



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

THÉRCYO AUGUSTO PEREIRA DE SOUZA

**USO DE APLICATIVOS DE *SMARTPHONES* NA MEDIÇÃO DE PRESSÃO
SONORA POR RUÍDO AÉREO EM ALVENARIAS INTERNAS DE UMA
EDIFICAÇÃO**

CAMPINA GRANDE – PB

2020

THÉRCYO AUGUSTO PEREIRA DE SOUZA

**USO DE APLICATIVOS DE *SMARTPHONES* NA MEDIÇÃO DE PRESSÃO
SONORA POR RUÍDO AÉREO EM ALVENARIAS INTERNAS DE UMA
EDIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, visando aprovação na referida componente curricular e conclusão da graduação em Engenharia Civil.

**Orientadora: Prof. Dra. Aline Figueirêdo
Nóbrega de Azerêdo – UFCG**

**Co-Orientadora: Prof. Dra. Taciana Lima
Araújo – UFCG**

CAMPINA GRANDE – PB

2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais: Suênia Pinto Pereira de Souza e Carlos Albério Alves de Souza, por terem alicerçado meu caminho para que hoje esteja finalizando mais um ciclo: o da graduação. Além de todo amor e carinho que me dedicaram por uma vida. Assim como à minha irmã, Thayse Ariane, por todo incentivo, prestatividade e carinho, apesar de todas as inconstâncias que normalmente ocorrem na relação que entre irmãos!

Sou grato também à minha avó paterna, Josefa Alves de Souza, que esteve presente em cada um de meus passos incentivando, torcendo e orando sempre pelo meu sucesso.

Agradeço às minhas tias, Maria Aparecida e Adriana Carla, por todo incentivo e por toda demonstração de carinho, seja pelas conversas, risos ou me preparando minhas receitas favoritas, desde criança.

Agradeço também àquele que não mais se encontra aqui, mas que vive no coração de cada um que teve o privilégio de encontrá-lo ao longo de sua jornada neste plano, meu avô Sebastião Barros Pereira, quem sempre orou por mim e incentivou meu crescimento espiritual.

Deixo aqui um obrigado especial a cada um dos demais familiares que, apesar de não enunciados, me acompanharam em mais essa jornada.

Quero agradecer à minha Orientadora, Aline Figueirêdo Nóbrega de Azerêdo, por todo esforço em me fazer progredir ao longo das disciplinas que tivemos juntos no curso de Engenharia Civil e, em especial, por ter me acolhido nesta fase final, que é sempre tão memorável e significativa.

Agradeço à minha co-orientadora, Taciana Lima Araújo, por todo apoio e carinho que recebi ao longo de minha graduação, que esteve comigo na disciplina de Desenho Técnico e Arquitetônico, na orientação de monitoria e projeto de extensão e agora no trabalho de conclusão de curso.

Sou também grato à Dayse Luna Barbosa, minha orientadora de estágio, a quem sempre recorri nos momentos de dificuldade do curso e que esteve sempre de braços abertos, me ajudando e acolhendo. Um exemplo de profissional que tem notório esforço em fazer o curso de Engenharia Civil da UFCG atingir novos horizontes.

Gostaria de agradecer aos Engenheiros João Batista Soares da Silva e Rogério Paulino Guedes, por me terem acolhido como estagiário e me transmitido conhecimento prático na

construção civil pela Ourovel. Ainda quanto ao estágio agradeço a Anaíres, que sempre se mostrou prestativa e me auxiliou bastante quando tive problemas de oficialização do contrato.

Quero agora agradecer àqueles que funcionam como uma extensão da família, meus amigos, àqueles a quem estou conectado por fortes laços de afeto.

Primeiramente, quero agradecer ao meu grande amigo de infância, ao irmão que a vida me presenteou: Gustavo Roberto, aquele que esteve comigo nos bons e maus momentos, me aconselhando e transmitindo força e confiança. Sou também grato à minha amiga Renaly Santos, que sempre me ouve, encoraja e oferece carinho, uma pessoa que realmente mora em meu coração.

Agradeço também à Stephanie França, minha amiga desde os tempos de colégio, que sempre buscou se fazer presente em minha vida e em momento algum deixou nossa amizade de lado. Sou grato à Hanna Patrícia, minha grande amiga também desde a escola, que sempre procura saber como estou, me dá forças e que me transmite imensa confiança.

Agradeço também à Letícia Dantas e Aluska Silva, amigas que moram no meu coração, que me acompanham também desde o ensino médio, e que sempre me proporcionam momentos de alegria e me arrancam sorrisos, mesmo nos momentos mais difíceis.

Sou grato aos meus grandes amigos Leandro Alexandre e Lafayanne Vitória, que me dão forças, incentivam a ver o lado positivo das coisas e acreditar nos meus sonhos e que, apesar da barreira geográfica, nunca permitem que nossa amizade seja enfraquecida.

Agradeço à primeira grande amiga que a universidade me proporcionou: Beatriz Tomaz. Minha grande amiga que esteve comigo nos momentos mais difíceis, não apenas da Academia, mas da vida. Aquela que não desiste de mim e que tem um grande espaço em meu coração. Sou grato à Rayane Pessoa, amiga que está sempre disposta a me ouvir e compartilhar comigo todos os momentos, que me dá força para enfrentar desafios e que também está em meu coração.

Agradeço aos meus grandes amigos Anderson Sabino, Matheus Neves, Fabrício José e Gínetom Silva. Aqueles que me proporcionam inúmeros momentos de riso, me acompanham não apenas na universidade, mas na vida, e por quem tenho um grande apreço.

Sou grato à minhas amigas, Débora Furtado e Tayná Araújo. Aquelas que me arrancam mil sorrisos e sempre me alegram o dia, em quem confio, tenho enorme carinho e que tive a sorte de ter cruzado o caminho e agora carrego no coração. Vocês são realmente especiais para mim.

Agradeço à minhas amigas Ana Luíza, Jessiane, Laís Bento, Laís Macêdo, Luma e Rebeca, que sempre se mostraram prestativas e carinhosas comigo, que desempenharam importante papel na minha vida acadêmica e pessoal, me sinto feliz em tê-las no coração.

Por fim, mas não menos importante, João Vitor Fernandes. Aquele que esteve comigo enfrentando as desafiadoras disciplinas do curso, quem consultava nos momentos de dúvida, que dividiu comigo o fardo dos projetos e que me auxiliou nas atividades de estágio. Pessoa por quem tenho grande carinho e consideração, e que levo também para a vida.

RESUMO

A crescente urbanização nas cidades tem contribuído fortemente para concentração de pessoas e/ou veículos, e isso tem sido fonte propagadora de ruído aéreo nas edificações. Então o atendimento aos critérios de conforto, saúde, privacidade e desempenho acústico nas alvenarias das edificações residenciais tornou-se indispensável. Nesse contexto, a NBR 15.575 (ABNT, 2013) propõe critérios e metodologias de avaliação dos níveis de desempenho acústico de paredes internas e externas. No presente trabalho buscou-se comparar as diferenças de níveis de pressão sonora entre ambientes de uma residência, obtidas mediante uso de três aplicativos de *smartphone* comparando esses resultados com aqueles fornecidos por um decibelímetro, a fim de verificar suas acurácias e a possibilidade de indicar algum desses aplicativos para uso não técnico, mas que pudesse ser uma alternativa viável para o usuário. Os resultados obtidos aqui mostraram que nenhum deles se apresentou satisfatório para este fim. Apesar disso, foi possível verificar a influência do *layout* no qual se encontra disposto o espaço analisado, bem como da presença de esquadrias quanto à constituição de barreiras e na facilitação na transmissão sonora, respectivamente.

Palavras-chave: *Aplicativos de smartphone. Desempenho acústico. Alvenarias. Ruído Aéreo.*

ABSTRACT

The crescent urbanization have been strongly contributing to the concentration of people and/or vehicles, and it has been a source of air noise to the buildings. So the enforcement of the comfort, health, privacy and acoustic performance requirements of the walls from residential edifications became indispensable. In this context, the NBR 15.575 (ABNT, 2013) proposes criteria and methods to evaluate the acoustic performance levels of internal and external walls. This paper compared the level difference of sound pressure between ambiances of a house, gotten by using three smartphone apps and comparing these results with the ones gotten by the use of a decibelimeter, in order to check their accuracies and the possibility to indicate one of them to non-technical usage, but that could represent a viable alternative to its users. The results showed that none of them was satisfactory to this purpose. Besides that, it was possible to verify the influence of the layout in which the ambience is organized, as well as the frames, which constitutes barriers and makes the sound transmittion easier, respectively.

Key-Words: *Smartphone apps. Acoustic performance of walls. Air noise.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Subdivisões da NBR 15.575 (ABNT, 2008).....	5
Figura 2 – Propagação do som mediante a existência de obstáculos	8
Figura 3 - Propagação do ruído aéreo predominantemente através do sistema de pisos.....	12
Figura 4 – Funcionamento da transmissão sonora direta e indireta entre ambientes	13
Figura 5 - Propagação do ruído aéreo predominantemente através do sistema de alvenarias	14
Figura 6 – Aplicação do conceito da Lei das Massas.....	15
Figura 7 – Localização da Rua Dom I em Campina Grande (PB)	20
Figura 8 – Linhas de ônibus dispostas à Rua Dom Pedro I em Campina Grande (PB)	21
Figura 9 – Identificação e posicionamento das paredes analisadas.....	22
Figura 10 - Decibelímetro digital utilizado neste trabalho	24
Figura 11 – Aplicativos leitores de pressão sonora, com suas respectivas avaliações e número de downloads	25
Figura 12 – Parede 1 no espaço receptor.....	43
Figura 13 – Paredes 6 e 2 (respectivamente) no espaço receptor.....	44
Figura 14 – Parede 4 no espaço receptor.....	44
Figura 15 – Paredes 7 e 6 (respectivamente) no espaço receptor.....	45
Figura 16 – Paredes 5 e 3 (respectivamente) no espaço receptor.....	45
Figura 17 - Parede 1 no espaço emissor	46
Figura 18 – Parede 2 no espaço emissor	46
Figura 19 - Paredes 3 e 5 (respectivamente) no espaço emissor.	47
Figura 20 - Parede 6 no espaço emissor	47
Figura 21 - Parede 7 no espaço emissor	48
Figura 22 - Parede 4 no espaço emissor	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do decibelímetro	28
Gráfico 2- Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do Aplicativo 1	29
Gráfico 3 - Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do Aplicativo 2	29
Gráfico 4 - Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do Aplicativo 3	30
Gráfico 5 - Módulo das diferenças médias e totais de leitura entre os aplicativos e o decibelímetro (resumo)	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exigências da NBR 15.575, categorizadas de acordo com suas partes	6
Quadro 2 - Conceito por exemplificação dos ruídos aéreo e de impacto.....	10
Quadro 3 - Abrangência da NBR 15.575 quanto ao desempenho acústico	10
Quadro 4 – Descrição das paredes da área de estudo.....	22
Quadro 5 – Paredes com maior e menor absorção sonora	30
Quadro 6 – Avaliação da passagem de ruído aéreo pelas paredes analisadas.....	31
Quadro 7 – Módulo das diferenças médias e totais de leitura entre os aplicativos e o decibelímetroFonte: autor (2020).	33
Quadro 8 – Avaliação do desempenho dos aplicativos na leitura de pressão sonora por faixa de frequência.....	34
Quadro 9 – Verificação dos erros percentuais entre as diferenças de nível entre ambientes (ΔL) obtidas pelo aplicativo 2 e o decibelímetro.....	35
Quadro 10 – Acesso aos vídeos de teste de som com frequências específicas	49
Quadro 11 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 125 Hz.....	49
Quadro 12 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 250 Hz.....	50
Quadro 13 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 500 Hz.....	50
Quadro 14 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 1000 Hz.....	50
Quadro 15 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 2000 Hz.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Técnicas construtivas aplicadas à alvenaria de separação de apartamento no edifício Promenade Ponta Verde visando atenuar ruído aéreo.....	15
Tabela 2 - Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações verticais internas	17

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIACOES

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAU/BR	Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil
dB	Decibéis
D_{nT}	Diferença padronizada de nível
$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada
Hz	Hertz
INF	Inferior
ISO	Organização Internacional de Normalização (<i>International Organization for Standardization</i>)
ΔL	Diferença de nível entre ambientes
MÍN	Mínimo
NBR	Norma Brasileira
SUP	Superior
SVVIE	Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA.....	2
1.2. OBJETIVO GERAL	3
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. REVISÃO LITERÁRIA	4
2.1. NORMA DE DESEMPENHO	4
2.2. FUNDAMENTOS DA ACÚSTICA E SOM	7
2.3. DESEMPENHO ACÚSTICO.....	9
2.3.1. RUÍDO AÉREO	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.2. MATERIAIS.....	23
3.3. MÉTODO SIMPLIFICADO DE CAMPO ADAPTADO	25
4.1. DADOS COLETADOS A PARTIR DA ADAPTAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO DE CAMPO, USANDO DECIBELÍMETRO E APLICATIVOS DE <i>SMARTPHONE</i>	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
7. APÊNDICE	43
7.1. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO.....	43
7.2. ACESSO AOS TESTES DE SOM UTILIZADOS NA ADAPTAÇÃO AO MÉTODO SIMPLIFICADO DE CAMPO.....	49
7.3. DADOS COLETADOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	49

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil brasileira vem atualizando seus padrões de qualidade e, visando isso, desde julho de 2013 entrou em vigor a Norma de Desempenho de Edificações (NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), requerendo que os imóveis sejam capazes de oferecer conforto e segurança aos seus usuários (CAU/BR, 2013). Dessa forma, afirma-se que a mesma representa um importante instrumento para que se alcance não apenas a valorização da edificação, mas também na melhoria do padrão de vida de quem a ocupa.

Segundo a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), seu foco está no atendimento das demandas dos usuários quanto ao comportamento das habitações e de seus sistemas quando em uso, atuando como complemento às Normas prescritivas no apontamento ou desenvolvimento de soluções técnicas adequadas.

Além da modernização dos métodos aplicados à construção civil, o aumento da concentração de pessoas dividindo diferentes espaços de uma mesma edificação, resultante da tendente recorrência a condomínios verticais no contexto de expansão urbana, demanda que habitações sejam mais eficientes ao prover conforto, segurança e privacidade a seus ocupantes. De acordo com Ribeiro e Vargas (2015), a urbanização no cenário mundial vem deflagrando-se mais rapidamente em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, onde se observou um intenso crescimento demográfico nos últimos 150 anos, acompanhado do processo de urbanização.

Com o crescente aumento das cidades, evidenciam-se problemáticas relacionadas à poluição sonora e, conforme Santana (2016), o surgimento de materiais mais leves na construção civil, que possibilitam a redução das seções de elementos estruturais, assim como da espessura das vedações, por um lado implicaram no maior aproveitamento de áreas, porém reduziram a qualidade sonora dos ambientes. É nesse contexto que a NBR 15.575 (ABNT, 2013) trata o desempenho acústico como um importante instrumento para assegurar conforto e privacidade aos usuários de imóveis construídos de acordo com suas recomendações, combatendo ou amenizando a propagação de ruídos nocivos de ordem interna e externa à edificação.

