percebido foram as vozes humanas (Gráfico 13). Enquanto que na subárea A2, 43% se sentiram incomodados, já que os ruídos predominantes são vozes e compressores de ar condicionado (Gráfico 14). Já na subárea A3, mais da metade das pessoas, 53%, mencionaram sentir relaxamento, o que está relacionado aos sons da natureza ao ar livre (Gráfico 15). Estes dados comprovam que o tipo de som mais predominante na paisagem sonora local interfere nas sensações e bem-estar dos usuários em geral. Pode-se perceber que sons da natureza são considerados mais agradáveis, pois evidenciam boas sensações, os sons humanos propiciam disposição e a depender do local também podem incomodar, assim como os sons mecânicos, considerados os mais desagradáveis.

Gráfico 13 - "Qual a sensação que este som/ruído predominante lhe transmite?" (Subárea A1)

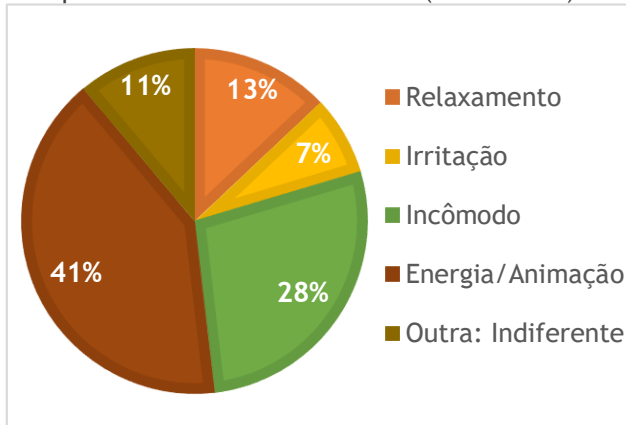


Gráfico 14 - "Qual a sensação que este som/ruído predominante lhe transmite?" (Subárea A2)

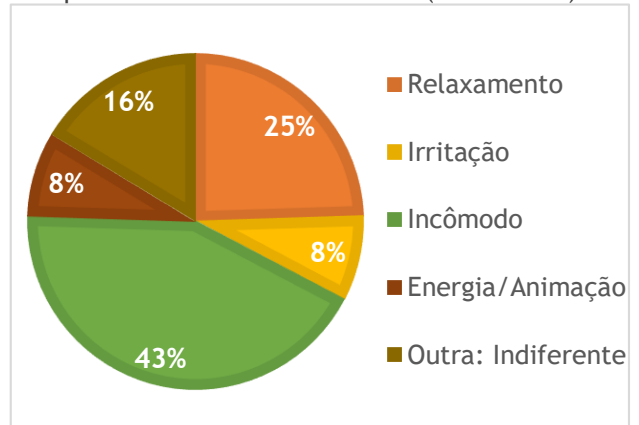
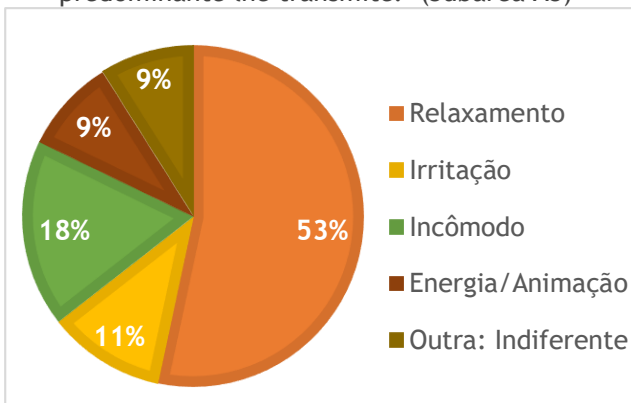


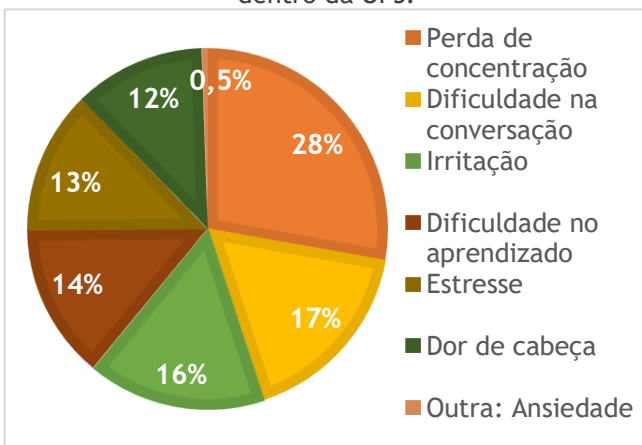
Gráfico 15 - "Qual a sensação que este som/ruído predominante lhe transmite?" (Subárea A3)



No que se refere à relação entre ruído e saúde, pouco mais da metade dos participantes (63%) reconhecem que o ruído é nocivo à saúde e atividades humanas, 26% responderam negativamente e 11% não souberam responder. Apenas um percentual de 45% disse sentir efeitos prejudiciais relacionados ao ruído dentro da UFS, 46% negaram, e 9% não sabiam. Dentre as reações psicossociais elencadas associadas ao ruído

em geral percebido no *campus*, 28% dos voluntários apontaram a perda de concentração, seguido das alternativas: dificuldade na conversação 17%, irritação com 16%, dificuldade no aprendizado 14%, estresse com 13%, dor de cabeça 12% e 1 pessoa adicionou como opção extra, ansiedade (Gráfico 16).

Gráfico 16 - Efeitos prejudiciais associados ao ruído dentro da UFS.



Com relação à frequência destes efeitos, mais da metade percebem às vezes estes danos (58%), 25% responderam muitas vezes, 7 pessoas (10%) sentem raramente, e apenas 7% (5 usuários) identificaram como sempre. Há diversos estudos que associam distúrbios na saúde em geral à exposição ao ruído. O ruído abaixo de 50 dB(A) é considerado confortável pela OMS. A partir de 55 dB(A) provoca estresse leve,

excitante, causando dependência e levando a durável desconforto (PIMENTEL-SOUZA, 1992).

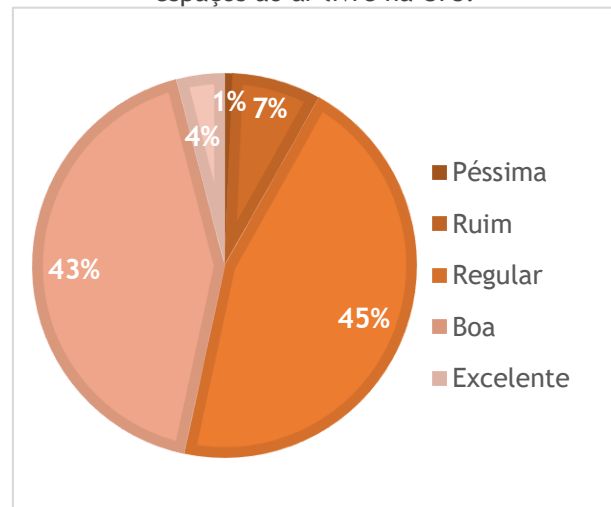
Buscou-se analisar o conhecimento dos entrevistados acerca da importância da ausência de ruído excessivo para a manutenção da qualidade de vida. Os resultados apontam que a maior parte dos participantes responderam positivamente (82%), e a mesma quantidade 9% (14 pessoas) negaram e não sabiam responder. Dado esse satisfatório, pois mostra que os usuários estão conscientes a respeito da interferência do ruído no dia a dia do cidadão. A respeito da percepção sobre o aumento do ruído ambiental dentro da UFS, 45% não souberam responder, 35% responderam “sim” e 20% afirmaram que “não”. Com relação à percepção da qualidade acústica nos espaços abertos na UFS - *Campus São Cristóvão*, 67 pessoas (45%) consideraram regular, 43% definiram como boa (63 usuários), 7% afirmaram ser ruim, 4% acharam excelente e apenas 1 (1%) classificaram como péssima (Gráfico 17).

Este dado está associado à percepção que a maioria dos sons e ruídos notados dentro da UFS, *Campus São Cristóvão - SE*, possui intensidade tolerável por 42% dos entrevistados e causam a sensação de incômodo em 30%, propiciam relaxamento em 30% e energia/animação em 20% do total de voluntários.

Relacionando as análises objetiva e subjetiva, pode-se perceber que apesar da metade dos usuários

considerarem a fonte de ruído predominante na subárea A1 como tolerável, a maior parte desta região ultrapassa os limites estabelecidos pela NBR 10151 (ABNT, 2019) de 50 dB(A). Estas respostas demonstram que a exposição contínua e repetida ao ruído não é mais percebida, o que pode causar prejuízos à saúde dos usuários, mesmo não sendo percebida de forma consciente. Reações psíquicas como a disposição e a motivação podem ser afetadas negativamente por conta do ruído. Segundo, Lacerda; *et al.*, (2005), o nervosismo e a agressividade aumentam e a capacidade de aprendizagem e de concentração são abaladas facilmente. Além disso, a partir de 55 dB(A) o ruído provoca estresse leve, excitante, causando dependência e levando a durável desconforto (PIMENTEL-SOUZA, 1992).

Gráfico 17 - Avaliação da qualidade acústica dos espaços ao ar livre na UFS.



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão desta monografia se faz acerca do atual cenário da paisagem sonora urbana e os efeitos gerados pela exposição a níveis de ruído, inclusive em *campi* universitários, os quais não estão livres deste impacto sonoro. Com o mapeamento acústico da Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos” da UFS, São Cristóvão - SE, pode-se obter diversas informações, as quais podem orientar a setorização de diferentes atividades no interior do *campus*, sem interferência de fontes sonoras indesejáveis que pode reduzir o desempenho dos usuários. Além disso, podem servir como base para melhor direcionamento do planejamento urbano e crescimento das cidades, favorecendo, assim, a qualidade de vida dos cidadãos.

Constatou-se, no *campus* da UFS, que o tráfego de veículos é o principal agente perturbador da paisagem sonora do seu entorno urbano, o que também ocorre na maioria dos mapas acústicos analisados. Em relação às fontes sonoras pontuais presentes no interior da UFS, como compressores de ar condicionado, que causam incômodo, dependendo da situação, o seu ruído pode ser controlado por barreiras acústicas ou até mesmo por enclausuramento.

A determinação da qualidade ambiental de ambientes ao ar livre tem conotação subjetiva e está relacionada à herança biológica, criação, educação, com a profissão que exerce e também com o entorno físico. A percepção sonora apreendida está integrada a um contexto que inclui informações dos demais órgãos sensoriais. Com a análise dos 148 questionários, percebeu-se que o desconforto dos entrevistados não aumentou efetivamente com a proximidade da fonte de ruído linear. O uso de componentes naturais, como vegetação, é uma solução eficiente para diminuir o estresse acústico e reduzir os efeitos psicossociais gerados pela exposição ao ruído (MAGIOLI; TORRES, 2018).

Como recomendação para trabalhos futuros são sugeridas: a avaliação da acústica ambiental no *Campus* da UFS, São Cristóvão - SE, com análises objetivas e subjetivas nas áreas não contempladas neste trabalho; assim como, ampliação e realização da análise nos períodos diurno e noturno, respectivamente; confecção de trabalhos semelhantes nos demais *campi* da UFS, gerando um material para comparação e referência e refazer estes estudos com simulações de cenários futuros e medidas mitigadoras.

Assim, com a realização do objetivo principal deste TCC, a avaliação da acústica ambiental no *Campus* da UFS, São Cristóvão - SE, por meio de análises objetivas e subjetivas, o mapa acústico desenvolvido pode ser utilizado como ferramenta estratégica de apoio, diagnóstico e planejamento, pois, fornece orientações relativas às zonas a preservar e/ou a

corrigir, do ponto de vista do ruído ambiental. Além de esclarecer para a comunidade acadêmica a relevância deste estudo na Universidade Federal de Sergipe, *Campus São Cristóvão*, local que necessita de baixos níveis sonoros para realização adequada de suas atividades.

## 8. REFERÊNCIAS

Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Guia prático para medições de ruído ambiente no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996. Outubro, 2011.

AMARILLA, Rosemara Santos Deniz; AVELAR, Marcio; RIBEIRO, Rodrigo Scoczynski; CATAI, Rodrigo Eduardo; SOUSA, Raylton Pereira; MATOSKI, Adalberto. Modelagem acústica: Processo de avaliação de poluição sonora em um campus universitário na cidade de Curitiba - Paraná. **XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica**. Porto Alegre/RS, 3 a 5 out. 2018.

Americans for the Arts, 2015, New York. **Early Childhood Arts Education Improves Vocabulary, Communication, and Memory in Young Children**, 2008. Disponível em: <https://www.americansforthearts.org/by-program/reports-and-data/research-studies-publications/americans-for-the-arts-publications/research-reports>. Acesso em: 22 de jan. de 2020.

ANSAY, Samuel Soares. **Estudo da Poluição Sonora através do Mapa de Ruído na implantação do novo Campus Universitário da Universidade Tecnológica Federal o Paraná - UTFPR**. 2013. 136 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba: [s.n.], 2013.

ARAÚJO, Gerri Sherlock. **A instalação da Universidade Federal de Sergipe: O ensino de graduação sob o signo da reforma universitária**. São Cristóvão, [s.n.].

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.152: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BARROS, Lia A. F. **Avaliação de projeto padrão de creche em conjuntos habitacionais de interesse social: o aspecto da implantação**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BISTAFA, Sylvio r. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. Ed. S/l: Blucher, 2011.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHAWELA, D. H. **Guidelines for Community Noise**. World Health Organization (WHO). Geneva: Stockholm University and Karolinska Institute, 1999.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988.

\_\_\_\_\_. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 ago. 1981.

\_\_\_\_\_. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 jul. 2001.

\_\_\_\_\_. **Perda auditiva induzida por ruído (Pair)**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº01**, de 08 de março de 1990. Dispõe sobre a poluição sonora. Publicado no D.O.U. de 02 de abr. 1990.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº20**, de 07 de dezembro de 1994. Dispõe sobre a instituição do Selo Ruído de uso obrigatório para aparelhos eletrodomésticos que geram ruído no seu funcionamento. Publicado no D.O.U. de 30 de dez. 1994.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº252**, de 01 de fevereiro de 1999. Dispõe sobre os limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento para veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais e importados. Publicado no D.O.U. de 01 de fev. 1990.

BRITO, Luiz Antonio P. F. de; MEIRELLES, Juliano; BUZZO, Luciano; CÂNDIDO, Jorge. **Tempo de medição adequado para determinação do ruído gerado pelo tráfego de veículos no meio urbano**. XII Encontro Nacional E VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília: ENCAC, 2013. 25 a 27 de set. 2013.

BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjør Sound & Vibration Measurement A/S, 2000.

CANTIERI *et al.* **Elaboração de um Mapa de Ruído para a região central da cidade de Curitiba - PR**. Revista Produção Online, Santa Catarina, v. 10, n.1, p.71-95, 2010.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica arquitetônica**. 2. ed. Brasília: Theasurus, 2010.

CATUNDA, Marta; REIGOTA, Marcos. Tudo que Vai Volta: contribuições para a educação ambiental sobre o estudo da paisagem sonora no cotidiano escolar. **Revista RJ Ciências Humanas e Sociais**, EDUR, vol. 35, n. 2, p. 164-178, jul./dez. 2013.

CEARÁ. **Carta Acústica de Fortaleza**. Fortaleza: SEUMA - Prefeitura Municipal de Fortaleza. 2013.

CIRINO, Tarciana Lima. **“Paisagem Sonora” dos espaços públicos urbanos, sob a ótica da sustentabilidade ambiental**. 2012. 151 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH, Recife: Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2012.

CROCE, B. O que são mapas de ruído? **Portal Acústica**, Florianópolis, 11 de nov. de 2018. Disponível em: <http://portalacustica.info/mapas-de-ruído-casos-brasileiros-de-sucesso/>. Acesso em: 30 de abr. de 2019.

DE GIULI, V.; DA POS, O.; DE CARLI, M. **Indoor environmental quality and pupil perception in italian primary schools**. Building and Environment, 2012, v. 56.

DE MARCO, Conrado Silva. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

DELIZOICOV, Demétrio; LORENZETTI, Leonir. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, SC, v. 03, Jun. 2001.

DGMR SOFTWARE. **iNoise - Noise Prediction for Industry and Wind Turbines**. The Netherlands, 2020.

EUROPEAN UNION. Directive 2002/49/EC - relating to the assessment and management of environmental noise. **Official Journal of the European Communities**, 2002.

FERNANDES, Ana Paula Soromenho. **Ruído Ocupacional: Avaliação de Ruído - Estaleiro Central da SETH, AS**. 2013. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Politécnico de Setúbal (IPS), Setúbal: Seth, 2013.

GANIME, J. F.; SILVA, L. A.; ROBAZZI, M. L. C. C.; SAUZO, S. V.; FALEIRO S. A. O ruído como um dos riscos ocupacionais: Uma revisão de literatura. **Enfermería Global**. Espanha/Murcia, n. 19, p. 7-8, jun. 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIUNTA, Mariene Benutti. **Análise de Modelagem de Previsão Acústica e Mapeamento Sonoro para a Cidade de São Carlos- SP**. 2013. 155 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2013.

GIUNTA, Mariene Benutti; SOUZA, Léa Cristina de; VIVIANI, Eliane. Sensibilidade de parâmetros de um modelo de cálculo para a simulação do ambiente acústico urbano. **XII ENCAC - VIII ELACAC**. Brasília, set. 2013.

GUEDES, Italo C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. 2005. 139 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas: [s.n.], 2005.

GUEDES, Italo César Montalvão; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju - Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 40-51, jul./dez. 2014.

GUEDES, Italo C. M. **Modelo probabilístico para investigação da influência de pontos de ônibus no ruído do tráfego veicular urbano**. 2018. 180 p. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas: [s.n.], 2018.

HAGEN, M.; HUBER, L.; KAHLERT, J. Acoustic school design. In: **FORUM ACUSTICUM SEVILHA. Proceedings**. Sevilha, 2002.

HIRASHIMA, Simone Queiroz da Silveira. **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte - MG**. 2014. 246 p. Tese (Doutorado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

HENRIQUES, Ana Célia Pinto Teixeira; SILVEIRA, Andréa Pereira. Percepção da Poluição Sonora no Ambiente Escolar. **Conexões, Ciência e Tecnologia**. Fortaleza/CE, v.11, n. 4, p. 62-70, dez. 2017.