Ainda quanto à eficácia sonora, a NBR 15.575 (ABNT, 2013) oferece amparo para análise de seu desempenho mediante a comparação de valores admissíveis de pressão sonora, medidos em decibéis, para verificações em campo, classificando o ambiente nos níveis de

desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). A mesma possibilita avaliar a acústica do ambiente quanto aos sistemas hidrossanitário, de piso, de vedações verticais internas e externas e de cobertura.

Para a verificação destes níveis de desempenho acústico a norma propõe três metodologias distintas, classificadas em função do nível de precisão que se deseja obter com os dados obtidos, bem como da disponibilidade de equipamentos técnicos adequados. O primeiro deles é o método de precisão, que realiza avaliação rigorosa do desempenho a partir de ensaios laboratoriais; o segundo é o método de engenharia, que verifica rigorosamente, em campo, o isolamento acústico global do elemento analisado; e por fim, o método simplificado de campo, que estima o nível o desempenho sonoro dos elementos desejados.

Desse modo, o presente trabalho visa realizar uma pesquisa de campo de caráter exploratório, direcionada à sugestão de um aplicativo de *smartphone* que seja capaz de realizar a verificação do desempenho acústico quanto aos sistemas de vedações internas submetidas à propagação de ruído aéreo, apresentando acurácia semelhante à do equipamento leitor de pressão sonora recomendado pelo método simplificado de campo, utilizando como área de estudo um dos dormitórios de uma edificação residencial unifamiliar, localizada no município de Campina Grande na Paraíba.

1.1. JUSTIFICATIVA

Para elaboração do presente trabalho foi escolhido como temática de abordagem o desempenho acústico de edificações habitacionais, com relação à propagação de ruído aéreo, de acordo com os critérios prescritos pela NBR 15.575/ 2013, mediante o fato de se tratar de um corpo normativo relativamente recente e de caráter obrigatório. Além disso, considerou-se a importância da correlação entre o desempenho sonoro e o conforto e a saúde dos ocupantes das edificações, levando em conta a possibilidade de surgimento de transtornos de ordem psíquica, emocional ou física (problemas auditivos), quando expostos a frequentes ruídos, sejam eles advindos de fontes internas ou externas ao edifício; assim como o critério de privacidade entre ocupantes de uma mesma habitação ou entre vizinhos. Desse modo, buscou-se sugerir a utilização de um aplicativo de *smartphone* que apresente precisão de leitura do nível de pressão sonora semelhante à obtida a partir do uso do decibelímetro, para oferecer à comunidade um instrumento acessível e eficaz na verificação do desempenho sonoro e assim viabilizar a tomada de medidas atenuantes ou corretivas de modo mais rápido.

1.2. OBJETIVO GERAL

Comparar os valores pressão sonora oriundos da propagação de ruído aéreo lidos por aplicativos de *smartphone* com os que foram obtidos a partir do emprego do decibelímetro.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Agrupar informações teóricas sobre a propagação do ruído aéreo em edificações habitacionais, a fim de que possam servir como embasamento para o desenvolvimento deste trabalho;
- Comparar os dados obtidos por diferentes aplicativos de *smartphone* com aqueles coletados a partir do decibelímetro, aplicados em alvenarias de vedação interna;
- Analisar a acurácia dos dados obtidos por aplicativo a fim de sugerir um método acessível de conferir os níveis de pressão sonora a que estão submetidas as alvenarias internas de suas habitações.

2. REVISÃO LITERÁRIA

Diante do contexto de expansão urbana e de tendência à verticalização das edificações – fatores que contribuem incisivamente para o aumento da concentração de pessoas e, por consequência, na maior quantidade de fontes sonoras compartilhando um mesmo espaço – a NBR 15.575 (2013), norma de desempenho voltada ao atendimento das demandas do usuário de edificações habitacionais, representa um importante instrumento para assegurar ou melhorar a qualidade de vida da população através da atenuação dos impactos gerados ao organismo, resultantes da exposição demasiada a ruídos.

O desempenho acústico está intrinsecamente relacionado às técnicas construtivas empregadas no projeto e execução das edificações, atingindo uma atmosfera que não se aplica exclusivamente ao alcance de altos padrões de privacidade e conforto, mas também de saúde de seus usuários, estando associado ao combate dos efeitos da poluição sonora, que incluem problemas de ordem física, emocional e psicológica.

Deste modo, será realizada a contextualização dos fundamentos da acústica e do som e dos parâmetros da NBR 15.575/2013 a respeito de seus requisitos gerais e de avaliação de desempenho acústico quanto ao ruído aéreo, assim como a apresentação de metodologias e materiais de construção que oferecem isolamento acústico adequado, voltados à aplicação em edificações residenciais.

2.1. NORMA DE DESEMPENHO

Mediante o decréscimo de desempenho proveniente do desgaste prematuro das edificações e das partes que o compõem, o qual se encontra interligado a uma vasta possibilidade de problemáticas – dentre as quais o envelhecimento natural, a ausência de manutenção, ou mesmo a má qualidade dos materiais, dos projetos ou das atividades de execução – a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em 19 de Fevereiro de 2013 a NBR 15.575 – Edificações Habitacionais – Desempenho. Ela foi, primeiramente, emitida no ano de 2008, porém as principais entidades industriais, diante do caráter inovador das exigências propostas, conseguiram estender seu prazo de obrigatoriedade até 2013, que compreendeu um período de adequação de produtos (GOMES, 2015).

De acordo com a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), a norma de desempenho pode ser descrita como sendo o agrupamento de critérios e requisitos estabelecidos mediante as demandas do usuário perante o funcionamento da edificação habitacional que ocupa, bem como de seus sistemas, independentemente da técnica construtiva ou dos materiais empregados em sua execução.

Figura 1 - Subdivisões da NBR 15.575 (ABNT, 2008)



Fonte: GOMES (2015) adaptado pelo autor.

Como apresentado na Figura 1, que resume a versão voltada ao atendimento de edificações de até cinco pavimentos, publicada em 2008, em sua versão mais recente encontra-se ainda subdividida em seis partes: requisitos gerais, sistemas estruturais, hidrossanitários, de piso, de vedações verticais internas e externas e de coberturas, sendo não aplicável a obras concluídas ou em reformas realizadas em edificações executadas antes de sua obrigatoriedade, e em edificações provisórias.

Estando a NBR 15.575 (ABNT, 2013) voltada ao atendimento das exigências do usuário, em sua primeira parte (requisitos gerais) é realizada a enumeração de requisitos que visam assegurar o cumprimento destas demandas, sendo eles (sucintamente expostos também no Quadro 1):

- Segurança: estrutural, corta fogo e no uso e operação. Prezam por evitar a ocorrência de mortes e acidentes;
- Habitabilidade: estanqueidade, desempenhos térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico. Segundo Gomes (2015) visam assegurar qualidade de vida e evitar prejuízos à saúde dos ocupantes;

- Sustentabilidade: durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental.

Quadro 1 - Exigências da NBR 15.575, categorizadas de acordo com suas partes

	Parte 01	Parte 02	Parte 03	Parte 04	Parte 05	Parte 06
Desempenho Estrutural	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Segurança contra incêndio	SIM	-	SIM	SIM	SIM	SIM
Segurança no uso e operação	SIM	-	SIM	-	SIM	SIM
Estanqueidade	SIM	-	SIM	SIM	SIM	SIM
Desempenho Térmico	SIM	-	-	SIM	SIM	-
Desempenho Acústico	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	-
Desempenho Lumínico	SIM	-	-	-	-	-
Durabilidade e Manutenibilidade	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Saúde, higiene e qualidade do ar	SIM	-	-	-	-	SIM
Funcionalidade e acessibilidade	SIM	-	SIM	-	SIM	SIM
Conforto tátil e acessibilidade	SIM	-	SIM	-	-	SIM
Adequação ambiental	SIM	-	-	-	-	SIM

Fonte: SANTOS; HIPPERT (2016), adaptado pelo autor.

A Parte 02 da norma já citada, com relação ao desempenho de equipamentos hidrossanitários, apresenta requisitos de atendimento de desempenho sonoro, como exposto no Quadro 01. No entanto, de acordo com o manual ProAcústica (2013) sobre a norma de desempenho, no que diz respeito ao atendimento dos requisitos acústicos, esta sessão é não obrigatória.

Visando ainda atender seu objetivo com eficácia, a Norma de Desempenho discrimina um ciclo de responsabilidades, afirmando que o desempenho da edificação será o resultado da ação conjunta de fornecedores, projetistas, construtores, incorporadores e usuários.

Nesse contexto, segundo a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), cabe ao fornecedor assegurar que seus produtos estejam em adequação com os critérios demandados pela norma, enquanto que o projetista deverá garantir que os materiais e processos integrados sejam capazes de suprir o nível de desempenho adequado. Desse modo, deixa-se a cargo dos construtores que a edificação seja executada fielmente ao projeto, além de elaborar a documentação da construção e o manual de uso e manutenção do imóvel, o qual deverá ser

entregue a cada proprietário (usuário), possibilitando que os mesmos realizem manutenções preventivas e corretivas adequadamente.

Por fim, a NBR 15.575 entrou em vigor no mês de Julho de 2013 e, segundo Santos e Hippert (2016), configurou-se como uma importante ferramenta para a melhoria da qualidade dos produtos advindos da construção civil, sendo de suma importância a adequação dos métodos de elaboração de projetos aos requisitos solicitados pela norma.

Conforme Amorim (2016), o processo de urbanização, principalmente devido ao conseqüente aumento no número de automóveis em circulação, contribui incisivamente para a expansão da poluição sonora, responsável pela geração de impactos biológicos, configurando a dissipação de ruído como uma fonte de doenças. Diante disso, pode-se ressaltar a importância da norma de desempenho acústico para edificações habitacionais, como uma ferramenta asseguradora do bem-estar e saúde da população, sendo importante para compreensão desses fenômenos os conhecimentos básicos que regem o comportamento do som.

2.2. FUNDAMENTOS DA ACÚSTICA E SOM

De acordo com o material desenvolvido por Fernandes (2002) para a Faculdade de Engenharia UNESP de Bauru, intitulado Acústica e Ruídos, o qual será utilizado como base para elaboração deste item, o som pode ser definido como o efeito advindo das variações da pressão aérea e caracteriza-se pelos conceitos de frequência, intensidade e timbre; de modo que qualquer processo que desencadeie esse fenômeno pode ser descrito como sendo uma fonte sonora.

Diante disso, para melhor compreensão do fenômeno do som serão apresentados sucintamente os conceitos dos princípios físicos que o regem, seguindo as informações obtidas no material supracitado:

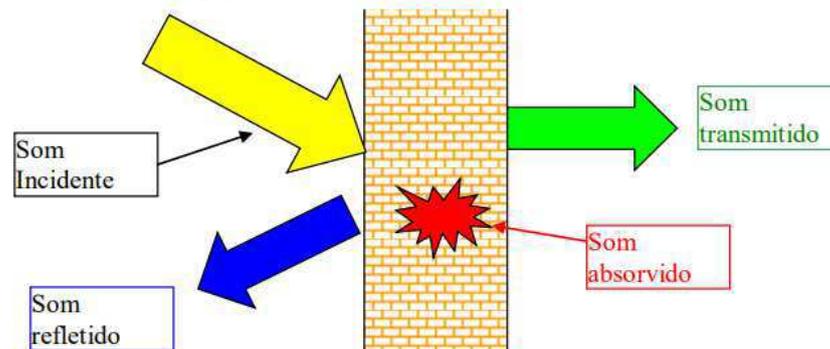
- **Frequência:** quantidade de ondas sonoras, que em um determinado intervalo de tempo, passa por um dado referencial, ou seja, o número de oscilações por segundo. É medido de acordo com Sistema Internacional em Hertz (Hz).
- **Intensidade:** traduz-se no teor de energia apresentada no movimento vibratório, que, por sua vez, corresponde à ideia de trepidação ou tremor.
- **Timbre:** descrito como a forma da onda de vibração, o elemento que possibilita identificar a fonte sonora, representando a composição das frequências.

O som se propaga de sua fonte sonora seguindo o Princípio de Huygens Fresnel, no qual as vibrações de uma determinada molécula de ar são transmitidas a uma outra vizinha até que se chegue a um determinado destino. Vale ainda salientar que durante essa propagação o som sofre perda de intensidade, mediante a dispersão das ondas ou pela conversão da energia mecânica em térmica, configurando um caso de perda entrópica. A esse fenômeno dá-se o nome de atenuação, importante para que seja executado o isolamento acústico de edificações.

Nesse quesito de desempenho sonoro das construções, os elementos construtivos desempenham importante papel na atenuação do som e, por consequência, promovem melhores condições de conforto e privacidade a seus usuários. As alvenarias não apenas separam os ambientes, como também constituem obstáculos para propagação das ondas sonoras, em menores ou maiores proporções a depender da forma como foram executadas.

Desse modo, vale ressaltar que o som advindo de sua fonte geradora ao ser interceptado por um obstáculo terá uma parcela por ele refletida, uma absorvida e então transformada em calor, e a residual será transmitida para o outro espaço, tal como exposto na Figura 2.

Figura 2 – Propagação do som mediante a existência de obstáculos



Fonte: Fernandes (2002).

Diante do exposto, observa-se a ocorrência de três fenômenos acústicos: reflexão, absorção e transmissão. O primeiro está associado à dureza do material constituinte do obstáculo em análise, de modo que, quanto mais rígido for ele, maior seu poder reflexivo, e requer cautela para evitar problemas de comunicação. A segunda remete ao impedimento de que o som seja transmitido para a outra face da barreira sonora e depende diretamente do coeficiente de absorção dos materiais empregados para isolamento, cada qual com seus valores específicos. Já o terceiro ocorre mediante a transmissão de som para uma dada superfície, cuja face atingida entrará em processo vibratório e terá comportamento de fonte sonora para a outra, transmitindo o som para o recinto vizinho.

Outro importante processo é o de difração sonora. Nele, o som, ao encontrar uma determinada abertura na superfície do obstáculo, encontrará a possibilidade de propagar-se para outros ambientes, com destaque para os sons de natureza mais grave.

Ainda de acordo com Fernandes (2002), o ruído vem sendo encarado pela Organização Mundial de Saúde como uma problemática de ordem pública desde 1989 e cujo conceito apresenta duas vertentes: uma subjetiva e uma científica. A primeira está associada ao fato de que o mesmo pode ser interpretado como qualquer tipologia sonora que gere incômodo ao indivíduo, enquanto que a segunda parte do preceito da sobreposição desarmônica de sons provenientes de distintas fontes. Ambos convergem para a ideia de desconforto e insalubridade.

Diante desse contexto, serão apresentados os preceitos que regem o desempenho acústico de edificações, em concordância com a NBR 15.575/2013, que abrange os parâmetros necessários para verificação do desempenho acústico em edificações habitacionais no Brasil.

2.3. DESEMPENHO ACÚSTICO

Segundo Santana (2016), a recorrente modernização dos métodos construtivos, assim como o surgimento de materiais mais leves na construção civil, possibilitou a redução das seções de elementos estruturais e da espessura das vedações, implicando no maior aproveitamento de áreas, porém na perda da qualidade sonora dos ambientes. Diante disso,

[...] com o aumento da incidência do ruído nas cidades e a redução do desempenho acústico resultantes da utilização de vedações mais esbeltas, deve-se conhecer o isolamento acústico dos sistemas construtivos utilizados nas edificações atuais, e além de identificar estes valores, é preciso ter parâmetros para que se possa garantir que atendam aos níveis mínimos de conforto acústico necessário aos seus usuários, parâmetros estes, muitas vezes apenas respeitados quando estabelecidos legalmente (Santana, 2016).