IBIAPINA, Diany dos S.; BARBOSA, Adriana G.; PASSOS, Nayra da M.; MACIEL, Antônia Juliane N.; SILVA, Hélia dos A.; SANTOS, Crislaine Aparecida P dos. Poluição sonora: Percepção dos moradores de Barreiras, Bahia. **69ª Reunião Anual da SBPC**. Belo Horizonte/MG, jul. 2017.

ILARIA, Spiga. **Source publication**. s/l, jun. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Sound-map-of-the-propagation-of-drilling-noise-at-frequency-125-Hz-Isolines-represent\\_fig6\\_318362677](https://www.researchgate.net/figure/Sound-map-of-the-propagation-of-drilling-noise-at-frequency-125-Hz-Isolines-represent_fig6_318362677). Acesso em: 15 ago. 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/1: Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures**, 1996/1. Suíça, 2016.

\_\_\_\_\_. **ISO 1996/2: Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of sound pressure levels**, 1996/2. Suíça, 2017.

\_\_\_\_\_. **ISO 9613/1: Acoustics: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors. Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere**, 9613/1. Suíça, 1993.

\_\_\_\_\_. **ISO 9613/2: Acoustics: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors. Part 1: General method of calculation, 9613/2.** Suíça, 1996.

KANG, Jian. **Urban Sound Environment.** USA and Canada: Taylor & Francis, 2007.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LACERDA, A. B. M. de; MAGNI, C.; MORATA, T. C.; MARQUES, J. M.; ZANNIN, P. H. T. **Ambiente urbano e percepção da poluição sonora.** Ambiente & Sociedade, Paraná, v. VIII, n. 2, 2005.

LANDGRAF, R. M. **Paisagem sonora na educação infantil: o caminhar para uma escuta pensante através de ações do PIBID.** In: CONGRESSO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO MUSICAL, 23., 2017, Natal. Anais [...]. Natal: Abem, 2017. v. 2.

LEAL, Gyane Karol Santana; SOUZA, Eliseu da Silva; FACHÍN-TERÁN, Augusto. Bosque da ciência: Espaço não formal institucionalizado como elemento facilitador no processo de aprendizagem científica através do lúdico. **IV Simpósio de Educação em Ciências na Amazônia (SECAM).** Manaus/AM, set. 2014.

LICITRA, Gaetano. **Noise Mapping in the EU: Models and Procedures.** s/l: CRC Press, 2013.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais.** ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências, Minas Gerais, v. 3, n. 1, 2001.

MAGIOLI, Flavia Benevides; TORRES, Julio Cesar Bascher. Influência das transformações urbanas no conforto acústico: estudo-piloto da cidade universitária da UFRJ. **URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management),** 2018, maio/ago., 10(2), p. 400-413.

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

MENEZES, Cassio Roberto Conceição. **Dinâmica Urbana do Bairro Rosa Elze: o papel das políticas na transformação do espaço.** SCIENTIA PLENA 7, Sergipe, v. 7, n. 11, 2011.

MIGUEL, Fábio. **Paisagem Sonora: Um estudo da voz humana como símbolo sonoro.** 2012. 316 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Programa de Pós-Graduação em Música, São Paulo/SP, 2012.

MORAES, Elcione; MELO, Gustavo; RAMOS, Denilson; UAKTI, Mindiyara. **A contaminação acústica na Cidade Universitária da Universidade Federal do Pará em Belém.** XII Encontro Nacional E VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília: ENCAC, 2013. 25 a 27 de setembro. 2013.

MURGEL, Eduardo. **Fundamentos de acústica ambiental.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

NAGEM, Míriam Pompeau. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia.** 2004. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo: [s.n.], 2004.

NOVAES, Gabriel de Alencar; ALUCCI, Marcia Peinado; MONTEIRO, Leonardo Marques. **Estresse e conforto acústico do pedestre em São Paulo.** XII Encontro Nacional E VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília: ENCAC, 2013. 25 a 27 de setembro. 2013.

OITICICA, M. L. G. da R.; GOMES, M. de L. B. **O estresse do professor acentuado pela precariedade das condições acústicas das salas de aula.** XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção. Florianópolis, SC, Brasil, 2004.

OLIVEIRA, L. H. S. de. *et al.* O bosque da ciência mediando o diálogo na prática educativa ambiental. In: TERÁN, A. F.; SANTOS, S. C. S (orgs.). **Novas Perspectivas de Ensino de Ciências em espaços não formais Amazônicos.** 1ª ed. Manaus-AM: UEA Edições, 2013.

OLIVEIRA, Angela Luiza; NUNES, Maria Alzira de Araújo. Mapeamento acústico e avaliação do impacto do ruído de tráfego veicular no *Campus Gama* - Universidade de Brasília. **XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica.** Porto Alegre/RS, 3 a 5 out. 2018.

OPENCADD. MATLAB: Matemática. Gráficos. Programação. **OPENCADD: Model-Based design driven company.** s/l, 2019. Disponível em: <https://opencadd.com.br/matlab/>. Acesso em: 17 jun. 2020.

PIMENTEL-SOUZA, F. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - Ênfase urbana. **Revista Brasileira de Acústica e Vibrações**, Belo Horizonte, v. 10, 1992.

PINTO, Débora; ARAÚJO, Virgínia; ARAÚJO, Bianca. **Mapeamento acústico na área de influência do estádio arena das dunas, Natal-RN.** XII Encontro Nacional E VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. Brasília: ENCAC, 2013. 25 a 27 de setembro. 2013.

PROACÚSTICA - Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. **Manual ProAcústica para Qualidade Acústica em Escolas.** São Paulo, 2019.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso; AZEVEDO, Giselle Arteiro; BRASILEIRO, Alice; ALCANTARA, Denise de; QUEIROZ, Mônica. **Observando a qualidade do lugar: Procedimentos para a avaliação pós-ocupação.** Rio de Janeiro: Proarq, 2009.

RABELO, Alessandra Terra V.; GUIMARÃES, Ana Carolina F.; OLIVEIRA, Rafaella Cristina; FRAGOSO, Lygia Bueno; SANTOS, Juliana Nunes. Avaliação e percepção docente sobre os efeitos do nível de pressão sonora na sala de aula. **Distúrbios Comum.** São Paulo, p. 715-724, dez. 2015.

SANTOS, Fátima Carneiro dos. Por uma educação musical para além da 'nota': O exercício de escuta e composição de paisagem sonora. **ANPPOM - XV Congresso**, [s.l.], 2005.

SANTOS, Fátima Carneiro dos. **A paisagem sonora, a criança e a cidade: Exercícios de Escuta e de Composição para uma Ampliação da Idéia de Música.** 2006. 237 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, Campinas/SP, 2006.

SÃO CRISTÓVÃO. **Lei nº 044 - Plano Diretor de São Cristóvão.** São Cristóvão: Prefeitura Municipal de São Cristóvão, 2009.

\_\_\_\_\_. **Lei Orgânica Municipal**, de 3 de abril de 1990. 1. ed. atual. São Cristóvão: Prefeitura Municipal de São Cristóvão, 2010.

\_\_\_\_\_. Projeto de Lei - **Plano Diretor Participativo São Cristóvão.** São Cristóvão: Prefeitura Municipal de São Cristóvão, 2018.

SÃO PAULO. **Lei nº 16.499 - Mapa de Ruído Urbano.** São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2016.

SCHAFER, Raymond Murray. **A afinação do mundo: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora.** Tradução: Marisa Trench Fonterrada. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

SERGIPE. [Constituição (1988)]. **Constituição do Estado de Sergipe**. Aracaju: Assembleia Legislativa do Estado de Sergipe, 05 out. 1989.

\_\_\_\_\_. [Constituição (1988)]. Lei 2.181, de 12 de outubro de 1978. Autoriza o Poder Executivo a criar a Administração Estadual do Meio Ambiente, sob a forma de autarquia estadual, e dá outras providências. Aracaju: **Assembleia Legislativa do Estado de Sergipe**, 12 out. 1978.

SILVA, Munique Teixeira da. Educação Sonora. **Revista Cadernos de Gestão e Empreendedorismo - CGE**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, 2015.

SONODA; André Vieira. Análises dos Índices de Pressão Sonora no Campus I da UFPB em 2015 e suas Implicações para a Educação. **REVISTA LATINO-AMERICANA DE ESTUDOS EM CULTURA E SOCIEDADE - RELAcult**. s/l: CLAC, 2016. Ed. Especial, dezembro. p. 184-199, 2016.

SOUZA NETO, Olmiro Cezimbra de; PAUL, Stephan. Considerações sobre o mapeamento de ruído no campus da Universidade Federal de Santa Maria - ruído rodoviário. **XXV Encontro SOBRAC**. Campinas/SP: SOBRAC, 2014.

SOUZA, L.C.L.; ALMEIDA, M.G.; BRAGANÇA, A.L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura**. São Carlos: EDUFSCAR, 2012.

SOUZA, R. B. E. **O Som Nosso de Cada Dia: Análise do comportamento da Acústica Urbana a partir de modificações na Forma Urbana**. 2010. 141 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SOUZA, Josefa Eliana; SANTOS, Patrícia Francisca de Matos; LIMA, Ana Paula Soares; MELO, Nalison. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE: DE FACULDADES ISOLADAS A EXPANSÃO (1948 - 2008). **VI CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO - CBHE**, Espírito Santo, ano 6, 2011. Disponível em: [www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe6/anais\\_vi\\_cbhe/conteudo/file/1014.doc](http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe6/anais_vi_cbhe/conteudo/file/1014.doc). Acesso em: 13 mar. 2019.

UFS. História. **Universidade Federal de Sergipe**, s/l, 2020. Disponível em: <http://www.ufs.br/pagina/432>. Acesso em: 15 mar. 2019.

VICENTINI, Bianca. Poluição sonora: Crime ambiental. **Politize**, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.politize.com.br/poluicao-sonora-crime-ambiental/>. Acesso em: 30 abr. 2019.

YORG, C.M.; ZANNIN, P.H.T. **Noise evaluation in the Itaipu Binacional Hydroelectric Power**. 27<sup>o</sup> International Congress on Occupational Health. Iguassu Falls, Brazil, 2003.

ZAJARKIEWICCH, D. F. B. **Poluição sonora urbana: principais fontes**. Aspectos jurídicos e técnicos. São Paulo. 235 p. Dissertação (Mestrado em Direito das Relações Sociais) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A.; SHUHLI, R. B. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 4, 2002.

ZANNIN, P. H. T.; ENGEL, M. S.; FIEDLER, P. E. K.; BUNN, F. Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. **Cities: The International Journal of Urban Policy and Planning**. [s.l.], n. 31, 2013.

WG-AEN. European Commission Working Group - Assessment of Exposure to Noise. **Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and Production of Associated Data on Noise Exposure**. Position Paper, Final Draft. Version 2, 13th January 2006.

WHO Regional Office for Europe. **Environmental Noise Guidelines for the European Region**. s/l, 2018. Disponível em: <http://www.euro.who.int/pubrequest>. Acesso em: 26 abr. de 2019.

ANEXO – A: Foto do Sonômetro e Calibrador

Sonômetro utilizado: Homis 248



Fonte: Laboratório de Conforto (LabCon) - UFS.

Calibrador utilizado: CAL 3000



Fonte: Laboratório de Conforto (LabCon) - UFS.

## APÊNDICE - A: Níveis de Pressão Sonora Medidos

Tabela 6 - Níveis de Pressão Sonora dos Pontos Medidos nas frequências 25Hz a 10kHz, Níveis de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ ) e Níveis de Pressão Sonora Equivalente ponderado na escala "A" ( $LA_{eq}$ ).

SIGLA	DATA	25 Hz	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10kHz	LEQ	LAEQ
P1EM	19/11/21- --09:04:57	23,4	30,5	36,2	42,4	50,7	56,5	52,3	54,8	56,2	59,6	58,8	59,8	60,8	63,9	64,7	66,2	67,8	67,5	65	63,6	62,3	61,3	60,6	59,2	56,2	52,7	49,3	<b>84,3</b>	<b>75,6</b>
	19/11/21- --09:13:32	23,2	29,9	36,4	41,3	53,9	56,6	54,6	58	59,1	60,9	60,7	61,7	62,6	64,5	65,7	66,4	68,3	68,3	66,4	66	65,4	63,1	62	60,2	57,3	53,8	49,5	<b>85,7</b>	<b>77,9</b>
	19/11/21- --09:20:29	21,8	29,5	35,6	41,4	47,4	48,3	52,9	58,7	55,2	56,7	58,4	59,7	61,4	63,7	64,3	66	67,9	67,5	65,8	63,8	62,5	61,2	60,8	59,7	56,8	53,4	48,8	<b>82,5</b>	<b>75,5</b>
P2EM	19/11/21- --09:40:08	20,8	26,6	32,9	38,6	43,3	46	51,9	52,5	55,9	56,9	58,1	58,4	61,2	63	63,3	65,1	67	66,4	63,3	61,1	59,2	58,1	57,5	55,2	52,8	49,8	45,5	<b>80,6</b>	<b>74</b>
	19/11/21- --09:47:16	21,6	28,8	34,3	39,7	51,8	49,5	55	57	54,6	57,1	57	57,3	59,3	62,8	62,9	64,5	65,7	65,1	62,2	60,5	58,9	57,8	57,2	55,2	53	50,7	46	<b>82,9</b>	<b>73,3</b>
	19/11/21- --09:52:55	21,1	28,6	36,1	39,9	47	47,2	52,3	55,1	55,1	56,8	57,7	57,2	60,2	63,3	63,7	65,2	66,4	67	64,2	63,5	60,9	60,2	58,7	57,5	55,5	52,2	48,5	<b>81,5</b>	<b>74,4</b>
P3EM	19/11/21- --10:11:30	23,3	30,9	36	42	44,2	55,2	57,1	56,3	60,2	60,1	60,2	60,8	63,2	65,6	65,4	66,7	68,4	67,9	65,4	64,7	64,2	61	60,2	59,2	57,2	53,5	48,5	<b>84,3</b>	<b>76,4</b>
	19/11/21- --10:17:24	23,7	30,1	35,1	39,9	43	46,5	51	52,5	53,7	56,4	57,9	58,7	60,8	63,7	64,4	65,8	67,7	67,2	64,6	63,7	62,5	60,3	59,6	59	56,4	52,9	48,3	<b>80,9</b>	<b>74,9</b>
	19/11/21- --10:22:57	27,8	29,2	38,2	40,7	45,2	48	51,4	56,1	55,4	59,4	61,2	59,7	61,6	64,9	65,2	66,9	68,5	67,8	64,5	62,7	61,3	59,8	59,5	58	56,2	53	49	<b>82,6</b>	<b>75,6</b>
P4EM	19/11/21- --10:37:54	23,4	29,8	35,9	42,9	44,6	50,4	52,3	55,6	58,4	59,9	60,8	61,5	63,8	66,5	67	68,7	70,1	69,6	67,2	65,4	63,9	62,7	62,3	61,8	59,5	57,7	51,2	<b>83,3</b>	<b>77,9</b>
	19/11/21- --10:43:51	21,4	28,4	33,4	37,4	44,3	47,2	52,3	54,2	55,8	58,7	60,3	60,9	62,9	66,3	67	69,2	70,8	70,3	66,9	64,5	62,5	60,9	60,1	58,5	56,3	52,8	48	<b>82,1</b>	<b>77,5</b>

Continua

Continuação

	19/11/21- --10:49:40	22,1	29,4	34,3	44,3	45	51	53,4	53,4	57,5	60	60,7	61,3	63,4	66,8	67,7	69,4	70,5	69,6	67	65,1	64,3	63,6	62,2	61	58,3	55,4	51,7	<b>83,4</b>	<b>78,3</b>
P1ET	19/11/26- --14:49:03	21,7	28,7	34,5	39	50,8	53,5	52,1	58,3	60,6	59,3	59,7	60,9	62,2	64,6	64,8	65,1	66,4	63,1	64	62,7	62	60,7	60,5	59,6	56,9	53,3	48,5	<b>83,8</b>	<b>75,4</b>
	19/11/26- --14:54:51	22	26,2	31,9	40,8	46,9	47	49,7	51,4	52,3	53,6	55	56,3	57,4	60,4	60,7	62,5	64,4	64	61,1	59,1	57,3	56,3	55,8	54,6	51,9	49	44,3	<b>79,8</b>	<b>71,8</b>
	19/11/26- --15:01:13	18,1	24	31,5	35,9	41,6	45,9	50,2	54,6	52,4	53,9	56,3	57,2	58	60,6	61,3	62,6	64,5	64,3	62,4	60,8	59,6	59,3	57,9	56,7	54	51	46	<b>78,8</b>	<b>72,5</b>
P2ET	19/11/26- --15:12:49	18	28	32,8	36,7	41,6	47,2	51,1	51,8	53,2	54,6	55,5	56,8	58,6	60,8	61,3	62,5	63,8	63,1	60,3	58,7	57,2	56	55,6	54,3	52,3	49,7	45	<b>79</b>	<b>71,6</b>
	19/11/26- --15:18:18	18,3	27	34,1	36,9	42,1	46,3	51,3	54	55,6	57,7	57,1	57,3	59,2	61,2	61,6	63,2	64,7	64	61,2	59,4	57,9	56,5	55,3	53,6	51,1	47,9	42,6	<b>79,7</b>	<b>72,3</b>
	19/11/26- --15:24:37	19,5	25,9	31,1	36,8	40,3	43,5	47,4	52	51,3	53,5	54,9	56,5	58,6	61,1	61,2	63	65,1	64,1	60,8	59	57,3	56,3	56,1	54,2	52,4	53,2	47,4	<b>77,9</b>	<b>72</b>
P3ET	19/11/26- --15:36:56	19,4	26,6	33,2	36,8	41,8	45,6	46,9	51	53,7	54,4	56	56,7	59,2	61,5	61,9	64	66	65,3	62,8	60,9	59,5	57,9	57,6	56,5	53,8	50,4	46,3	<b>78,8</b>	<b>73,1</b>
	19/11/26- --15:42:35	20,2	28,8	34,9	39,7	46,1	47,8	49,5	52,7	55	56,9	58,8	58,6	61,2	64	64,1	65,7	67,2	66,4	63,6	62	61,1	59,5	58,5	57,6	54,8	51,5	46,2	<b>81</b>	<b>74,6</b>
	19/11/26- --15:49:44	20,9	28,1	33,4	40,1	46,2	45,8	52,7	54	54,3	58,4	56,8	57,5	59,5	62,4	63,5	65	66,8	66,3	63,5	61,9	59,9	58,9	57,8	56,7	53,8	51	47	<b>80,9</b>	<b>74,1</b>
P4ET	19/11/26- --16:02:29	21,4	28,9	33	40,3	44,3	48,5	54,5	54,5	56,6	61,1	59,8	60,3	62,9	65,4	66,2	68	69,3	68,4	65,4	63,7	62	60,8	60,5	59,5	57,7	54,1	49,3	<b>82,4</b>	<b>76,9</b>
	19/11/26- --16:08:06	22,2	27,7	34,1	37,8	45,3	47,4	53,1	54,6	56,3	59,2	60,3	60,9	63	65,9	66,7	68	69,6	68,7	65,9	64,1	62,1	60,5	60,3	59,3	56,3	52,7	48,5	<b>82,1</b>	<b>76,9</b>
	19/11/26- --16:14:02	19,1	27	31,6	40,6	40,8	48,4	53,7	53,3	56,7	57,2	59,1	59	60,8	64,2	65,4	67,3	68,9	68,6	65,3	63,2	61,4	60	59	57,1	54,8	51,5	47,5	<b>81,4</b>	<b>76,1</b>
P1IM 10	19/11/28- --09:49:11	17,9	23,6	28,8	34,2	43	44,8	40,3	43,3	44,4	45,4	44,9	46	45,7	47,8	49	49,6	51,6	50,8	48,3	47,5	47,7	47	48,8	45,9	45,3	41,9	39,6	<b>74,4</b>	<b>60,5</b>
P1IM 20	19/11/28- --10:01:46	20,6	27,7	29,3	36,1	39,9	49,5	42,7	44	47,4	43,3	42,5	44,1	44,5	46	47,1	47,4	48,3	47,8	46,4	45,5	44,7	44,3	43,4	41,3	38,8	35,5	31,7	<b>76</b>	<b>58,4</b>