De acordo com a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), para que o imóvel ofereça desempenho acústico adequado, é necessário provê-lo de isolamento das vedações externas quanto aos ruídos aéreos externos, assim como entre ambientes comuns e privativos. O sistema de pisos deve ainda ser capaz de isolar acusticamente ambientes em diferentes níveis (pavimentos) quanto aos ruídos aéreos ou relacionados à ocorrência de impactos, cujos exemplos práticos para sua conceituação se encontram enumerados no Quadro 2.

Quadro 2 - Conceito por exemplificação dos ruídos aéreo e de impacto

Ruído Aéreo	Ruído de Impacto
Conversas, aparelhos televisivos, músicas, entre outros.	Passos, queda de objetos, arraste de móveis, entre outros.

Fonte: ProAcústica (2013) adaptado pelo autor.

Ainda segundo a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), vale salientar que o acionamento de equipamentos individuais, ou seja, aqueles cuja operação parte do próprio usuário, a exemplo de utensílios de cozinha, não poderão ser avaliados, restringindo-se aos aparelhos de uso coletivo da edificação ou que sejam utilizados por outrem, como os elevadores. A mesma restrição se aplica a dispositivos acionados em situações emergenciais, tais como sirenes. Os itens de abrangência da norma se encontram enumerados sucintamente no Quadro 3.

Quadro 3 - Abrangência da NBR 15.575 quanto ao desempenho acústico

ABRANGE	NÃO ABRANGE
Equipamentos, instalações e sistemas de uso coletivo acionados por terceiros que não o próprio usuário da unidade habitacional a ser avaliada. Exemplos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevadores; ▪ Descargas hidráulicas/tubulações; ▪ Esgotos; ▪ Bombas; ▪ Exaustores; ▪ Ventiladores. 	Equipamentos, instalações e sistemas individuais cujo acionamento aconteça por ação do próprio usuário. Exemplos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Caixa d'água em habitações unifamiliares; ▪ Triturador de alimentos em cozinha; ▪ Geradores de emergência; ▪ Sirenes.

Fonte: ProAcústica (2013) adaptado pelo autor.

Desse modo, a Norma de Edificações – Desempenho estabelece os chamados níveis de desempenho, visando oferecer amparo para a análise da eficácia da edificação quanto ao isolamento acústico, sendo eles: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). A verificação desses padrões – tal que para sistemas de piso, de vedações internas e externas e de cobertura, são estabelecidos diferentes padrões de avaliação, pautados em diferentes referências normativas ou não – pode ser realizada mediante a aplicação dos seguintes métodos:

- Método de precisão, realizado em laboratório: voltado à avaliação dos componentes elementos construtivos para a verificação rigorosa do desempenho acústico do conjunto (edificação) a partir de ensaios laboratoriais.
- Método de engenharia, realizado em campo: determinação realizada rigorosamente em campo do isolamento acústico global do elemento analisado.
- Método simplificado de campo: determinação estimada do comportamento acústico do sistema em análise, descrito na ISO 10052.

Em concordância com o Manual ProAcústica (2013) os principais equipamentos empregados na verificação dos níveis de pressão sonora são a fonte sonora omnidirecional (ruído aéreo), a máquina de impactos padronizada (ruído de impacto) e o medidor de pressão sonora em bandas de frequência, mais conhecido como decibelímetro. Neste trabalho será apenas avaliado o ruído aéreo e para um maior entendimento do assunto. No subitem 2.3.1 é apresentado os conceitos básicos sobre ruído aéreo.

2.3.1. RUÍDO AÉREO

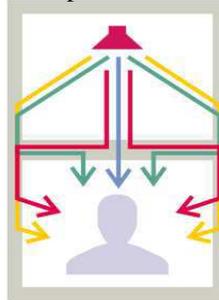
Segundo Marques (2015), a poluição sonora pode ser descrita como sendo a perturbação do meio mediante a propagação de ruído, estando relacionada à perda auditiva e a problemas psíquicos, que não necessariamente manifestam-se de forma imediata, oferecendo riscos de saúde física, mental e emocional dos afetados. O mesmo afirma ainda que sua principal dificuldade de combate está no fato de não ser causada necessariamente pela emissão sonora de uma única fonte, mas sim de um conjunto de emissores.

De acordo com Ferreira Neto e Bertoli (2010), é possível citar as conversações entre vizinhos, os latidos de cães e as brincadeiras infantis como sendo as principais fontes sonoras relacionadas ao ruído aéreo que geram desconfortos à população. Elas explicitam ainda o impacto social gerado pelo déficit de isolamento acústico, apontado como motivo para que algumas pessoas tenham passado a evitar fazer ou receber visitas, comprometendo o processo de interação social. Desse modo, pode-se afirmar que os impactos do ruído aéreo se estendem além dos princípios de conforto e saúde, mais comumente levantados, e ainda pode ser apontado como uma das principais causas da restrição de alguns condomínios habitacionais à criação de animais de estimação por parte de seus ocupantes.

Para o sistema de pisos a NBR 15.575-3, Norma de Edificações Habitacionais – Desempenho (Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos), prescreve critérios e requisitos de atendimento ao isolamento acústico aéreo e de impacto entre diferentes unidades habitacionais. Isso se deve ao fato de que a laje de um pavimento é por consequência o piso do superior, construindo uma cadeia de possibilidades de interferência mútua no que tange ao comportamento sonoro entre as unidades habitacionais, explicitando a importância da norma para assegurar conforto aos usuários, sem que haja privação ou limitação na execução de suas atividades individuais, tais como a comunicação.

De acordo o manual ProAcústica (2013) sobre a norma de Desempenho, no que tange ao comportamento acústico das edificações, o ruído aéreo entre dois pavimentos sobrepostos se propaga tanto por meio do sistema de pisos quanto das paredes da edificação, como apresentado na Figura 3, estando relacionado ao método construtivo empregado, à geometria dos ambientes ou mesmo ao modo como estes elementos se encontram interligados.

Figura 3 - Propagação do ruído aéreo predominantemente através do sistema de pisos



Fonte: ProAcústica (2013).

Diante disso, é possível afirmar que toda a cadeia construtiva, que se estende desde os estudos preliminares e da concepção do projeto arquitetônico até a etapa de execução do imóvel, apresentam significativo grau de importância para que a edificação atenda aos critérios acústicos recomendados pela norma. Isso reforça os níveis de responsabilidade discriminados pela própria NBR 15.575, descritos com maior precisão no capítulo 2.1 deste trabalho, além de salientar a importância de que estas etapas sejam cumpridas com fidelidade ao que fora prescrito pela equipe de projetistas, em compatibilização com as viabilidades técnicas e econômicas de execução.

O sistema de alvenarias, de acordo com a NBR 15.575-4, Norma de Edificações Habitacionais – Desempenho (Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE), composto pelas fachadas e divisórias internas ou entre diferentes unidades habitacionais, pode ser descrito como sendo a porção do imóvel responsável pela sua subdivisão em diferentes espaços, a partir da restrição vertical entre suas respectivas áreas e que pode ou não desempenhar função estrutural.

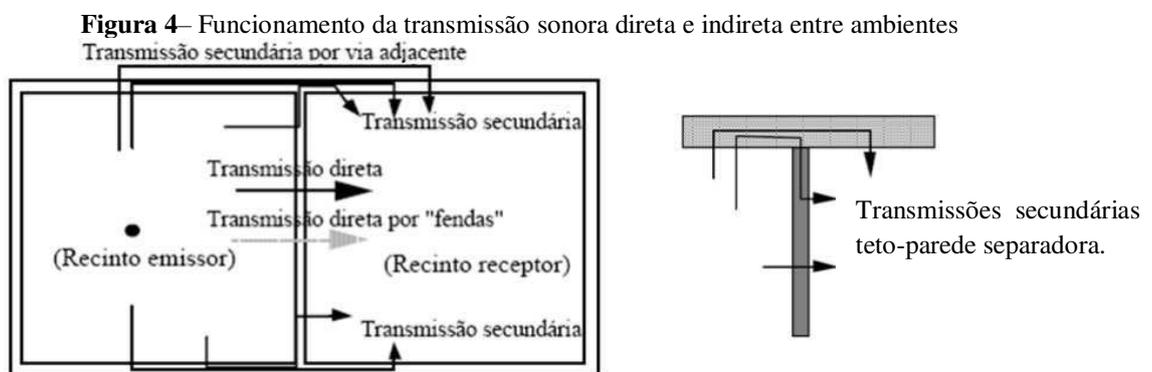
O manual ProAcústica (2013) delimita as paredes como o principal elemento componente do sistema de vedações, podendo elas serem massivas, aquelas cujo desempenho acústico depende da densidade superficial do material, normalmente executadas com blocos de concreto ou cerâmicos, ou em gesso; ou leves, nas quais o desempenho acústico está intrinsecamente associado à composição e à espessura do material empregado, bem como de sua associação a outros materiais e com capacidade de absorção sonora, à exemplo do sistema

de paredes *drywall*. As vedações podem ainda ser complementadas pela aplicação de revestimentos.

O manual descreve ainda as fachadas, englobadas pelo sistema de vedações externas, considerando os requisitos acústicos provenientes do ruído aéreo e enfatizando o isolamento acústico mínimo das alvenarias que separam dormitórios do entorno, como sendo compostas não apenas pelas paredes, mas também pelas esquadrias, as quais aponta como os elementos que requerem maior atenção (ProAcústica, 2013). Isso se deve ao fato de conectarem o ambiente interno à rua e, portanto, quando abertas, facilitam a propagação sonora emitida pelas fontes externas à edificação, as quais não estão sob controle do usuário.

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) levanta ainda um ponto interessante quanto à relação das esquadrias das edificações quando abertas, mediante a relação paradoxal estabelecida, por exemplo, com o desempenho de ventilação. Pode-se ainda apontar, de acordo com o modelo da esquadria, o conflito entre o isolamento acústico e o desempenho lumínico, quando se trata da iluminação natural do ambiente durante o período diurno.

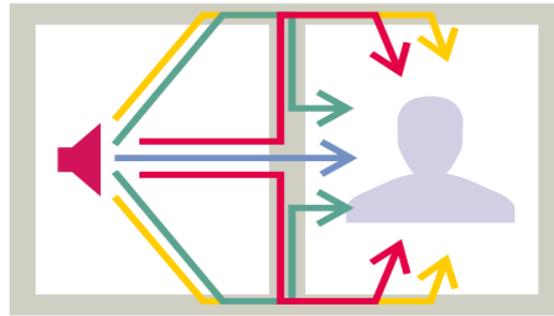
De acordo com o material elaborado por Prata-Shimoura *et al.* (2017) para a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de São Paulo, ao passo que uma determinada onda sonora atinge uma alvenaria, ela começa a vibrar resultando na produção de som que, por sua vez, será transmitido ao espaço receptor. Afirma-se ainda que há dois tipos de transmissão sonora entre ambientes: a direta e a indireta. Na primeira, o processo ocorre através do elemento separador e a segunda por outros meios, como exposto na Figura 4.



Fonte: Prata-Shimoura et al. (2017).

Além disso, como esquematizado na Figura 5, o material descreve que o ruído aéreo dissipado entre unidades habitacionais autônomas, pode ser desencadeado a partir do próprio sistema de paredes, sejam divisórias ou fachadas, como também pelo sistema de pisos, estando seu poder de desempenho associado aos métodos construtivos empregados, bem como à geometria e à forma como os ambientes se encontram integrados.

Figura 5 - Propagação do ruído aéreo predominantemente através do sistema de alvenarias



Fonte: ProAcústica (2013).

Assim como para o sistema de pisos, Moreira e Silva (2017) levantaram o uso de lãs como principais materiais empregados para melhoria do desempenho acústico de alvenarias internas a edificação, principalmente as seguintes, mais difundidas no mercado: lã de rocha, de vidro e de poliéster. Eles explicitam que este sistema apresenta aplicabilidade tanto em paredes executadas com blocos ou tijolos, preenchendo o espaço entre duas delas (que funcionarão como unidade) com o material ou em uma única, sob a qual a lã será aplicada e que, em seguida, receberá revestimento de gesso; ou ainda em sistemas *drywall*, cujo material isolante estará embutido.

Como exposto anteriormente, as lãs de rocha e de vidro são recorrentemente aplicadas na construção civil visando atenuar os efeitos da propagação de ruído, além de incrementarem, também, o desempenho térmico. De acordo com o *site* Biolã, as diferenças entre esses materiais vão além de sua composição, sendo a primeira derivada da rocha e a segunda da areia. Nesse contexto, o *blog* enfatiza a boa resistência térmica da lã de rocha, que é capaz de suportar temperaturas superiores a 200°C, o que viabiliza sua aplicação em portas corta-fogo, na proteção de *shafts*, escadarias e até mesmo de estruturas metálicas (parcialmente) em caso de incêndio. Portanto, vale ressaltar a importância de que o projetista esteja apto a selecionar, ou até mesmo mesclar, de modo prático e funcional os materiais a serem empregados na execução do projeto, haja vista que, como exemplificado anteriormente, um mesmo material pode atender diferentes demandas da edificação, em concordância com a necessidade de cada espaço específico.

Visando reduzir o ruído aéreo entre as diferentes unidades do edifício Promenade Ponta Verde, localizado no município de Maceió, a construtora Placic empregou para o sistema de vedação que separa diferentes apartamentos ao invés dos tradicionais blocos cerâmicos, blocos de concreto não estrutural, baseando-se na ideia de que quanto maior a densidade da alvenaria, maior será seu desempenho acústico (SOUZA; FERNANDES, 2019).

Na Tabela 1, encontram-se as especificações construtivas empregadas para execução da alvenaria de separação de unidades autônomas do imóvel em questão.

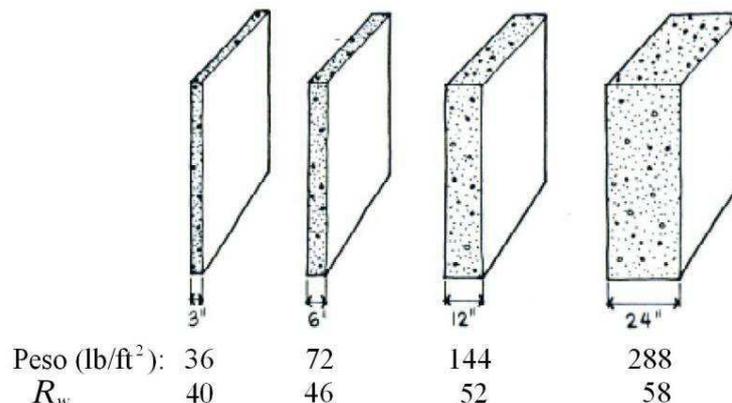
Tabela 1 - Técnicas construtivas aplicadas à alvenaria de separação de apartamento no edifício Promenade Ponta Verde visando atenuar ruído aéreo

MATERIAL	ESPECIFICAÇÕES
Bloco de concreto não estrutural	Dimensões – 12cm x 19cm x 39cm
Argamassa	Traço – 1:14 (cimento:areia)
Emboço	Espessura – 3 cm
Reboco de Gesso	Espessura – 1 cm

Fonte: SOUZA e FERNANDES (2019) adaptado pelo autor.

Considerando o material desenvolvido por Prata-Shimoura *et al.* (2017), uma explicação para a recorrência por alvenarias de maior espessura, visando aumento do potencial de isolamento acústico do ambiente, pode ser explicada pela chamada Lei das Massas. Este conceito afirma que, ao passo em é duplicada a densidade superficial do elemento ou a frequência da onda incidente, aumenta-se 6 dB de perda de transmissão sonora (R_w), como mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Aplicação do conceito da Lei das Massas



Fonte: Prata-Shimoura et al. (2017).

No entanto, retomando aos estudos desenvolvidos por Ferreira Neto e Bertoli (2010), foi realizada a avaliação do desempenho acústico de modelos de blocos cerâmicos brasileiros e portugueses empregados no levantamento de alvenaria, valendo-se de medições de níveis de desempenho laboratoriais, de campo e com avaliação de júri. Ao fim desses procedimentos concluíram que, para um de seus grupos amostrais, não apenas o tipo de reboco empregado no revestimento ou mesmo a sua espessura foram fatores relevantes no isolamento acústico, mas também a espessura da argamassa aplicada nas juntas verticais e horizontais. Essa observação foi possível ao verificarem que, surpreendentemente, os blocos de menores dimensões

apresentaram melhor desempenho acústico, tendo sido atribuída a responsabilidade da eficácia acústica ao fato de terem recebido uma camada mais espessa de argamassa nas juntas.

Comparando os estudos descritos anteriormente, pode-se afirmar que o desempenho acústico das vedações internas de uma edificação pode ser influenciado por uma série de diferentes fatores. Visto que, diante dos resultados obtidos nas diferentes análises, observou-se que a primeira edificação (Promenade Ponta Verde) conseguiu atingir seu objetivo de melhoria do padrão acústico apostando em uma maior espessura total da alvenaria, assim como no preenchimento dos espaços vazios dos blocos de concreto com argamassa; enquanto que o segundo conseguiu com os convencionais blocos cerâmicos atingir melhor desempenho aumentando a espessura de argamassa aplicada entre as juntas, mesmo que os blocos empregados não fossem os de maiores dimensões.

Desse modo, diante das inúmeras possibilidades construtivas, é preciso que o projetista analise e defina qual a metodologia mais adequada a ser empregada diante das especificidades técnicas e econômicas da área de execução da obra, descartando a ideia de que há uma melhor técnica construtiva, aplicável a todos os tipos de edificações indiscriminadamente.

Além disso, um estudo realizado por Carvalho e Pessoa (2018), visando aprimorar o desempenho acústico das salas de aula de uma escola localizada no município português de Guimarães, utilizou-se de materiais descartáveis não orgânicos para tal fim, sendo eles: copos plásticos de café, tabuleiros para ovos e espuma de colchão. Os mesmos foram submetidos a testes acústicos de reverberação na Universidade do Porto, tendo sido arranjados em diferentes posições: nas partes superior e inferior das paredes e sobre o revestimento do piso. Ao fim verificou-se que o melhor desempenho acústico foi resultante do uso de espuma.

Diante disso, infere-se que materiais economicamente acessíveis podem ser empregados para elevar o padrão sonoro das edificações, o que representa uma alternativa benéfica em caráter técnico, econômico, ambiental e no quesito de saúde. Nesse caso, estando voltado a um imóvel não residencial, pode-se afirmar que o impacto do desempenho acústico foi ainda maior, mediante a quantidade de usuários compartilhando do mesmo espaço simultaneamente, o que implica dizer que a aplicabilidade da espuma para fins habitacionais apresentaria bons resultados, mediante o acolhimento de menor público e, por consequência, a menor concentração de emissores sonoros. No entanto, é imprescindível a avaliação do uso desse material, quanto aos requisitos de segurança contra incêndio.

Na Tabela 2, encontram-se discriminados os valores de referência para medição em campo do nível de desempenho acústico para alvenarias internas, alvo da análise deste trabalho.

Tabela 2 - Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações verticais internas

Parâmetro	Critério	Desempenho			
		MÍN	INT	SUP	
Diferença padronizada de nível ponderada	$D_{nT,w}$	Paredes entre unidades habitacionais autônomas, em que ao menos um dos recintos seja dormitório.	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
		Paredes entre unidades habitacionais autônomas em que ao menos um dos recintos seja dormitório.	≥ 45 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
		Parede sem aberturas ou esquadrias de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual e escadaria nos pavimentos.	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
		Parede sem aberturas ou esquadrias de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual e escadaria nos pavimentos.	≥ 30 dB	≥ 35 dB	≥ 40 dB
		Parede sem aberturas ou esquadrias entre unidade habitacional e áreas comuns de	≥ 45	≥ 50	≥ 55
		Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas por um <i>hall</i> , obtida entre unidades.	≥ 40	≥ 45	≥ 50

Fonte: ABNT (2013) adaptado pelo autor.

Para a medição do ruído aéreo conforme norma é exigido equipamentos específicos, como já mencionado anteriormente. Tais equipamentos só são utilizados por empresa e/ou laboratórios especializados para fazer este estudo. Porém, vale ainda salientar que, hoje em dia, com o uso cada vez mais difundido de *smartphones*, a existência de aplicativos de leitores de pressão sonora é uma realidade próxima ao usuário. Barony, Ambrósio e Lyra (2017) analisaram a substituição do decibelímetro frente ao uso de aplicativos. Mas em seus estudos

verificaram que nenhum dos aplicativos testados conseguiu-se determinar algum que o fizesse com precisão adequada.

Nesse contexto, no presente trabalho será feita uma comparação do desempenho de aplicativos de *smartphone* em substituição ao uso do decibelímetro na verificação dos níveis de pressão sonora decorrentes da propagação de ruído aéreo em alvenarias internas a edificações. Salienta-se ainda que os aplicativos aqui utilizados serão distintos dos empregados nos estudos de Barony, Ambrósio e Lyra (2017), considerando o surgimento de versões mais atualizadas de leitores de pressão sonora para celulares.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, o presente trabalho buscou desenvolver um estudo de caso em duas edificações habitacionais, uma executada antes do vigor da NBR 15.575 e outra após, a fim de verificar os impactos de sua obrigatoriedade no desempenho acústico quanto à propagação de ruído aéreo, a partir da análise dos níveis de desempenho dos elementos de vedação e piso, em concordância com os parâmetros propostos pela norma.

No entanto, diante das dificuldades impostas pelo contexto pandêmico da Covid-19, como encontrar áreas de estudo cujos proprietários estivessem dispostos a receber o autor e auxiliares para execução do método simplificado de campo, essa ideia foi substituída pela comparação dos dados coletados a partir do decibelímetro com os provenientes do uso de três aplicativos de *smartphone*, visando apontar aquele que apresentasse maior acurácia e verificar a possibilidade sua aplicação em substituição ao leitor de pressão sonora.

Além disso, houve ainda o desafio de fazer a avaliação da área de estudo analisada, haja vista que a mesma se encontra em uso, limitando os horários possíveis de realizar as leituras com os aparelhos supracitados, mediante a interferência dos usuários ou mesmo do *layout* da edificação, de modo que os primeiros estavam sujeitos a atuar como fontes sonoras extras e o segundo a constituir barreiras não fixas à propagação do ruído, reduzindo a representatividade dos dados colhidos em campo.

Portanto, considerando a disponibilidade técnica de materiais para a verificação dos níveis sonoros provenientes da propagação de ruído entre diferentes ambientes, assim como a importância de que a edificação atenda às demandas de conforto, associado aos critérios de saúde e privacidade, no item seguinte serão explicitados os materiais e metodologias empregadas para a avaliação da substituição do decibelímetro por aplicativos de *smartphones* no método simplificado de campo, proposto pela NBR 15.575/2013.

De acordo com Marconi e Lakatos (2002) uma pesquisa de campo é aquela em que se busca comprovar uma determinada hipótese ou apresentar uma resposta plausível a uma problemática, requerendo a elaboração de uma fundamentação teórica, seguida de uma metodologia de coleta e registro de dados oriundos da análise de uma ou mais amostras, de modo a assumirem caráter representativo.

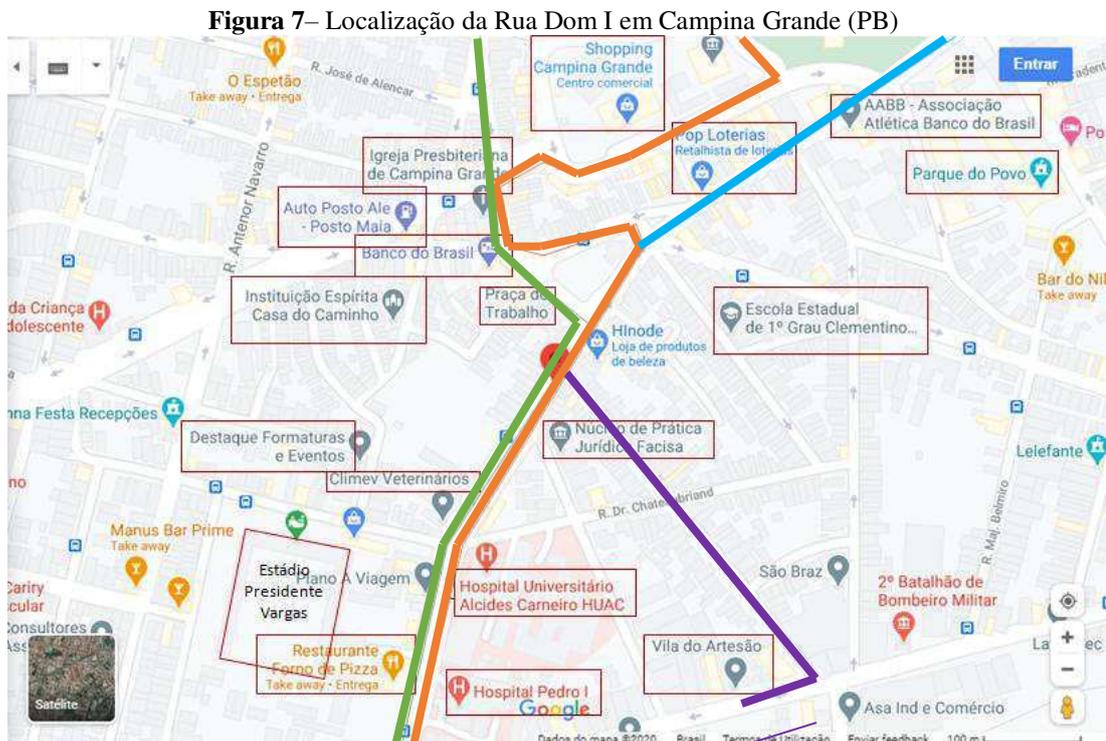
As autoras descrevem ainda que as pesquisas de campo podem ser classificadas em quantitativo-descritivas, exploratórias ou experimentais. Com base no conceito apresentado por elas, no qual as exploratórias são descritas como aquelas em que se utiliza de algum

determinado método para a análise de dados, observação de um fenômeno, ou ambos, visando sua descrição qualitativa ou quantitativa, observa-se o caráter exploratório deste trabalho, no qual almeja-se levantar informações sobre uma mesma amostra, porém recorrendo ao uso de diferentes instrumentos, a fim de analisar qualitativamente o desempenho do instrumento informal em comparação com as leituras obtidas pelo equipamento técnico adequado e então determinar sua eficácia.

Portanto, visando gerar dados para a produção deste trabalho, será realizada uma pesquisa de campo de caráter exploratório em um dos dormitórios de uma edificação residencial unifamiliar, localizada na cidade de Campina Grande, seguido de sua análise qualitativa. Essas etapas serão descritas com maior precisão ao longo deste capítulo.

3.1. ÁREA DE ESTUDO

Primeiramente foi selecionada uma edificação habitacional situada no município de Campina Grande, na Paraíba (Brasil). A mesma se localiza na Rua Dom Pedro I, no bairro São José, apresentando funcionalidade mista, ou seja, abriga uma porção destinada a fins comerciais e uma outra à moradia unifamiliar, sendo possível visualizar seu posicionamento geográfico na Figura 7.



Fonte: Google Maps (2020) adaptado pelo autor.

Legenda:

- Rota de entrada no terminal de integração de ônibus;
- Rota de saída do terminal de integração de ônibus;
- Principal rota de acesso à Vila do Artesão (ponto turístico);
- Principal rota de acesso ao Parque do Povo (ponto turístico);
- Espaços concentradores de fluxo humano ou veículos.

Como visto anteriormente na Figura 7, a rua Dom Pedro I abriga e é circundada por uma considerável quantidade de estabelecimentos voltados ao comércio e à prestação de serviços, desempenhando, portanto, as funções de combinar espaços residenciais e comerciais ou públicos. Na mesma, ou no entorno, se encontram os Hospitais Universitário Alcides Carneiro (HUAC) e Pedro I, além de espaços educacionais, clínica veterinária, a Praça do Trabalho, igrejas, comércios e uma das unidades do Banco do Brasil, além de outros. Isso contribui para que o tráfego seja intenso na região.

Além disso, a rua constitui-se como uma das mais comuns rotas de acesso a pontos turísticos e ao Centro da cidade, favorecendo ainda mais o tráfego de veículos e pessoas, cujas concentrações contribuem para o aumento da propagação de ruído aéreo, bastante comum em espaços urbanos, especialmente nos chamados horários de pico. Ela conta ainda com a disponibilidade de doze linhas de ônibus (Figura 8). Tudo isso contribui para que a edificação escolhida como área de estudo seja um ponto crítico e de interesse à avaliação dos níveis de pressão sonora.

Figura 8 – Linhas de ônibus dispostas à Rua Dom Pedro I em Campina Grande (PB)

 Autocarros

077	090A	090B
092	101	111
404	444	900
902	909	922

Fonte: Google Maps (2020).

A residência em questão teve suas atividades de execução iniciadas em 2006 e finalizadas no ano posterior. Portanto, ela foi construída antes da obrigatoriedade da norma de desempenho de edificações habitacionais, NBR 15.575 (ABNT, 2013). Porém, como a finalidade primária deste trabalho se encontra voltada à determinação de um aplicativo de *smartphone* que simule com precisão as leituras de um decibelímetro, este fato foi desconsiderado. Além disso, a escolha da área de estudo levou em questão as dificuldades de encontrar uma edificação que estivesse disposta a receber o autor e voluntários para a execução dos procedimentos de determinação dos níveis de desempenho acústico, em frente ao contexto pandêmico da Covid-19.

Quadro 4 – Descrição das paredes da área de estudo

Numeração das paredes	Separação de Ambientes	Separação de unidades habitacionais	Porta	Janela
1	X			
2	X			X
3	X		X	
4		X		
5	X			
6	X		X	
7	X			
Obs.: todas apresentam função exclusiva de vedação.				

Fonte: autor (2020).

Serão apresentados no item seguinte os materiais empregados que foram utilizados na execução da metodologia norteadora deste trabalho, baseada no método simplificado de campo, recomendado pela NBR 15.575 (ABNT, 2013).