Continua

## Continuação

P2IM 10	19/11/28- --10:14:31	21,6	32,4	33,9	35,4	40,8	43,1	44,5	44	44,6	46,4	48,5	48,3	48,5	50,7	52,1	52,9	53,7	53,7	53,1	53,3	53,1	51,6	50,8	49	45,6	41,8	36,1	<b>76,6</b>	<b>63,3</b>
P2IM 20	19/11/28- --10:22:30	20	28,2	30,7	34,3	37,9	41,5	42,8	44,7	44,2	43,8	43,8	43,9	44,5	45,3	46,3	46,5	49,6	48,2	46,9	45,7	45,2	44,9	46,8	45,7	42	40,7	36,3	<b>73,9</b>	<b>58,2</b>
P3IM 10	19/11/28- --10:35:26	18,1	25,4	29,8	36,1	40,7	43,3	41,9	43,5	45,6	44,5	44,3	44,6	46,6	51,9	51	52,5	53,7	52,2	48,6	46,2	44,8	42,6	41,5	39,4	36,6	34,1	31,1	<b>74,1</b>	<b>60,8</b>
P3IM 20	19/11/28- --10:51:31	19	24,3	30,1	35	42,1	46,8	43,5	44,6	46,5	46	46,5	46,5	47,6	50	49,7	51,1	52,6	52,1	50	49	46,4	44,3	43,6	41,4	39	35,7	31,5	<b>75,1</b>	<b>60,7</b>
P4IM 10	19/11/28- --11:09:34	15,8	22,1	27,3	39,8	43,5	47,7	44,7	45,1	47,2	48,7	44,8	47	47,8	50,2	51,6	53,3	53,6	52,3	49,4	48,1	46,6	44,4	44,5	42,9	40,2	37,6	33	<b>76,2</b>	<b>61,8</b>
P4IM 20	19/11/28- --11:15:37	15,4	21,2	25,3	32	36,3	39,9	42,4	43,9	44,8	45,9	46,2	46,8	47,5	47,9	48,4	49,7	51,8	51,5	48,3	45,7	43,8	43,6	42	40,5	38	35	31,8	<b>71,2</b>	<b>59,6</b>
P1IT1 0	19/11/28- --14:12:01	21,4	27,7	36,2	39,3	39,7	45,3	46,7	44,8	45,5	46,7	47,4	49	50,9	50,7	51,8	53,8	55,5	56,7	55,9	55,6	54	52,3	50,9	49,4	46,9	42,3	37	<b>77</b>	<b>65,3</b>
P1IT2 0	19/11/28- --14:19:07	18,3	22,9	25,4	29,8	35,8	44,4	39,4	38,8	44,3	41,9	42,4	42,6	43,5	43,7	45,1	45,7	47,1	46,8	44,6	43,4	42,6	41,6	40,9	39,7	38,8	35,2	31,5	<b>71,6</b>	<b>56,6</b>
P2IT1 0	19/11/28- --14:35:14	17	24,7	29,2	33,4	39,3	43,4	42,6	42,2	43,1	43,4	44,6	45,4	45,2	47	47,1	48,4	50,8	49,4	46,9	44,7	43,9	43,4	50,1	41,3	39	36,2	33,3	<b>73</b>	<b>59,2</b>
P2IT2 0	19/11/28- --14:41:16	21,1	25,9	31,1	33,4	38,4	42,9	41,8	42,4	43,9	44,9	45	44,9	45,2	46,6	47,1	47,3	49,2	48,5	46,9	44,9	44,3	43,2	42,6	41,1	38,9	35,7	31,5	<b>73,7</b>	<b>58,3</b>
P3IT1 0	19/11/28- --14:54:36	19,2	25,5	33,6	41	41	43,3	45,4	44	45,4	44,8	45,7	46,5	46,8	48,8	50,7	51,8	52,4	51,5	48,6	46,8	45,7	44,3	43,1	41,9	39,4	36	32,3	<b>76,1</b>	<b>60,7</b>
P3IT2 0	19/11/28- --15:00:23	22,8	27,7	32,6	36,9	44,7	42,4	43,4	45,8	45,4	46,4	46,6	47	47,9	49,2	49,7	50,4	51,9	50,9	48,2	46,7	45,6	44,3	43,4	42,5	39,4	35,9	31,3	<b>76,3</b>	<b>60,4</b>
P4IT1 0	19/11/28- --15:15:08	16	23,2	27,5	35,1	39,8	42,8	46,7	45,4	48,1	49,7	51,3	47,9	50	53	52,4	54,7	55,1	53,9	51,1	49	46,8	45,1	44,4	43,4	40,7	37,1	32,5	<b>74,2</b>	<b>63,3</b>
P4IT2 0	19/11/28- --15:20:58	15,1	21,3	25,6	31,7	42,2	39,8	43,8	45,2	44,9	45,9	46	46,7	47,9	48,1	48,4	49,8	51,7	51,5	48,3	45,6	43,6	43,4	41,9	40,3	37,3	34,2	29,8	<b>72,9</b>	<b>59,9</b>
F1	19/12/10- --09:45:53	13,1	20,9	29,6	29,7	30,8	43,1	38,3	43,4	45,7	43,4	41,7	46,2	49,9	49,5	48,7	48,5	48,5	49,4	48	51,1	46,6	43,2	45,1	44,5	41,6	37,6	40,1	<b>71,3</b>	<b>60</b>