3.2. MATERIAIS

Mediante a disponibilidade de equipamentos para as medições em campo (simplificada) dos níveis de ruído aéreo nas alvenarias da edificação que serviu como de área de estudo para a realização deste trabalho, os materiais e métodos empregados no levantamento de dados ocorreu de maneira adaptada com relação ao proposto pela NBR 15.575 (ABNT, 2013). Para isso foram utilizados os seguintes materiais:

- Decibelímetro/sonômetro digital: Termo-higro-decibelímetro-luxímetro modelo SKTHDL-01 da Skill-TEC;
- *Smartphone*: aplicativos leitores de pressão sonora para *smartphones* (*Sound Meter* da *Splend Apps*; *Sound Meter – Decibel* da *Melon Soft* e *Sound Meter: SPL meter, dB meter, noise meter* da *KTW Apps*);
- Caixa de som (fonte sonora em substituição à fonte omnidirecional).

O equipamento selecionado para a realização das medições de referência da pressão sonora foi o Decibelímetro digital (Figura 10). O mesmo é um instrumento capaz de transformar os níveis de som em elementos numéricos, medidos em decibéis, estando eles dissipados em ambientes fechados ou abertos, sendo perceptíveis ao aparelho auditivo humano ou não (INSTRUTEMP, 2019).

Figura 10 - Decibelímetro digital utilizado neste trabalho



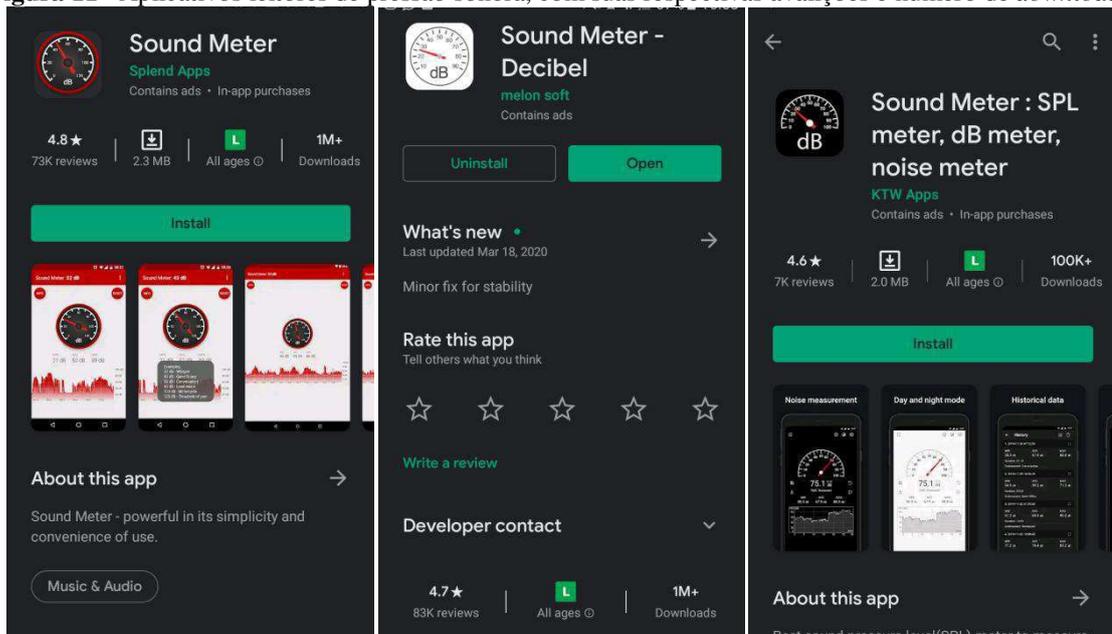
Fonte: Autor (2020).

A seguir se encontram elencadas as especificações do decibelímetro utilizado, tendo sido estas informações retiradas do manual de uso do equipamento, produzido pela *Skill-TEC*(2017).

- Escalas: Ponderação A – LO: 35~100dB Ponderação A – HI: 65~130dB
Ponderação C – LO: 35~100dB Ponderação C – HI: 65~130dB;
- Obs: LO – low: baixo; HI – high: alto;
- Resolução: 0,1dB;
- Frequência típica: 30Hz~10kHz;
- Ponderação de frequência: A e C;
- Ponderação de tempo: Fast (rápido);
- Precisão: $\pm 3,5$ dB (nível de 94dB e onda senoidal de 1kHz);
- Microfone: microfone de eletreto condensado.

Visando propor a substituição do decibelímetro nas leituras dos níveis de pressão sonora das alvenarias internas da edificação analisada, foram selecionados os aplicativos *Sound Meter* da *Splend Apps*; *Sound Meter – Decibel* da *Melon Soft* e *Sound Meter: SPL meter, dB meter, noise meter* da *KTW Apps*, os quais serão tratados como aplicativos 1, 2 e 3, respectivamente, visando simplificar sua identificação no presente trabalho. Os mesmos se encontram expostos na Figura 11.

Figura 11– Aplicativos leitores de pressão sonora, com suas respectivas avaliações e número de *downloads*



Fonte: *Play Store* (2020).

Discriminados os instrumentos necessários à realização das leituras dos níveis de pressão sonora, serão descritos, no item seguinte, os procedimentos usados na coleta de dados mediante emprego do método simplificado de campo com adaptações.

3.3. MÉTODO SIMPLIFICADO DE CAMPO ADAPTADO

De acordo com o manual ProAcústica (2013), a metodologia empregada pelo método simplificado de campo para avaliação do desempenho acústico de vedações internas e de sistemas de piso, quanto ao ruído aéreo, encontra-se especificado nas normas ISO 140-4 e ISO 10052. O procedimento consiste na leitura do nível de pressão sonora em dois ambientes: aquele no qual se encontra uma fonte de som onidirecional (emissor) em funcionamento, e no espaço vizinho (receptor). Desse modo,

A diferença entre ambos os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor, proporcionam a Diferença de níveis padronizada (D_{nt}), que é convertida em um número único através da ISO 717-1 obtendo-se a Diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nt,w}$) que é o valor comparável com os níveis de desempenho [...] (ProAcústica, 2013).

Porém, visando a utilização de materiais mais acessíveis para leituras dos níveis de desempenho acústico decorrentes da propagação de ruído aéreo em sistemas de vedações internas para finalidades não técnicas, este trabalho recorreu a uma adaptação quanto ao

emprego dos equipamentos a serem utilizados para verificação dos níveis de pressão sonora através da metodologia simplificada de campo recomendada pela NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Desse modo, as leituras dos níveis de pressão sonora a que fica submetido o sistema de vedação interna ocorreram a partir da utilização de um decibelímetro e de três aplicativos de *smartphone*, selecionados a partir da avaliação (estrelas) realizada por seus usuários, em proporção ao número de *downloads*, que simulam o funcionamento do equipamento supracitado, disponíveis gratuitamente para *download* no *Play Store* (dispositivos com sistema operacional *Android*) para a catalogação de dados de detecção do ruído de veiculação aérea. Uma caixa de som foi utilizada como fonte sonora no ambiente emissor, visando substituir a fonte onidirecional, como especificado pelo método simplificado de campo, de modo que, visando atender as frequências sonoras em que os dados foram coletados, testes de som com frequência específica – tendo sido utilizadas as de 125 (foi utilizada a frequência de 123 Hz, porém convencionou-se considerá-la como 125 Hz, valor encontrado no gráfico de referência da ISO 717-1 para verificação de desempenho acústico), 250, 500, 1000 e 2000 Hz – encontrados no *YouTube* (item 7.2, Apêndice) foram reproduzidos pela fonte, durante a coleta de dados. Em seguida foram realizadas as leituras com os sonômetros no ambiente receptor. Vale ainda salientar que, como recomendado pela NBR 15.575 (ABNT, 2013), a coleta de dados foi realizada nos espaços de fonte e receptores sonoros com portas e janelas fechadas, visando evitar o máximo possível de interferências externas.

Para a determinação do aplicativo com melhor precisão na simulação do emprego de um decibelímetro, foram registrados todos os valores de leitura de pressão sonora lidos nos ambientes emissores e receptores de ruído aéreo, discriminados de acordo com cada faixa de frequência para cada uma das sete paredes analisadas.

A partir dos dados catalogados, foram calculadas as diferenças de níveis sonoros (em módulo) entre cada leitura realizada com o uso dos aplicativos e do decibelímetro, em uma mesma alvenaria em exposição à mesma faixa de frequência, discriminando se a leitura ocorreu no ambiente emissor ou receptor.

Em seguida, essas diferenças entre as leituras dos aplicativos e do decibelímetro, para cada uma das paredes analisadas, foi somada e dividida por sete (número de amostras) para que fosse possível verificar a diferença média entre as leituras para cada faixa de frequência e então determinar qual aplicativo apresentou melhor representatividade dos dados em comparação ao decibelímetro (menor diferença), para cada uma dessas faixas nos espaços emissores e receptores.

Então, para realizar uma avaliação genérica, ou seja, considerando todas as faixas de frequência analisadas, de qual aplicativo apresentou maior precisão de leitura quando comparado ao decibelímetro, foram calculados os valores médios totais de diferença entre as leituras obtidas, recorrendo-se a mesma metodologia anterior, porém, não mais agrupando os dados em função das diferentes faixas de frequência, obtendo-se assim as diferenças médias totais (soma de todas as diferenças dividido por trinta e cinco, valor equivalente ao número dados avaliados, considerando as sete paredes submetidas aos efeitos de cinco frequências distintas) para cada aplicativo em função do ambiente comportar-se como fonte ou receptor sonoro. Ao final, para evitar que fosse obtida maior precisão para a fonte e receptor em diferentes aplicativos, essas médias foram somadas, servindo de amparo para determinar qual o aplicativo com melhor desempenho, aquele com menor soma das médias totais.

Por fim, para determinar se o aplicativo que obteve leituras mais condizentes pode ser ou não recomendado para realização de leituras dos níveis de pressão sonora em substituição ao decibelímetro em situações não técnicas foi calculado o erro percentual das diferenças entre as leituras de fonte e receptor aferidas pelo aplicativo analisado e pelo decibelímetro, a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Erro percentual (\%)} = \frac{|(\text{Valor aproximado}) - (\text{Valor de referência})|}{\text{Valor de referência}} \times 100$$

Sendo:

Valor aproximado: o valor lido pelo aplicativo analisado;

Valor de referência: o valor lido pelo decibelímetro.

No próximo capítulo serão expostos os dados registrados a partir da execução do procedimento descrito na presente sessão, bem como a análise detalhada da escolha do aplicativo com maior representatividade de leitura nos valores de pressão sonora oriundos da propagação de ruído aéreo.

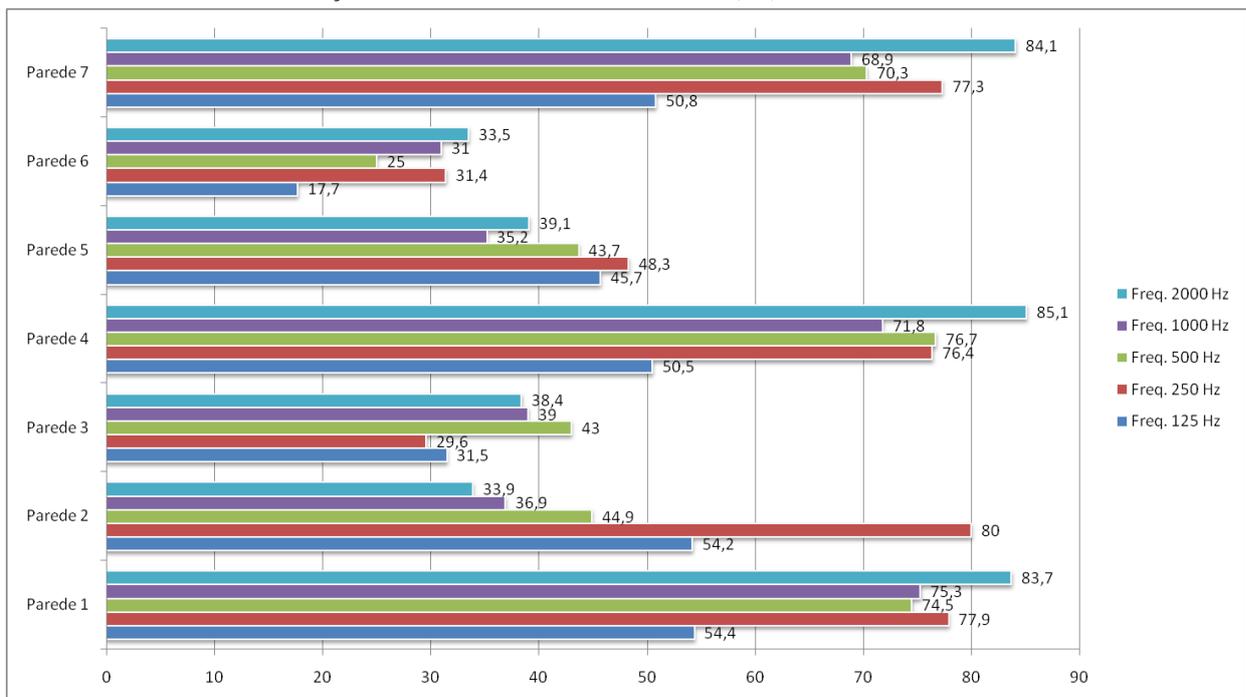
4. RESULTADOS E ANÁLISES

No respectivo capítulo serão elencados e discutidos os resultados encontrados mediante a aplicação do método simplificado de campo adaptado.

4.1. DADOS COLETADOS A PARTIR DA ADAPTAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO DE CAMPO, USANDO DECIBELÍMETRO E APLICATIVOS DE SMARTPHONE

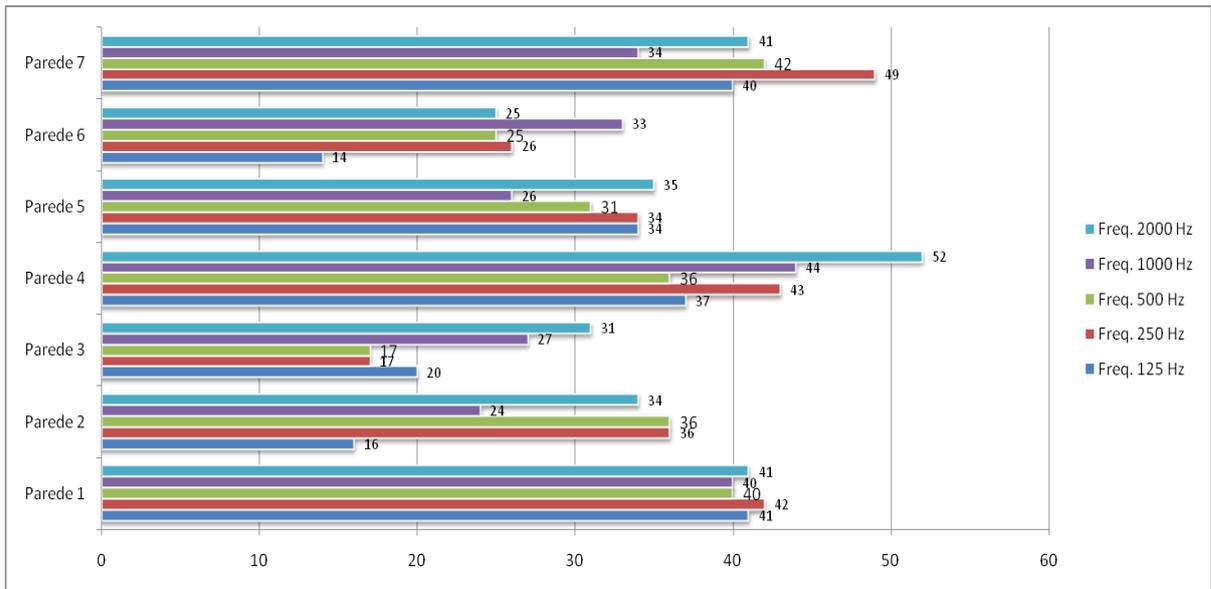
Nos gráficos 1, 2, 3 e 4 encontram-se registradas as diferenças de níveis entre ambientes (subtração da leitura realizada no receptor da leitura da fonte) obtidas a partir dos dados coletados em campo, uma unidade habitacional unifamiliar localizada na cidade de Campina Grande (PB), a partir da adaptação do método simplificado de campo proposto no presente trabalho e descrito precisamente no capítulo anterior, que contou com a utilização do decibelímetro, aplicativos leitores de pressão sonora de *smartphone* com sistema operacional *Android* e uma caixa de som, em substituição à fonte sonora omnidirecional emitindo testes de som de frequências (Hertz) específicas.

Gráfico 1- Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do decibelímetro



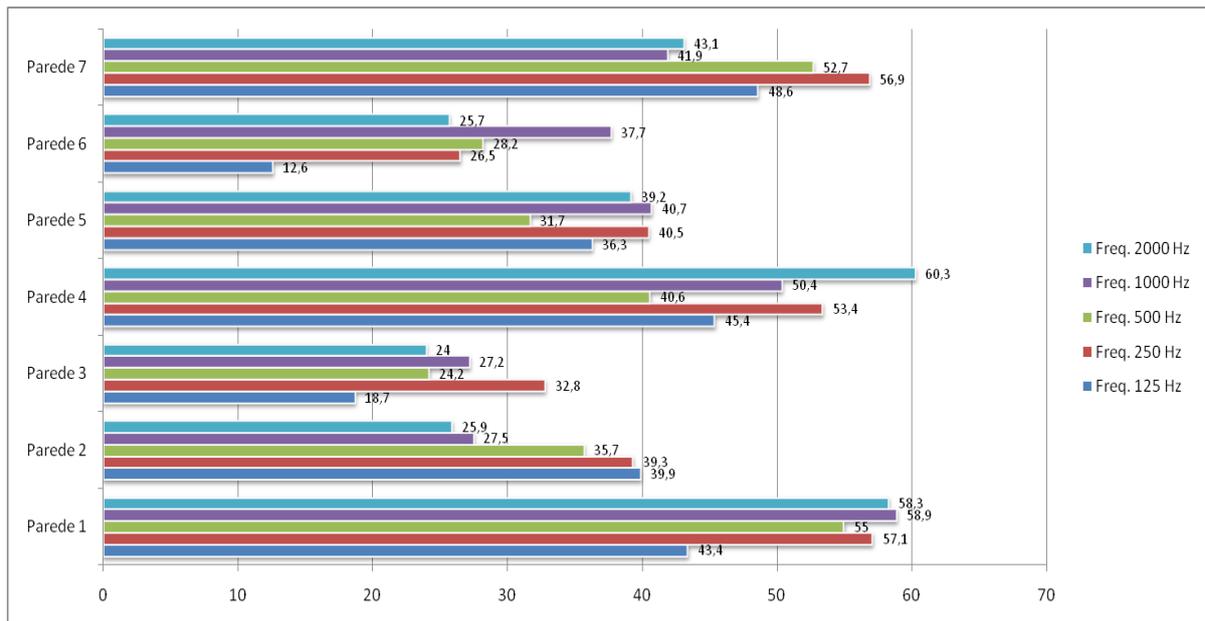
Fonte: autor (2020).

Gráfico 2- Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do Aplicativo 1

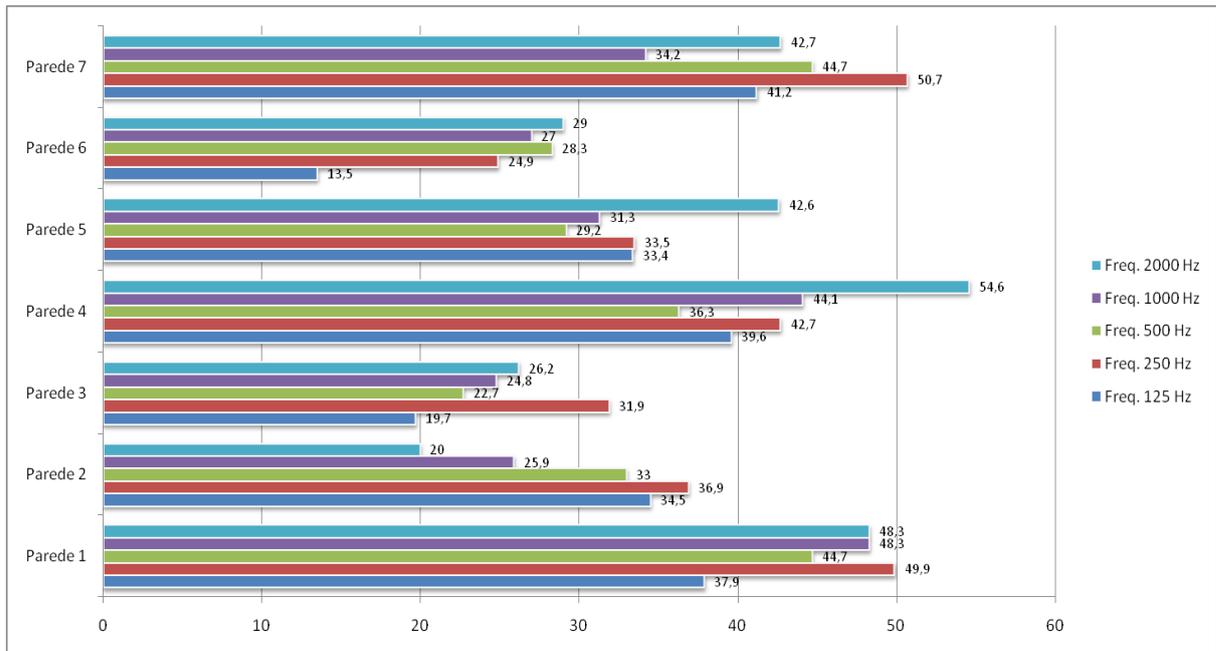


Fonte: autor (2020).

Gráfico 3 - Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do Aplicativo 2



Fonte: autor (2020).

Gráfico 4 - Diferença de níveis sonoros entre ambientes (dB) com base no uso do Aplicativo 3

Fonte: autor (2020).

Visando verificar a influência da função que a alvenaria exerce na área de estudo (detalhadas no item anterior), ou seja, se separa diferentes ambientes ou unidades ou se abriga algum tipo de esquadria ou não, foram calculadas as diferenças de leitura de pressão sonora entre os espaços receptores e emissores de ruído (ΔL). Nos gráficos anteriores foram verificadas as menores diferenças entre fonte e receptor, que demonstram que uma menor parcela da pressão sonora foi absorvida pela alvenaria, implicando em menor nível de desempenho acústico quanto à propagação de ruído aéreo, e maiores diferenças que expressam o maior desempenho acústico, resultante da maior capacidade de absorção sonora pela parede em análise. A partir dessa avaliação foram gerados os Quadros 5 e 6.

Quadro 5 – Paredes com maior e menor absorção sonora

Equipamento		Frequências									
		125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
		ΔL (dB)	Parede								
Decibelímetro	Maior absorção sonora	54,4	1	80	2	76,7	4	75,3	1	85,1	4
	Menor absorção sonora	17,7	6	29,6	3	25	6	31	6	33,5	6
Aplicativo 1	Maior absorção sonora	41	1	49	7	42	7	44	4	52	4
	Menor absorção sonora	14	6	17	3	17	3	24	2	25	6
Aplicativo 2	Maior absorção sonora	48,6	7	57,1	1	55	1	58,9	1	60,3	4
	Menor absorção sonora	12,6	6	26,5	6	24,2	3	27,2	3	24	3
Aplicativo 3	Maior absorção sonora	41,2	7	50,7	7	44,7	1 e 7	48,3	1	54,6	4
	Menor absorção sonora	13,5	6	24,9	3	22,7	3	24,8	3	20	2

Fonte: autor (2020).

Quadro 6 – Avaliação da passagem de ruído aéreo pelas paredes analisadas

Alvenaria	Número de vezes que apresentou maior absorção sonora	Número de vezes que apresentou menor absorção sonora
1	8	0
2	1	2
3	0	8
4	6	0
5	0	0
6	0	10
7	6	0

Fonte: autor (2020).

De acordo com o Quadro 6, verificou-se que houve maior absorção da pressão sonora pela Parede 1 (divisória de ambientes), que apresentou maior desempenho um total de 8 vezes, considerando tanto os dados coletados pelo decibelímetro quanto pelos aplicativos de *smartphone*. Em seguida, houve melhor desempenho na barragem do som pelas paredes 4 (separadora de diferentes unidades habitacionais) e 7 (separadora de diferentes ambientes). No entanto, de acordo com Prata-Shimoura *et al.* (2017), mediante a influência da Lei das Massas, já explicitada no capítulo 2, item 2.3.1, esperava-se que a Parede 4, de maior espessura (já que a mesma constitui-se de duas faces de alvenaria) e, portanto, maior densidade superficial, apresentasse uma maior perda de transmissão sonora. Acredita-se que, por tratar-se de uma área de estudo já ocupada, cujas alvenarias apresentaram uma mesma metodologia de construção e que se encontram sujeitas à influência de mobiliário de diferentes materiais, os mesmos interferiram no resultado e no desempenho da alvenaria. Inclusive, para verificação do nível de desempenho acústico proposto pela NBR 15.575/2013, é necessário considerar para o cálculo do tempo de reverberação a presença de diferentes equipamentos, além dos elementos construtivos. O ambiente emissor da parede 1, por exemplo, funciona como uma área de depósito e da parede 7, há presença de equipamentos eletrônicos de grande porte como máquinas de lavar roupas e louça e geladeira, tal como exposto no levantamento fotográfico da área de estudo, localizado no item 7.1, Apêndice.

Ainda com relação ao Quadro 6, observou-se o desempenho de absorção sonora inferior nas paredes 6, 3 e 2, respectivamente, as duas primeiras abrigando portas e a última, uma janela. Diante do exposto, pode-se afirmar que, retomando o conceito de difração sonora, baseado nos estudos de Fernandes (2002) e que se encontra exposto na sessão 2.2, as alvenarias que recebem rasgos na superfície para a alocação de esquadrias se encontram sujeitas ao efeito desse fenômeno, uma vez que mesmo quando fechadas, passam a apresentar aberturas que facilitam a propagação do som de um ambiente para o outro. Outro fator a ser

elencado é que, apresentando maior esbeltez e menor rigidez com relação às alvenarias, as esquadrias estão mais sujeitas a entrarem em processo vibratório e, desse modo, absorver uma menor parcela do ruído emitido e assim transmiti-lo com maior intensidade para a sua outra face, o que remete novamente à influência do fenômeno da Lei das Massas.

Em posse dos dados coletados no espaço analisado, foram calculadas as diferenças de leitura de pressão sonora entre o decibelímetro e cada um dos aplicativos a serem avaliados. Primeiramente foram obtidos os valores médios (em módulo) dessas diferenças levando em conta as frequências a que estavam submetidas as alvenarias analisadas. Posteriormente, calculou-se a diferença média total (em módulo), levando em conta apenas o aplicativo avaliado. Esses dados se encontram no Quadro 7, na página seguinte.

Legenda de cores para compreensão das células componentes do Quadro 7:

- Alvenaria separadora de ambientes diferentes.
- Alvenaria contendo janela.
- Alvenaria contendo porta.
- Alvenaria separadora de diferentes unidades habitacionais

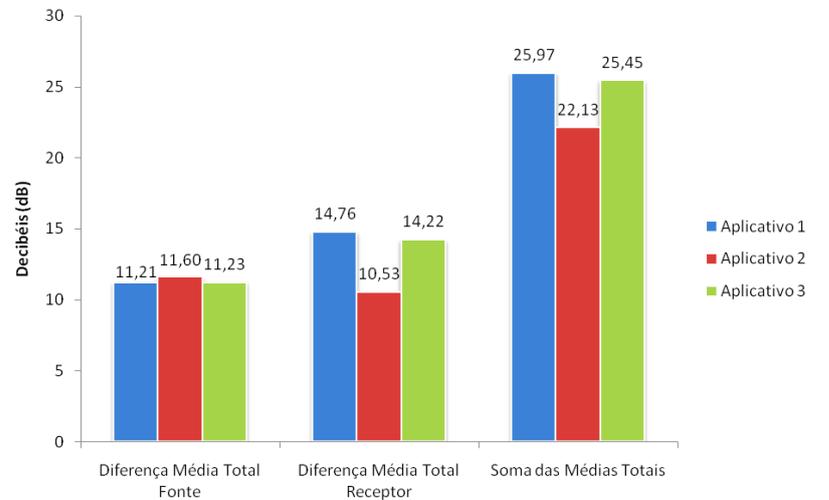
Quadro 7 – Módulo das diferenças médias e totais de leitura entre os aplicativos e o decibelímetro

Frequência	Parede	Aplicativo 1 (dB)		Aplicativo 2 (dB)		Aplicativo 3 (dB)	
		Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor
125 Hz	Parede 1	8,2	21,6	1,4	12,4	2,8	19,3
	Parede 2	10,6	27,6	0,4	13,9	1,7	21,4
	Parede 3	1,7	13,2	4,1	8,7	0,4	11,4
	Parede 4	6,1	19,6	3	8,1	4,5	15,4
	Parede 5	12,9	24,6	7,5	16,9	10	22,3
	Parede 6	7,6	11,3	2,3	7,4	5,3	9,5
	Parede 7	6,8	17,6	3	5,2	3,9	13,5
		Média (dB)			Média (dB)		Média (dB)
		7,70	19,36	3,10	10,37	4,09	16,11
250 Hz	Parede 1	11,3	24,6	8	12,8	7,6	20,4
	Parede 2	8,4	35,6	11,7	29	10,9	32,2
	Parede 3	11,7	0,9	13,8	17	12,7	15
	Parede 4	13,8	19,6	15,2	7,8	14,5	19,2
	Parede 5	7,5	6,8	10,1	2,3	9,3	5,5
	Parede 6	9,1	3,7	11,2	6,3	11,9	5,4
	Parede 7	7,7	20,6	10,4	10	9,3	17,3
		Média (dB)			Média (dB)		Média (dB)
		9,93	15,97	11,49	12,17	10,89	16,43
500 Hz	Parede 1	11,9	22,6	9,5	10	8,7	21,1
	Parede 2	2,2	6,7	7,3	1,9	6	5,9
	Parede 3	18,1	7,9	16,5	2,3	16,1	4,2
	Parede 4	21,1	19,6	24,4	11,7	22,7	17,7
	Parede 5	7,2	5,5	11,3	0,7	11,3	3,2
	Parede 6	5,8	5,8	8,7	11,9	5,6	8,9
	Parede 7	8,7	19,6	10,4	7,2	9,1	16,5
		Média (dB)			Média (dB)		Média (dB)
		10,71	12,53	12,59	6,53	11,36	11,07
1000 Hz	Parede 1	15,7	19,6	7,6	8,8	6,7	20,3
	Parede 2	16,1	3,2	17	7,6	15	4
	Parede 3	10,3	1,7	13,6	1,8	12,8	1,4
	Parede 4	8,2	19,6	11,7	9,7	10,1	17,6
	Parede 5	12,8	3,6	14,9	20,4	11,9	8
	Parede 6	9,5	11,5	12,4	19,1	13,8	9,8
	Parede 7	16,3	18,6	18,5	8,5	16,5	18,2
		Média (dB)			Média (dB)		Média (dB)
		12,70	11,11	13,67	10,84	12,40	11,33
2000 Hz	Parede 1	21,1	21,6	14,4	11	14,4	21
	Parede 2	15,2	15,3	26,6	18,6	27,9	14
	Parede 3	12,5	5,1	16,8	2,4	16,6	4,4
	Parede 4	11,5	21,6	14,1	10,7	13,4	17,1
	Parede 5	14,5	10,4	15,7	15,8	18	21,5
	Parede 6	12,7	4,2	15,1	7,3	14,8	10,3
	Parede 7	17,5	25,6	17,5	23,5	16,7	24,7
		Média (dB)			Média (dB)		Média (dB)
		15,00	14,83	17,17	12,76	17,40	16,14
Considerando as leituras por instrumento		Média Total (dB)		Média Total (dB)		Média Total (dB)	
		11,21	14,76	11,60	10,53	11,23	14,22
Soma das Médias Totais (dB)		25,97		22,14		25,44	

Fonte: autor (2020).