Continua

Continuação

F2	19/12/10- --09:50:25	12,9	19	29,9	29	36,9	40,2	37,7	43	46,9	43,3	41,8	44,8	47,5	47,4	48,9	49	49,9	48,3	48,1	48,5	48,2	48,1	48,3	48,5	46,4	43,7	41,7	<b>71,1</b>	<b>60</b>
F3	19/12/10- --09:55:18	8,2	15,8	31,2	22,9	32,4	32,7	40,6	38,7	38,6	39,6	40,8	44,2	47,7	49,7	48	47,3	47,9	48,1	48,8	45,9	46,5	44,5	47,4	45,6	42,6	38,4	40,4	<b>69,2</b>	<b>58,7</b>
F4	19/12/10- --09:59:23	13,9	20,3	32,8	27,5	34,1	39,7	38	43,6	41,6	43,7	45,3	47,5	50,9	50,1	54,7	54,6	56,2	52,7	55,3	53,3	53,6	50,1	52,8	49,9	48,4	45,1	51,4	<b>72,1</b>	<b>64,4</b>
F5	19/12/10- --10:01:07	10,3	21,2	35,7	26,1	33,3	42,6	37,3	41,3	43,9	45,3	46,5	48,3	51	50,4	52,1	52,1	52,3	50,6	50,8	52,8	48	46	47,5	46,1	44,1	41,4	47,1	<b>73,2</b>	<b>61,9</b>
F6	19/12/10- --10:04:12	19,1	26,2	39,7	34	38,6	42,5	39,6	41,9	41,7	44,8	46,1	48,9	51,2	51,7	52,5	52,2	51,4	50,2	51,1	48,9	48,1	49,1	47,9	47	45,3	41,7	41,5	<b>76,7</b>	<b>61,8</b>
F7	19/12/10- --10:13:24	19,1	23,9	26	34,4	48,9	41,6	44	50,9	55,9	49,5	50,2	49,9	54,1	54,2	54,7	58,8	59	57,7	57,3	57,7	56,7	56,7	57,2	56,2	52,5	47,2	41	<b>78,4</b>	<b>68,2</b>
F8	19/12/10- --10:15:31	17	19,1	29,9	23,4	31,6	34,7	32,9	38,6	43,9	41,9	42,4	45,5	49,6	51,8	51,9	52,1	53,2	52,1	48,7	47,4	47,1	47,9	53,3	51,8	51,8	51,5	43,3	<b>70</b>	<b>62,2</b>
F9	19/12/10- --10:17:24	17,5	19,6	30,6	25	33,3	34,8	36,8	42,6	43,4	42,6	44,5	46,6	51,1	53,4	52,7	53,6	54,1	54,7	51,2	49,4	48,9	50,9	57,4	53,8	54,7	56,1	48,5	<b>71,3</b>	<b>64,5</b>
PC1M	19/12/10- --10:22:57	10,9	16,3	21	23,3	29	29,2	30,1	34	32,1	31,1	31,5	32,5	31,8	33,3	34,9	35,4	37,8	36,6	36,4	36,7	37,7	38,9	40,9	42,2	42,4	38,3	31,1	<b>63,3</b>	<b>49,4</b>
PC2M	19/12/10- --10:26:14	20,4	23,9	26	27,5	30,2	28,8	30,4	31,1	31,1	31,5	30,6	30,3	31,5	32,4	33,3	34,3	35	34,3	33,7	33,1	33,8	34,4	35,3	34,7	33	31,6	29,9	<b>69</b>	<b>45,6</b>
PC3M	19/12/10- --10:28:30	9	14,3	18,7	22,9	28,4	29,2	30,3	32,8	32,8	34,8	35,5	34,3	34,8	36,2	35,5	37,1	37,4	36,1	34,7	35,3	38,4	40,9	43,5	44,4	37,7	32,8	30	<b>62,3</b>	<b>50,1</b>
PC4M	19/12/10- --10:30:44	7,7	12	17,4	22,1	27,2	28,1	28,7	31,8	32,1	33,7	31,7	32,7	33,6	35	35,1	36,7	37,1	36,2	35,6	36,3	39	37,2	37,2	37,7	34,2	30,9	32,8	<b>60,9</b>	<b>47,8</b>
PC5M	19/12/10- --10:35:08	5,8	12	17,2	20,5	27	27,5	28,7	32,5	33,8	34,4	34,6	33	33,6	35,4	36,4	36,7	37,1	36,5	37,5	36,4	35,4	34,7	34,7	34,8	34,5	34,4	29,7	<b>60,6</b>	<b>47,5</b>
PC6M	19/12/10- --10:39:35	10	13,1	16,8	21,7	26,7	26,3	29,3	33,3	33,5	36,2	35	33,4	33,3	37,1	36,1	37,1	37,1	36,6	36	39,1	40,1	43,8	46,4	45,3	37,7	35,2	31,5	<b>61,7</b>	<b>51,6</b>
PC7M	19/12/10- --10:44:59	14,5	18,6	26,3	24,3	32,1	34	32,9	40,7	41,5	45,1	47,4	49,6	55,6	62,1	62,2	63,1	61,3	59,6	61,2	59,3	56,6	54	54,8	49	46,9	41,8	39,9	<b>73,1</b>	<b>70,3</b>

Continua

Continuação

PC8M	19/12/10- --10:47:31	9,3	14,5	21,4	21,5	26,9	28,7	31,1	34,5	36,2	39,3	40,6	41,4	48,8	51,2	52,8	51,5	49,1	48,2	48,3	46,7	47	47,1	47,4	42,2	39,6	35,3	34,4	<b>65,2</b>	<b>59,7</b>
PC9M	19/12/10- --10:50:32	8,4	13,7	28	26,5	27,4	36,1	36	38,4	41	38,8	39,5	40	42,6	44,9	46,2	45	45,5	44,8	44,3	43,6	43,2	42,3	42,9	45,1	43,8	42,6	35,7	<b>67,1</b>	<b>55,8</b>
PC10 M	19/12/10- --10:53:27	8,4	15	21,3	22,6	27,7	27,7	30,8	36,5	42,8	45,5	48,5	54,3	60,5	64,9	67,4	66,3	63,5	63,2	63	59,5	57,6	54,6	54,4	48,7	46	42,1	37,4	<b>75,5</b>	<b>73,3</b>
F1.15	19/12/10- --10:58:22	15,2	20,4	26,3	28,7	29	35,4	34,9	38,4	40,3	38	39,1	40,2	42,3	43,9	43,7	42,7	42,5	42	41,2	40	38,6	37,9	37,4	35	33,7	30,9	31,8	<b>67,8</b>	<b>53,1</b>
PC1T	19/12/10- --14:26:10	12,3	16,1	21,6	22,7	29,5	28,7	29,4	33,5	31,5	32,3	32,9	31,8	32,9	34,2	34,9	36,5	37,5	37,6	37,2	37,7	37,9	37,7	39	37,9	36,8	34,5	30,4	<b>63,6</b>	<b>48,7</b>
PC2T	19/12/10- --14:29:16	22,4	25,4	29	30,4	32,8	32	33	33,1	32,5	32	32,5	33,4	34,9	36,2	37,8	38,1	38,5	38,6	38,5	39,1	40,4	40,5	41,4	40,3	37,6	34,6	30,4	<b>71,2</b>	<b>50,6</b>
PC3T	19/12/10- --14:34:30	16,5	20,9	25,3	25	28,4	30,4	33,3	33,5	32,2	35,1	36	37,4	41,1	43,3	42,8	41,8	41,4	41,4	40,6	41,1	42,5	44,3	47,9	45	41,1	38,1	33,9	<b>66,9</b>	<b>54,4</b>
PC4T	19/12/10- --14:39:07	11,4	15,7	19,1	22,1	27,8	28,2	29,9	32,3	33,2	33,2	34,4	34,9	36,4	37,3	38,2	38,6	38,4	37,8	37	36,5	35,8	35,8	35,5	34,4	31,9	30	29,2	<b>62,7</b>	<b>48,7</b>
PC5T	19/12/10- --14:46:58	15,7	18,7	22,4	23,8	26,9	29,5	30,4	32,1	33,8	33,5	34,5	34,6	35,1	36,3	37,4	37,9	38,9	38,1	37,7	37,9	38,5	39,7	42,3	41,6	37,1	33,7	30,4	<b>65,1</b>	<b>50,2</b>
PC6T	19/12/10- --14:51:21	8,8	15,2	18,1	22,4	28,8	28,9	31,2	36,1	37,5	37,7	37,7	39,3	41,6	43,7	45	43,6	43,2	42,9	43,1	42,1	43,8	45,4	47,9	44,9	40,8	35,6	31,8	<b>63,6</b>	<b>55,3</b>
PC7T	19/12/10- --15:00:49	10,2	17,6	27,8	23,6	30,1	34,4	31,7	39,1	41,2	41,6	46,6	48,8	51	55,7	57,6	57,5	60,9	59,9	55,1	57,9	55	54,2	52,4	48,4	43,5	40,5	38,1	<b>70,6</b>	<b>67,5</b>
PC8T	19/12/10- --15:04:05	7,3	14	18,5	22,6	28,9	28,8	30,1	37	36,7	39,1	47	48,7	51,5	55,2	56,7	57,8	56,3	55,4	54,7	53,5	51,1	49,6	48,9	45,7	42,3	39,7	36,8	<b>68,1</b>	<b>65,2</b>
PC9T	19/12/10- --15:10:55	13	17,9	23,9	25,2	32,2	34,1	34	37,3	38,9	36,4	38,5	39,6	42,2	42,2	43,9	42,4	42,4	41,7	41,7	41,1	40,2	39,1	39,6	38,6	36,3	32,6	30,9	<b>66,3</b>	<b>53,2</b>
PC10 T	19/12/10- --15:13:21	10,3	15,9	20,9	22,5	29,2	29	32,1	39,3	43,9	43,5	49,7	54,2	59	63,7	68	67	64,7	64,9	65,5	63,1	59	58,4	58,2	52,6	48,5	44,8	40,4	<b>76</b>	<b>74,5</b>
PC3M	20/02/27- --09:42:25	7,2	12,5	18,4	24,6	31,1	29,3	30,5	32	32,5	34,2	34,7	34,4	33,9	33	34,7	35,1	36,5	34,5	33	33,4	33,7	33,9	35,1	36,2	35,9	34,4	31,4	<b>62,6</b>	<b>47</b>

Continua

Continuação

PC4M	20/02/27- --09:44:53	4,6	9,5	21,7	21,9	29,7	31,1	28,5	30,1	30,8	31,3	32,8	32,4	32	32,6	34,1	35,2	35,6	34	31,9	32,6	36,8	34,1	33,8	34	32,3	34,5	37,5	<b>62</b>	<b>46,5</b>
PC6M	20/02/27- --09:48:01	2,9	7,9	14,7	19,8	26,7	28,1	27,9	30,7	35,3	34,9	34	33,8	31,7	32,5	33,4	32,8	34	33,9	32,5	33,3	30,9	30,9	32	30,7	29,3	30,9	27,6	<b>59,4</b>	<b>45,5</b>
PC11 M	20/02/27- --09:51:19	5,2	9,6	17,3	22,6	27,1	27,7	27,5	31,6	30,8	31,2	35,2	35	37,2	37,3	38,8	39,4	38,5	37,6	36,5	35,9	35,3	35,7	34,7	34,6	32,4	29,5	30,7	<b>60,5</b>	<b>48,7</b>
PC12 M	20/02/27- --09:53:25	5,2	7,9	18,6	20,3	27,7	26,1	30,5	39,7	35	39,7	42,5	41	43,5	47,8	51,9	48,4	46,5	47,7	47,5	50,3	50,8	49,9	49,1	45,8	43	40	34,1	<b>64,3</b>	<b>59,8</b>
PC13 M	20/02/27- --10:00:43	3,6	8,5	18,6	21,3	29	25,3	28,2	39,6	33,4	35,4	41,1	39,9	42,1	48,1	51,2	48,9	46	45,8	45,2	45,6	45,1	44,1	44,5	41,4	38,5	35,7	34	<b>63,5</b>	<b>57,5</b>
PC14 M	20/02/27- --10:06:26	7	11,2	21,4	20,8	26,9	24,7	29	35,3	35	33,7	35,7	32,6	34,2	36,8	39,1	37,7	38,1	38,1	37,6	38,3	37,8	37,3	36,2	32,9	30,3	28,7	28,6	<b>61,6</b>	<b>49</b>
PC15 M	20/02/27- --10:10:58	8	17,4	20,8	25,6	31	32,1	36,3	35,8	37,2	36,6	36,4	34,8	41	40,9	40,1	40,2	38,4	35,9	34,2	34,2	34,4	34,7	33,8	31,5	29,5	27,3	25,9	<b>64,8</b>	<b>49,8</b>
F1.15 M	20/02/27- --10:13:22	11,4	16,4	23	24,5	29,6	33,3	33,4	38,4	40,2	35,8	36,8	38,3	38,7	38,8	38,6	38,1	38,5	37,6	36,5	42,9	36,9	34,2	34,7	33,5	31,7	29,3	28,7	<b>65,2</b>	<b>50,6</b>
PC9M	20/02/27- --10:17:17	8,2	13,9	30,2	29,6	33,6	34,2	36	39,1	40,7	38,7	39,5	40,7	41,3	41,2	41,7	41,5	43	42,7	42	41,5	41,3	41,1	41,6	42,1	37,3	33,3	30,5	<b>68,5</b>	<b>53,7</b>
P16M	20/02/27- --10:28:20	6,2	13,4	22,5	24,9	30,6	31,9	32,6	34,5	36,1	34,6	33,8	31,7	31,2	33,8	34	33,5	35,3	35,5	36,3	35,4	33,5	32,9	32,7	31,3	29,9	29,2	27,2	<b>63,7</b>	<b>46,5</b>
P17M	20/02/27- --10:32:46	11	22,7	30,4	33,8	38,7	40,6	36,6	38,7	40,4	40,7	42	43	42,4	40,5	41,2	40,9	42,9	42,9	40,7	39,2	37,9	35,7	34,6	32,8	30,3	28,1	28,3	<b>71,6</b>	<b>53,2</b>
P18M	20/02/27- --10:38:44	8,5	16,7	25,6	29,8	44,2	51,8	40,8	41,1	45	39,2	39,8	38,5	38,8	40,3	42,4	42,4	40,4	40	39,5	38,3	38	36,7	36,3	35,6	34	30	27,7	<b>76,3</b>	<b>55,1</b>
P19M	20/02/27- --10:43:24	8,6	20,1	32,2	32,1	40,4	43,6	45,1	44,9	44,8	44,3	45,4	44,2	45,2	45,4	45,8	45,4	44,8	43	42,6	42,5	42,6	41,2	40,2	38,5	35,8	31,4	28,5	<b>73,4</b>	<b>56,6</b>
P20M	20/02/27- --10:49:59	13,2	18,2	23,8	29	33	37,7	39	35,6	37,3	36,2	35,1	33,8	33,6	35,8	36,8	37,3	38,3	37,9	36,6	35,6	35,2	35,1	35,8	33,6	30,6	27,8	31,4	<b>67,5</b>	<b>49</b>
P21M	20/02/27- --10:58:09	18,1	21,4	30,5	36,3	41,8	38,3	41,8	46,2	44	41,1	40,5	41,1	42,3	41,9	43	43,4	43,5	42,6	40,6	39,6	39,4	38,5	37,3	35	33,3	32,9	29,5	<b>73,5</b>	<b>54,5</b>

Continua

Continuação

F10	20/02/27- --11:02:00	12,5	23,4	39,1	32,2	35,8	40,2	41,1	43,4	45,7	45,2	44,6	48,6	47,6	47,8	47,6	47,7	48,1	47,1	46,7	46,4	45,5	44,2	43,8	43,2	41,4	38,4	39,2	<b>75,5</b>	<b>58,7</b>
F11	20/02/27- --11:06:46	19,3	29,4	38,1	34	33,7	38,5	42,9	45,7	46,1	46,8	46,7	49,2	48,8	48,6	49,7	50,7	50,7	49,2	47,4	46,4	45,1	43,6	43,4	42	40,1	36,7	40	<b>76</b>	<b>59,9</b>
F12	20/02/27- --11:12:51	16,2	24,7	38	33,5	33,3	38	40,6	44,4	44,7	46,7	45,9	47,2	49,2	47,9	49,4	49	49,4	48,8	46,7	46,8	46	44,3	45,8	45	44,2	42,9	41,9	<b>74,9</b>	<b>59,4</b>
PC3T	20/02/27- --14:04:32	15,2	19,5	22,7	24,5	31,2	29,1	29,9	33	33,2	34	36,4	36,2	41,4	42,4	39,9	38,4	38,4	39,3	41,2	39,5	40	40,9	41,8	41,6	40,1	36,8	33,1	<b>65,8</b>	<b>52</b>
PC4T	20/02/27- --14:06:32	7,4	12,2	18,2	22,3	30,8	30,8	34,4	33,1	33,3	33,7	34,7	34,5	34,1	35,3	36,7	37	37,5	36,4	35	34,8	34,6	34,8	35,4	34,8	33,8	33,2	33,5	<b>62,7</b>	<b>48</b>
PC6T	20/02/27- --14:09:21	11,1	15,4	18,4	23,3	30,7	28,8	29,6	35,4	36,1	37,3	39,8	46,4	48,3	47,8	48,7	47,7	42,5	44,1	44,5	43,5	43,1	41,4	42,3	39,5	38,2	34,6	31,3	<b>64,8</b>	<b>56,9</b>
PC11 T	20/02/27- --14:14:59	7,2	12,5	21,7	25,6	28,2	28,6	30,9	32,7	32,8	32,8	33,4	34,7	38,1	39,5	39,4	41,2	39,7	38,9	38,3	37,3	36,8	37,2	36,8	36,5	34,9	34,5	33,7	<b>62,8</b>	<b>50</b>
PC12 T	20/02/27- --14:17:01	5,4	10,9	20,1	22,6	26,3	26,3	30,4	32,4	33,3	32,8	36,5	37,2	36,1	38,1	39,8	39,7	39,6	38,5	37,6	38,9	36	34,7	34,5	32,6	30,3	27,9	27,8	<b>61,2</b>	<b>49,3</b>
PC13 T	20/02/27- --14:20:19	4,4	11,3	22,4	22,4	28,1	25,7	29,3	33,1	33,3	34,1	33,6	32,8	35	37,5	38,7	37,1	38,2	38,4	37	37,3	37	36,8	36,5	35,6	33,2	30,4	29,4	<b>61,9</b>	<b>48,7</b>
PC14 T	20/02/27- --14:22:35	16,5	19	24,5	25,8	33	30,3	30,9	38,4	38	34,8	36,2	33,9	37,1	37,9	38,4	38,2	38,8	39,3	37,2	37	37,1	36,5	37,4	35,8	32,8	29	27,4	<b>66,9</b>	<b>49,7</b>
PC15 T	20/02/27- --14:25:51	16,7	21,8	23,5	27	39,5	37,1	37,3	40,9	41,9	39,2	42,2	40	43,2	46,3	46,8	46,7	47,2	46,6	45,3	44,4	45,4	44,9	44,1	43,5	43,6	39,7	35,7	<b>70,2</b>	<b>57,1</b>
F1.15 T	20/02/27- --14:31:03	13,8	17,6	25	23,7	31,1	32,1	33,5	38,3	39,4	36,6	36,3	37,2	38,3	37,5	38,3	37,6	38,1	38,3	36,8	39,2	39,4	36,1	34,5	33,6	32,2	29,7	31,5	<b>66,1</b>	<b>50</b>
PC9T	20/02/27- --14:55:32	12,9	17,3	25,1	27,6	33,5	33,5	34,6	39,5	40,4	37,6	37,9	40,7	41,1	40,9	41,1	41,8	44,2	44,6	42,5	41,4	41,8	40,8	41	41	39,9	35,7	31,4	<b>67,1</b>	<b>53,9</b>
P16T	20/02/27- --15:01:24	15,8	20,8	26,8	29,7	35,5	34,5	37,1	37,4	38,8	37,1	36,3	34,7	34,2	36,3	37,2	37,1	37,6	37,9	36,7	36,6	36	35,4	34,8	33,5	31,4	31,4	27,2	<b>68,7</b>	<b>49,4</b>
P17T	20/02/27- --15:03:55	16	22,9	32,6	33,4	38,8	48,2	45,1	42,7	45,7	49	46,9	47,5	48	49,2	49	49,1	48,1	46,5	45,3	45,1	43,9	44,4	43,1	42,4	43,3	42	32,5	<b>75,1</b>	<b>59,5</b>