Com base, nesses dados foram elaborados o Gráfico 5, que compara as somadas médias totais obtidas mediante uso de cada aplicativo, e o Quadro 8 de desempenho dos aplicativos para cada uma das frequências analisadas.

Gráfico 5 - Módulo das diferenças médias e totais de leitura entre os aplicativos e o decibelímetro (resumo)



Fonte: autor (2020).

Quadro 8 – Avaliação do desempenho dos aplicativos na leitura de pressão sonora por faixa de frequência

Aplicativo	Menor diferença média entre leituras do aplicativo e do decibelímetro (dB)					
	Faixa de Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000
1	Ambiente emissor sonoro		X	X	X	X
	Ambiente receptor sonoro					
2	Ambiente emissor sonoro	X				
	Ambiente receptor sonoro	X	X	X	X	X
3	Ambiente emissor sonoro					
	Ambiente receptor sonoro					

Fonte: autor (2020).

Por meio da verificação da Quadros 7 e 8, observou-se que o desempenho de cada aplicativo variou com relação à frequência a que as alvenarias estavam submetidas, de modo que o aplicativo 1 foi mais preciso na coleta de dados no ambiente de fonte, e o aplicativo 2 em todos os ambientes receptores sonoros. Desse modo, retomando ao Quadro 7, a partir da soma das médias totais da fonte e seu respectivo receptor sonoro, quanto às diferenças entre as leituras de cada aplicativo e do decibelímetro, obteve-se menor valor para o intitulado aplicativo 2, *Sound Meter – Decibel* da *Melon Soft*, tornando-o, portanto, o aplicativo que apresentou as leituras mais coerentes em comparação ao decibelímetro, aparelho recomendado para leituras dos níveis de pressão sonora pela NBR 15.575/2013, apesar das ressalvas para as leituras feitas pelo aplicativo nas faces emissoras.

Desse modo, para avaliar a precisão do aplicativo e então averiguar a possibilidade de recomendá-lo em substituição ao decibelímetro foi verificado o erro percentual das leituras do aplicativo 2 com relação ao decibelímetro, estando os dados obtidos registrados no Quadro 9.

Quadro 9 – Verificação dos erros percentuais entre as diferenças de nível entre ambientes (ΔL) obtidas pelo aplicativo 2 e o decibelímetro

Frequência de 125 Hz							
Parede	Decibelímetro (dB)			Aplicativo 2 (dB)			Erro (%)
	Fonte	Receptor	ΔL	Fonte	Receptor	ΔL	
Parede 1	68,8	14,4	54,4	70,2	26,8	43,4	20,22
Parede 2	68,6	14,4	54,2	68,2	28,3	39,9	26,38
Parede 3	73,3	41,8	31,5	69,2	50,5	18,7	40,63
Parede 4	64,9	14,4	50,5	67,9	22,5	45,4	10,10
Parede 5	60,1	14,4	45,7	67,6	31,3	36,3	20,57
Parede 6	59,4	41,7	17,7	61,7	49,1	12,6	28,81
Parede 7	65,2	14,4	50,8	68,2	19,6	48,6	4,33
Frequência de 250 Hz							
Parede	Decibelímetro (dB)			Aplicativo 2 (dB)			Erro (%)
	Fonte	Receptor	ΔL	Fonte	Receptor	ΔL	
Parede 1	92,3	14,4	77,9	84,3	27,2	57,1	26,70
Parede 2	94,4	14,4	80	82,7	43,4	39,3	50,88
Parede 3	96,7	67,1	29,6	82,9	50,1	32,8	10,81
Parede 4	90,8	14,4	76,4	75,6	22,2	53,4	30,10
Parede 5	91,5	43,2	48,3	81,4	40,9	40,5	16,15
Parede 6	94,1	62,7	31,4	82,9	56,4	26,5	15,61
Parede 7	91,7	14,4	77,3	81,3	24,4	56,9	26,39
Frequência de 500 Hz							
Parede	Decibelímetro (dB)			Aplicativo 2 (dB)			Erro (%)
	Fonte	Receptor	ΔL	Fonte	Receptor	ΔL	
Parede 1	88,9	14,4	74,5	79,4	24,4	55	26,17
Parede 2	84,2	39,3	44,9	76,9	41,2	35,7	20,49
Parede 3	91,1	48,1	43	74,6	50,4	24,2	43,72
Parede 4	91,1	14,4	76,7	66,7	26,1	40,6	47,07
Parede 5	87,2	43,5	43,7	75,9	44,2	31,7	27,46
Parede 6	84,8	59,8	25	76,1	47,9	28,2	12,80
Parede 7	84,7	14,4	70,3	74,3	21,6	52,7	25,04
Frequência de 1000 Hz							
Parede	Decibelímetro (dB)			Aplicativo 2 (dB)			Erro (%)
	Fonte	Receptor	ΔL	Fonte	Receptor	ΔL	
Parede 1	89,7	14,4	75,3	82,1	23,2	58,9	21,78
Parede 2	87,1	50,2	36,9	70,1	42,6	27,5	25,47
Parede 3	87,3	48,3	39	73,7	46,5	27,2	30,26
Parede 4	86,2	14,4	71,8	74,5	24,1	50,4	29,81
Parede 5	87,8	52,6	35,2	72,9	32,2	40,7	15,63
Parede 6	89,5	58,5	31	77,1	39,4	37,7	21,61
Parede 7	83,3	14,4	68,9	64,8	22,9	41,9	39,19
Frequência de 2000 Hz							
Parede	Decibelímetro (dB)			Aplicativo 2 (dB)			Erro (%)
	Fonte	Receptor	ΔL	Fonte	Receptor	ΔL	
Parede 1	98,1	14,4	83,7	83,7	25,4	58,3	30,35
Parede 2	98,2	64,3	33,9	71,6	45,7	25,9	23,60
Parede 3	99,5	61,1	38,4	82,7	58,7	24	37,50
Parede 4	99,5	14,4	85,1	85,4	25,1	60,3	29,14
Parede 5	98,5	59,4	39,1	82,8	43,6	39,2	0,26
Parede 6	98,7	65,2	33,5	83,6	57,9	25,7	23,28
Parede 7	98,5	14,4	84,1	81	37,9	43,1	48,75

Fonte: autor (2020).

Mediante os dados registrados no Quadro 9, em que houve a ocorrência de erros percentuais que atingiram 50%, temos que, mesmo o aplicativo apresentando boas recomendações na plataforma de *downloads*, o mesmo não se encontra em adequação para ser empregado em leituras dos níveis de pressão sonora para finalidades técnicas, tal como esperado. Vale salientar que, a ocorrência destes erros pode ainda estar relacionada à qualidade do *smartphone* empregado para a realização das leituras.

Observou-se também pelo conteúdo do Quadro 9, a predominância de erros de leitura do aplicativo ao passo que a frequência analisada aumentava. Os valores mínimos apontados pelo decibelímetro se encontravam na faixa de 14,4 dB para ambientes receptores, enquanto que o aplicativo em proporção a este valor apresentou faixas de leitura em torno de 30 a 40 dB, por esta razão os cálculos de erro foram calculados em função das diferenças entre fonte e receptor, visando gerar o maior nível de proporcionalidade entre as leituras. Diante disso, pode-se inferir que o valor desses erros percentuais, esteve também relacionado aos valores mínimos registrados pelo equipamento e pelo aplicativo, uma vez que as leituras foram todas realizadas sob as mesmas condições do espaço analisado. Mesmo esse aplicativo apresentando os dados sem precisão de casas decimais, diferentemente dos outros dois que apresentavam duas casas decimais, os erros percentuais foram ainda muito altos.

No entanto, no quesito sensorial, o aplicativo pareceu apresentar ter maior representatividade, mediante a sensibilidade auditiva do operador durante a execução do procedimento descrito, já que as leituras acusavam níveis de pressão sonora maiores. Porém este é um fator muito subjetivo a ser analisado.

Porém, avaliando as leituras realizadas, o que se observou foi a tendência ao subdimensionamento das leituras pelo aplicativo quando comparado ao decibelímetro. Como os erros percentuais se encontram registrados em módulo as leituras em que se obteve sinal negativo (quando a diferença entre fonte e receptor acusada pelo aplicativo era maior que a do decibelímetro) foram destacadas em um tom claro de vermelho no Quadro 9, tendo ocorrido um total de apenas 5 das 35 leituras realizadas.

Por fim, estando este trabalho voltado à recomendação de um dos aplicativos analisados em substituição ao decibelímetro para a realização de leituras dos níveis de pressão sonora em fins **não técnicos**, temos que o aplicativo que apresentou maior coerência de dados apresentou ainda grandes erros percentuais em comparação ao equipamento apropriado e recomendado pelo método simplificado de campo para avaliação do desempenho acústico de alvenarias internas em relação à propagação de ruídos aéreos da NBR 15.575/2013. Portanto, não será recomendada a utilização de nenhum aplicativo específico, visando evitar que sejam

realizadas avaliações acústicas ineficientes que demandem reparos desnecessários ou que conduzam à tomada de decisões de prevenção ou correção inapropriadas. Sendo importante ressaltar que para a realização deste trabalho foi utilizado um único aparelho celular para a realização de leituras, estando ele sujeito a interferir no desempenho dos aplicativos, assim como que não seja possível encontrar ou desenvolver um aplicativo que apresente uma boa precisão de leitura dos níveis de pressão sonora, haja vista que essas avaliações foram feitas exclusivamente com uma amostra de três aplicativos dentre os inúmeros disponíveis para *download* na rede de *internet*.

No item seguinte serão elencadas as considerações finais obtidas mediante o amparo teórico buscado para a realização deste trabalho, assim como dos dados coletados em campo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estando a finalidade primórdia deste trabalho voltada à sugestão de um aplicativo de *smartphone* que apresente um bom nível de eficácia na determinação de leituras dos níveis de pressão sonora oriundos da propagação de ruído aéreo, temos que não foi possível apontar um aplicativo específico dentre os três utilizados. Mesmo que voltados ao emprego em finalidades não técnicas, os dados obtidos através do uso do aplicativo apresentariam tendência à subdimensionamento das leituras dos níveis de pressão sonora, podendo interferir incisivamente na avaliação dos níveis de desempenho acústico das alvenarias, sujeitando-as a apresentar falso melhor desempenho.

No entanto, foi possível realizar adaptações da metodologia adequada para realização de leitura dos níveis de pressão sonora em campo, provando que é possível tornar mais acessível a execução de leituras pelo método simplificado de campo de avaliação dos níveis de pressão sonora advindos do ruído de veiculação aérea voltado à análise de alvenarias internas, principalmente no que diz respeito ao uso de equipamentos. Mesmo não tendo sido possível sugerir um aplicativo que substitua efetivamente o decibelímetro, foi possível realizar a troca da fonte onidirecional por uma simples caixa de som reproduzindo testes de acústicos nas frequências desejadas, haja vista a indisponibilidade do instrumento para a realização da coleta de dados deste trabalho. Portanto, nesse quesito, pode-se dizer que esta adaptação apresentou um papel de democratização da metodologia de coleta de dados que poderá futuramente, tornando-a mais acessível para àqueles que não têm como recorrer a um laboratório com equipamentos técnicos rebuscados.

Quanto à eficácia do método construtivo empregado, observou-se que o desempenho acústico depende de inúmeros fatores, sendo necessário que esta metodologia seja pautada nas especificidades técnicas e econômicas que obra demanda. O que implica que não há uma técnica construtiva mais adequada e específica a ser empregada de forma generalizada em todas as edificações residenciais, reforçando a importância do papel do projetista. Além disso, a execução e manutenção adequada dos edifícios contribuem incisivamente para seu desempenho. Por exemplo, uma parede que apresenta grandes fissuras, mesmo que tenha sido executada seguindo o mesmo padrão das demais, apresentará desempenho acústico de ruído aéreo inferior, devido à presença de aberturas que reduzem sua capacidade de absorção acústica, remetendo ao fenômeno da difração sonora.

Observou-se também a influência do *layout* dos espaços analisados no nível de desempenho acústico, mediante o fato de que os elementos que abrigam aquele ambiente

acabam por constituir barreiras sonoras, como foi o caso da análise realizada para as alvenarias 1, 4 e 7 que demonstraram resultados inesperados como exposto no item anterior.

Quanto à influência das esquadrias, tomando por base os dados obtidos na realização deste trabalho, verificou-se que paredes que abrigam portas apresentam desempenho acústico inferior às que apresentam janelas. E de modo genérico, as que recebem rasgos para instalação de esquadrias perdem parcela do seu potencial de absorção sonora, conciliando os conceitos de difração sonora por influência das aberturas, e da lei das massas, mediante a maior esbeltez que essas esquadrias conferem ao ponto no qual se encontram instaladas.

Por fim, este trabalho cumpriu com apenas uma parcela dos objetivos inicialmente traçados, porém deixa aqui a proposta de que seja encontrado ou desenvolvido um aplicativo que viabilize a substituição do decibelímetro, visando democratizar o acesso à realização de testes de verificação de desempenho acústico quanto à propagação de ruído aéreo, rompendo com a dependência de equipamentos onerosos para aquisição ou de recorrência a aluguéis ou laboratórios que disponham de equipamentos especializados, nem sempre facilmente encontrados em todas as regiões. Recomendando-se ainda, para a realização de trabalhos futuros que, caso se disponha de aparelhos celulares suficientes, as leituras em uma mesma face de parede sejam realizadas simultaneamente com os aplicativos e o decibelímetro empregado, visando assegurar que as condições externas sejam exatamente o mesmo. Não tendo sido possível realizar o procedimento deste modo no presente trabalho, mediante a indisponibilidade de *smartphones* suficientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, L. D. **Ruído Urbano e Efeitos Não Auditivos na Saúde da População: Revisão de Literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Trabalho de Conclusão de Curso em Fonoaudiologia), Centro de Ciências da Saúde, – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, UFSC. Florianópolis. 2014. 52 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho (Parte 1: Requisitos Gerais)**. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-3: Edificações Habitacionais – Desempenho (Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos)**. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho (Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE)**. Rio de Janeiro. 2013.

BARONY, F. B.; AMBROSIO, M. D.; LYRA, T. R. **Análise da Precisão de Smartphones e Aplicativos Medidores de Nível Sonoro para Medição de Ruído Ambiente**. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54298406/Relatorio_de_Acustica.pdf?1504165525=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalise_da_precisao_de_smartphones_e_apl.pdf&Expires=1604434643&Signature=RUTCfSOf8icuhHJrTn5~8rhuoyMT5JFnW1bYbyXvu5btnv5LSqzjLr53NIX5Rev8TC3yEj64XSqka~yoTX3wBjn-4BjsdeS9d8IgbV~ruJUuVIuUe-hl3-D--LYCmLf3CdwJKAU0hkM0n4AcznqEMMt9BrWVesPpHZXV7mY3UHpszKvbh8XuxbtJhtJadvOq-rsBAXt9fUjZ7NuGUefROOQuq8A~RPeX7srz8Qfx7XBJ5Yt84RCwHeckTg3vT-CKV4SY78pRHPvD0wXjqTT1Dzd6K-9NGsAMgk~6KwOXuUNFK4wOjdHPmD6UN8VR8I~HoeutJrUR4mZvQFk16r~XLw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Acesso em 02 nov. 2020.

BIOLÃ. **LÃ DE VIDRO E LÃ DE ROCHA, DIFERENÇAS, USO E APLICAÇÕES**. Disponível em: <<https://biola.com.br/la-de-vidro-e-la-de-rocha-diferencas-uso-e-aplicacoes/>>. Acesso em 08 ago. 2020.

CARVALHO, A. P. O.; PESSOA, A. S. M. Melhoria do desempenho acústico de uma sala de aula com materiais de desperdício. **XI Congresso Iberoamericano de Acústica FIA**, 2018.

CAU/BR – Conselho Nacional de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. **Norma de Desempenho da ABNT: garantia de qualidade em obras de casas e apartamentos**. Disponível em: <<https://www.caubr.gov.br/mudancasnormadesempenho/>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

FERNANDES, C. J. **Acústica e Ruídos**. Bauru. 2002. Notas de aula. Faculdade de Engenharia – Unesp – Bauru.

FERREIRA NETO, M. de.; BERTOLI, S. R. Desempenho acústico de paredes de blocos de tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal. **Ambiente Construído. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC**, v. 10, n. 4, p. 169-180, 2010. *Ambiente Construído*, v. 10, 2010.

GOMES, J. E. V. **Avaliação do Desempenho de Edifícios Segundo a Norma a Norma NBR 15575: Adaptação ao Caso de Edifício Reabilitado**. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – FEUP. Porto. 2015. 58 p.

INSTRUTEMP. **O que é decibelímetro?** Disponível em: <<https://it.instrutemp.com.br/o-que-e-decibelimetro/>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**: 5. ed. São Paulo: Editora ATLAS S.A, 2002.

MARQUES, J. R. Os Danos Causados Ao Meio Ambiente por Poluição Sonora, Eletromagnética, Visual e Luminosa: Reparação, Sanções Penais e Administrativas. **De jure: revista jurídica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais**. ISSN 1809-8487, v. 14, n. 25, p. 215-294, 2015.

MOREIRA, M. R.; SILVA, C. A. R. **Acústica na Construção Civil**. 2017. Disponível em: <<http://www.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/225>>.

PIERRARD, J. F.; AKKERMAN, D. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica**

nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho. 1. Ed. São Paulo: Ed. RUSH, 2013.

PRATA-SHIMOURA, P. A et al. **Absorção Sonora.** São Paulo. 2017. Notas de aula. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (FAUUSP).

PRATA-SHIMOURA, P. A et al. **Transmissão Sonora.** São Paulo. 2017. Notas de aula. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (FAUUSP).

RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. Urbanização, globalização e saúde. **Revista USP**, n. 107, p. 13-26, 2015. DOI:<https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i107p13-26>.

SANTANA, W. B. **Desempenho Acústico das Edificações Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013): Desempenho das Vedações e Validação dos Requisitos Normativos com Base na Opinião dos Usuários.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará, Belém, 2016. 101 p.

SANTOS, F.; HIPPERT, M. A. O impacto da norma de desempenho no processo de projeto. **XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse.** 2016.

SKILL-TEC. **Manual de Instruções: Termo-Higro Decibelímetro Luxímetro Modelo SKTHDL-01.** [S.l.:s.n.]. 2017. 8 p.

SOUZA, L. C. R.; FERNANDES, T. A. **Aplicação da Norma de Desempenho NBR 15.575/2013 – Requisito acústico: estudo em edificação vertical multifamiliar em Maceió – AL.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário CESMAC. Maceió, p. 30-31. 2019. 57 f.

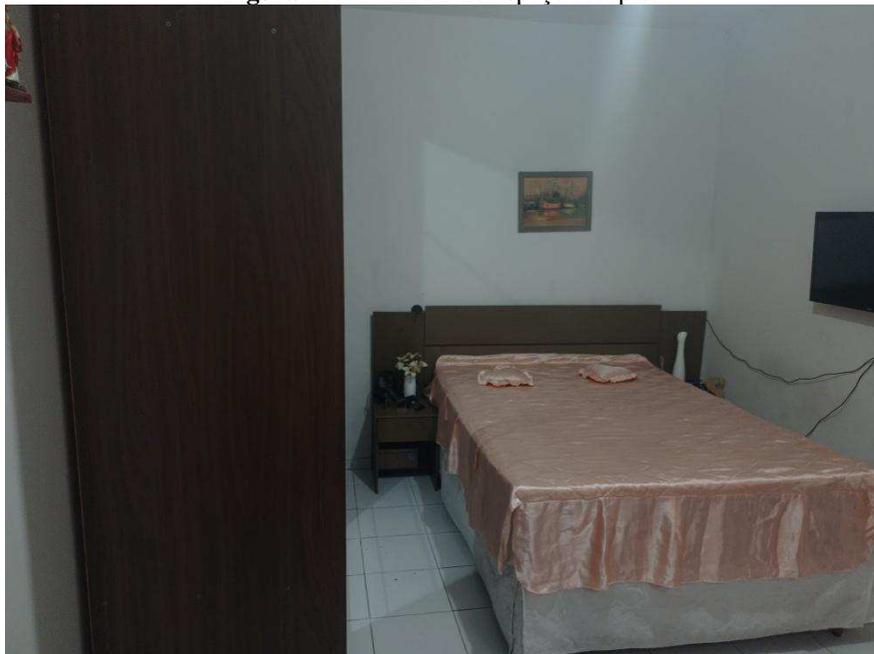
7. APÊNDICE

Nesse capítulo serão fornecidas informações de caráter explanatório, oferecendo maior detalhamento dos dados ou da forma como eles foram coletados no desenvolvimento do presente trabalho. Neste se encontram dispostos, respectivamente: o levantamento fotográfico das paredes analisadas, os *links* de acesso aos testes de som utilizados na execução do método simplificado de campo com as adaptações propostas, e o detalhamento dos dados levantados na área de estudo para ambientes de emissão e receptores sonoros; visando propiciar melhor compreensão das informações levantadas acerca dos resultados obtidos.

7.1. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

Segue neste item o levantamento fotográfico realizado nos espaços de fonte e receptor sonoros, visando apresentar o *layout* da área de estudo, haja vista que a mesma gera influências na propagação do ruído aéreo, constituindo barreiras sonoras, como discutido previamente no item 2.2, capítulo 2, deste trabalho.

Figura 12 – Parede 1 no espaço receptor



Fonte: autor (2020).

Figura 13 – Paredes 6 e 2 (respectivamente) no espaço receptor



Fonte: autor (2020).

Figura 14 – Parede 4 no espaço receptor



Fonte: autor (2020).

Figura 15– Paredes 7 e 6 (respectivamente) no espaço receptor



Fonte: autor (2020).

Figura 16 – Paredes 5 e 3 (respectivamente) no espaço receptor



Fonte: autor (2020).

Figura 17 - Parede 1 no espaço emissor



Fonte: autor (2020).

Figura 18 – Parede 2 no espaço emissor



Fonte: autor (2020).

Figura 19 - Paredes 3 e 5 (respectivamente) no espaço emissor.



Fonte: autor (2020).

Figura 20 - Parede 6 no espaço emissor



Fonte: autor (2020).

Figura 21 - Parede 7 no espaço emissor



Fonte: autor (2020).

Figura 22 - Parede 4 no espaço emissor



Fonte: autor (2020).

7.2. ACESSO AOS TESTES DE SOM UTILIZADOS NA ADAPTAÇÃO AO MÉTODO SIMPLIFICADO DE CAMPO

Para a realização deste trabalho foi necessária a reprodução de vídeos de testes de som, disponíveis no *site YouTube*. Portanto, foi criado nesse item, o Quadro 10 com os respectivos *links* de acesso aos vídeos utilizados na execução da metodologia proposta, uma adaptação ao método simplificado de campo proposto pela NBR 15.575/2013.

Quadro 10 – Acesso aos vídeos de teste de som com frequências específicas

Frequência	Título do Vídeo	Link de Acesso	Última Data de Acesso
125 Hz	123 Hz Sine Tone Amplitude 1	https://www.youtube.com/watch?v=OhgH0t87THE	29/10/2020
250 Hz	250Hz Sine Wave Test Tone (1 Hour)	https://www.youtube.com/watch?v=WLT09ePFMo4&t=2s	29/10/2020
500 Hz	500 Hz Test Tone	https://www.youtube.com/watch?v=GIEfshsoyZk	29/10/2020
1000 Hz	1000 Hz Test Tone	https://www.youtube.com/watch?v=TbPh0pmNjo8	29/10/2020
2000 Hz	2000 Hz Test Tone	https://www.youtube.com/watch?v=0voTVFmpVjY	29/10/2020

Fonte: autor (2020).

Obs.: como discutido no item 3.3, capítulo 3, foi utilizada a frequência de 123 Hz, convencionando considerá-la como 125 Hz, pois a mesma se encontra no gráfico de referência da ISO 717-1 para verificação de desempenho acústico.

7.3. DADOS COLETADOS NA ÁREA DE ESTUDO

Visando apresentar de forma sucinta e simplificada os dados coletados na área de estudo nos ambientes emissores e receptores sonoros, no capítulo 4 deste trabalho foram elencados exclusivamente os dados referentes à diferença de nível entre ambientes (ΔL), resultante da diferença entre valores lidos nesses espaços. Portanto, no presente item, se encontram registrados detalhadamente nos Quadros 11, 12, 13, 14 e 15 os dados obtidos mediante as leituras pelo decibelímetro e pelos aplicativos nas faixas de frequência de 125, 250, 500, 1000 e 2000 Hz.

Quadro 11 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 125 Hz

Parede	Decibelímetro (dB)		Aplicativo 1 (dB)		Aplicativo 2 (dB)		Aplicativo 3 (dB)	
	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor
Parede 1	68,8	14,4	77	36	70,2	26,8	71,6	33,7
Parede 2	68,6	14,4	58	42	68,2	28,3	70,3	35,8
Parede 3	73,3	41,8	75	55	69,2	50,5	72,9	53,2
Parede 4	64,9	14,4	71	34	67,9	22,5	69,4	29,8
Parede 5	60,1	14,4	73	39	67,6	31,3	70,1	36,7
Parede 6	59,4	41,7	67	53	61,7	49,1	64,7	51,2
Parede 7	65,2	14,4	72	32	68,2	19,6	69,1	27,9

Fonte: autor (2020).

Quadro 12 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 250 Hz

Parede	Decebelímetro (dB)		Aplicativo 1 (dB)		Aplicativo 2 (dB)		Aplicativo 3 (dB)	
	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor
Parede 1	92,3	14,4	81	39	84,3	27,2	84,7	34,8
Parede 2	94,4	14,4	86	50	82,7	43,4	83,5	46,6
Parede 3	96,7	67,1	85	68	82,9	50,1	84	52,1
Parede 4	90,8	14,4	77	34	75,6	22,2	76,3	33,6
Parede 5	91,5	43,2	84	50	81,4	40,9	82,2	48,7
Parede 6	94,1	62,7	85	59	82,9	56,4	82,2	57,3
Parede 7	91,7	14,4	84	35	81,3	24,4	82,4	31,7

Fonte: autor (2020).

Quadro 13 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 500 Hz

Parede	Decebelímetro (dB)		Aplicativo 1 (dB)		Aplicativo 2 (dB)		Aplicativo 3 (dB)	
	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor
Parede 1	88,9	14,4	77	37	79,4	24,4	80,2	35,5
Parede 2	84,2	39,3	82	46	76,9	41,2	78,2	45,2
Parede 3	91,1	48,1	73	56	74,6	50,4	75	52,3
Parede 4	91,1	14,4	70	34	66,7	26,1	68,4	32,1
Parede 5	87,2	43,5	80	49	75,9	44,2	75,9	46,7
Parede 6	84,8	59,8	79	54	76,1	47,9	79,2	50,9
Parede 7	84,7	14,4	76	34	74,3	21,6	75,6	30,9

Fonte: autor (2020).

Quadro 14 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 1000 Hz

Parede	Decebelímetro (dB)		Aplicativo 1 (dB)		Aplicativo 2 (dB)		Aplicativo 3 (dB)	
	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor
Parede 1	89,7	14,4	74	34	82,1	23,2	83	34,7
Parede 2	87,1	50,2	71	47	70,1	42,6	72,1	46,2
Parede 3	87,3	48,3	77	50	73,7	46,5	74,5	49,7
Parede 4	86,2	14,4	78	34	74,5	24,1	76,1	32
Parede 5	87,8	52,6	75	49	72,9	32,2	75,9	44,6
Parede 6	89,5	58,5	80	47	77,1	39,4	75,7	48,7
Parede 7	83,3	14,4	67	33	64,8	22,9	66,8	32,6

Fonte: autor (2020).

Quadro 15 – Dados coletados em paredes internas submetidas à frequência de 2000 Hz

Parede	Decebelímetro (dB)		Aplicativo 1 (dB)		Aplicativo 2 (dB)		Aplicativo 3 (dB)	
	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor	Fonte	Receptor
Parede 1	98,1	14,4	77	36	83,7	25,4	83,7	35,4
Parede 2	98,2	64,3	83	49	71,6	45,7	70,3	50,3
Parede 3	99,5	61,1	87	56	82,7	58,7	82,9	56,7
Parede 4	99,5	14,4	88	36	85,4	25,1	86,1	31,5
Parede 5	98,5	59,4	84	49	82,8	43,6	80,5	37,9
Parede 6	98,7	65,2	86	61	83,6	57,9	83,9	54,9
Parede 7	98,5	14,4	81	40	81	37,9	81,8	39,1

Fonte: autor (2020).