Continua

Continuação

P18T	20/02/27- --15:09:08	15,2	20,9	27,6	29,6	41,2	41,3	40,3	43,3	41,8	39,9	38,1	39	39,3	38,8	38,9	39,4	39,6	39,3	39	38,1	37,4	36,8	37,5	37,8	39,1	32,5	29,5	<b>71,8</b>	<b>52,4</b>
P19T	20/02/27- --15:11:43	14,5	21,2	31,6	33,6	39,1	40,8	44,3	42,7	42,9	43,4	42,5	43,8	43,4	45,8	45,2	44,5	44,9	44,9	44,5	43,1	42,2	40,8	40,8	39	37,5	35,3	30,2	<b>72,6</b>	<b>56,1</b>
P20T	20/02/27- --15:14:31	17,1	19,5	25,5	31,4	33,6	36,8	41	37,2	38,3	37,1	36,6	35,4	35,8	37,2	37,7	39	39,8	38,8	37,8	37	35,9	34,4	33,7	32,6	31,4	29,7	28,1	<b>69,1</b>	<b>50</b>
P21T	20/02/27- --15:22:10	17,8	23	31,1	34,3	38,5	44,9	45	45,2	45,7	43,3	43,1	44,3	43,8	43,8	44,1	44,2	44,9	45	44	43,5	43,2	42	40,3	39,5	38,2	33,8	31	<b>73,8</b>	<b>56,5</b>
P1EM	-	22,9	30,0	36,1	41,7	51,4	55,1	53,4	57,5	57,2	59,4	59,4	60,5	61,7	64,0	64,9	66,2	68,0	67,8	65,8	64,6	63,6	62,0	61,2	59,7	56,8	53,3	49,2	<b>84,4</b>	<b>76,5</b>
P2EM	-	21,2	28,1	34,6	39,4	48,7	47,8	53,3	55,2	55,2	56,9	57,6	57,7	60,3	63,0	63,3	64,9	66,4	66,2	63,3	61,9	59,8	58,8	57,8	56,1	53,9	51,0	46,9	<b>81,8</b>	<b>73,9</b>
P3EM	-	25,4	30,1	36,6	40,9	44,2	51,6	54,1	55,3	57,3	58,9	60,0	59,8	62,0	64,8	65,0	66,5	68,2	67,6	64,8	63,8	62,8	60,4	59,8	58,8	56,6	53,1	48,6	<b>82,8</b>	<b>75,7</b>
P4EM	-	22,4	29,2	34,7	42,4	44,6	49,8	52,7	54,5	57,4	59,6	60,6	61,2	63,4	66,5	67,2	69,1	70,5	69,8	67,0	65,0	63,6	62,5	61,6	60,6	58,2	55,7	50,6	<b>83,0</b>	<b>77,9</b>
Med. Log. = P1EM + P2EM+ P3EM		23,51	29,49	35,85	40,80	49,02	52,47	53,61	56,12	56,67	58,53	59,11	59,48	61,37	64,01	64,48	65,92	67,60	67,27	64,75	63,56	62,36	60,57	59,80	58,44	55,96	52,60	48,33	<b>83,11</b>	<b>75,48</b>

Conclusão

## APÊNDICE – B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE (UFS)  
 CAMPUS LARANJEIRAS  
 DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO (DAU)  
 DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a),

Você está sendo convidado(a) para participar como voluntário da avaliação subjetiva do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC): “**MAPEAMENTO E ANÁLISE DE ACÚSTICA AMBIENTAL: Estudo de caso no Campus de São Cristóvão (UFS)**”, da graduanda Janaína Costa Lima e orientado pelo Prof. Dr. Italo César Montalvão Guedes do Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU/CAMPUSLAR/UFS). O trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade acústica ambiental no Campus “Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos”, São Cristóvão - SE, considerando a importância desse atributo de conforto ambiental para o adequado desenvolvimento das atividades em ambientes educacionais.

A participação do voluntário nesta avaliação subjetiva consistirá em responder um questionário sobre a sua percepção da acústica ambiental em espaços abertos (ao ar livre) do Campus de São Cristóvão - SE. O tempo estimado para responder o questionário é de, aproximadamente, 5 min. A execução desta atividade não acarretará riscos à integridade física e moral do participante e nem desconfortos previsíveis. Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da pesquisa. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado. Os dados coletados serão usados exclusivamente para fins didáticos e/ou científicos (publicação no Trabalho de Conclusão de Curso em desenvolvimento, em artigos de congressos e/ou revistas). Você, a qualquer tempo e sem ônus ou prejuízos, poderá se recusar a participar ou retirar o consentimento da pesquisa. Para informações e esclarecimentos adicionais, pedimos a gentileza de entrar em contato com a graduanda Janaína Costa Lima (pesquisadora responsável), telefone: (79) 99809-6633, e-mail: janacostalima@hotmail.com.

Eu, \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_ declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, da avaliação subjetiva acima descrita.

São Cristóvão, \_\_\_\_ de março de 2020.

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do pesquisador

## APÊNDICE – C: Modelo de Questionário Aplicado



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE (UFS)  
CAMPUS LARANJEIRAS  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO (DAU)  
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
**AVALIAÇÃO SUBJETIVA - QUESTIONÁRIO**



QUESTIONÁRIO: _____	Data: ____/____/____
LOCAL: _____	Horário: _____
DADOS DO USUÁRIO	
Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino	
Idade: ( ) De 18 a 25 anos ( ) De 26 até 35 anos ( ) De 36 até 45 anos ( ) De 46 até 55 anos ( ) De 56 até 65 anos ( ) Acima de 66 anos	
Escolaridade: ( ) Ensino Fundamental Incompleto ( ) Ensino Fundamental Completo ( ) Ensino Médio Incompleto ( ) Ensino Médio Completo ( ) Superior Incompleto ( ) Superior Completo ( ) Mestrado ou Doutorado	
Cidade/Bairro onde mora: _____	
Você possui habilidade normal de audição? ( ) Sim ( ) Não	
Marque a principal finalidade com a qual você vem à UFS (Campus de São Cristóvão): ( ) Trabalho ( ) Estudos ( ) Lazer ( ) Atividade física ( ) Convívio social ( ) Outra: _____	
Em qual(is) turno(s) permanece na UFS: ( ) Manhã ( ) Tarde ( ) Noite	
Quantas vezes por semana e quantas horas por dia permanece na UFS (Campus de São Cristóvão)? _____	
Qual o local de maior permanência na UFS (Campus de São Cristóvão)? _____	
Há quanto tempo frequenta a UFS (Campus de São Cristóvão)? _____	
QUESTÕES SOBRE ACÚSTICA AMBIENTAL	
1 - Você se interessa por questões/problemas ambientais? Sim ( ) Não ( ) Não sei ( )	
2 - Quais tipos de sons/ruídos você está percebendo agora neste local? _____ _____	
3 - Qual é o mais predominante? _____	
4 - Qual é o nível de intensidade deste som/ruído predominante neste local? ( ) Muito intenso ( ) Intenso ( ) Tolerável ( ) Baixa intensidade ( ) Perceptível ( ) Não sei	
5 - Qual a sensação que este som/ruído predominante lhe transmite? Relaxamento ( ) Irritação ( ) Incômodo ( ) Energia/animação ( ) Outra ( ): _____	
6 - Na sua opinião, o ruído prejudica a saúde e atividades humanas? Sim ( ) Não ( ) Não sei ( )	
7 - Já sentiu ou sente algum efeito prejudicial associado ao ruído dentro da UFS (Campus - São Cristóvão)? Sim ( ) Não ( ) Não sei ( )	
8 - Se sim, qual(is) dessa(s) opção(ões) ? ( ) Dor de cabeça ( ) Estresse ( ) Irritação ( ) Dificuldade na conversação ( ) Perda de concentração ( ) Dificuldade no aprendizado ( ) Outras: _____	
9 - Com qual frequência sente estes efeitos? Nunca ( ) Raramente ( ) Às vezes ( ) Muitas vezes ( ) Sempre ( ) Não sei ( )	
10 - A ausência de ruído excessivo é importante para a qualidade de vida? Sim ( ) Não ( ) Não sei ( )	
11 - O ruído ambiental na UFS (Campus de São Cristóvão) aumentou com o passar do tempo? Sim ( ) Não ( ) Não sei ( )	
12- Como você considera a qualidade acústica nos espaços abertos (ao ar livre) na UFS (Campus - São Cristóvão)? Péssima ( ) Ruim ( ) Regular ( ) Boa ( ) Excelente ( )	