

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
ENGENHARIA CIVIL

Caio Lima Duarte

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE DIFERENTES  
COMPONENTES DE VEDAÇÕES VERTICAIS**

Maceió – AL

2022

Caio Lima Duarte

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE DIFERENTES  
COMPONENTES DE VEDAÇÕES VERTICAIS**

Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas como forma de obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Karoline Alves de Melo Moraes

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica

Maceió – AL

2022

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

D812a Duarte, Caio Lima.  
Análise de comportamento acústico de diferentes componentes de vedações  
verticais / Caio Lima Duarte. - 2022.  
55 f. : il.

Orientadora: Karoline Alves de Melo Moraes.  
Co-orientadora: Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica.  
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. f. 53-55.

1. Acústica arquitetônica. 2. Materiais de construção. 3. Normas técnicas  
(Engenharia). I. Título.

CDU: 691

CAIO LIMA DUARTE

ANÁLISE DE COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE DIFERENTES  
COMPONENTES DE VEDAÇÕES VERTICAIS

Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas como forma de obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 12/12/2022.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karoline Alves Melo Moraes (Orientadora)  
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica (Coorientadora)  
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

---

Prof. Dr.<sup>a</sup> Marcelle Maria Pais Silva Rebelo (Banca examinadora)  
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cássia Vanessa Albuquerque de Melo (Banca examinadora)  
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares por sempre estarem comigo nos momentos mais difíceis, e sempre me estimularem a dar o meu melhor e nunca desistir a pesar de toda dificuldade.

Agradeço ao meu irmão Cristian por sempre me ajudar a me distrair através dos esportes e das brincadeiras.

Agradeço aos meu pais Rubens e Sibebe pelo suporte e pela cobrança, que me fizeram essa pessoa que sou hoje.

Agradeço a Laisy por sempre estar presente comigo e me ajudar no meu desenvolvimento pessoal.

Agradeço as minhas orientadoras pela paciência e todo o conhecimento compartilhado comigo.

Agradeço aos meus companheiros de faculdade por todas as horas dedicadas a esse curso tão difícil, dando destaque ao meu grande amigo Anderson, que me acompanhou nessa jornada desde o primeiro e dia, e que me ajudou em tantos trabalhos que perdi as contas.

Agradeço a todos aqueles que fizeram parte dessa trajetória, sendo meus professores, orientadores, supervisores, amigos e companheiros, que contribuíram para minha formação e amadurecimento profissional.

Agradeço a Deus por me dar forças todos os dias da minha vida e me ilumina para buscar sempre melhorar.

## RESUMO

Com a presença de inovações tecnológicas, o ritmo em que as cidades crescem foi acelerado, acarretando em uma grande exposição ao ruído para qualquer habitante das cidades urbanas. No entanto, em um certo momento, esse ritmo acelerado significou uma regressão do isolamento acústico das edificações. Nos últimos anos, a qualidade acústica foi subvalorizada devido a fatores econômicos, e à necessidade de executar as construções de maneira rápida e com economia de recursos. Então, o desempenho acústico teve de ceder seu espaço, tornando-se um atributo esquecido em boa parte das obras. Baseado nessas afirmativas, esse trabalho visou analisar alguns blocos utilizados na cidade de Maceió – AL. A metodologia aplicada foi baseada em uma revisão bibliográfica e ao mesmo tempo observar o desempenho acústico de blocos diferentes utilizados em canteiros de obra. Os dados foram obtidos no Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA) do Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), situado em Maceió – AL, utilizando blocos de gesso, blocos cerâmicos e blocos de concreto. Os cálculos aplicados do desempenho acústico dos materiais isoladamente resultaram em valores abaixo do nível de desempenho mínimo, reduzindo o conforto e bem-estar do usuário, visto que a Norma de Desempenho serve para garantir a saúde e qualidade de vida do usuário. Com isso, cabe aos construtores buscarem materiais e sistemas que melhorem a capacidade dos blocos de reter o ruído do dia a dia, buscar sempre fazer uso de materiais de boa qualidade e mão-de-obra qualificada.

Palavras-chave: Desempenho Acústico; Materiais de construção; Norma de desempenho.

## **ABSTRACT**

The technological innovations caused a pace acceleration at which cities grows, resulting in a great exposure to noise for any inhabitant of urban cities. However, at a certain point, this accelerated pace meant a regression in the acoustic insulation of buildings. In recent years, acoustic quality has been undervalued due to economic factors, and the need to carry out constructions quickly and with economy of resources. So, the acoustic performance had to give way, becoming a forgotten attribute in most of the buildings. Based on these statements, this work seek to analyze some blocks used in the city of Maceió - AL, which were chosen through field research and literature review, with the pretext of comparing the acoustic performance between the blocks and analyzing the values obtained through the normative. The results were obtained at the Laboratory of Structures and Materials (LEMA) of the Technology Center (CTEC) of the Federal University of Alagoas (UFAL), located in Maceió - AL, using plaster blocks, ceramic blocks and concrete blocks. Resulting in values below the minimum performance level, reducing the comfort and well-being of the user, since the Performance Standard serves to guarantee the health and quality of life of the user. With this, it is up to builders to seek innovations that improve the ability of the blocks to retain everyday noise, always seeking to make use of good quality materials and skilled labor.

Keywords: Acoustic Performance; Construction Materials; Performance standard.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROPAGAÇÃO DO SOM EM UM CAMPO ABERTO.....	15
FIGURA 2 - TEATRO GREGO QUE OTIMIZA A ACÚSTICA .....	16
FIGURA 3 - RELAÇÃO DA FREQUÊNCIA COM O PERÍODO .....	17
FIGURA 4 - DIVISÃO DO OUVIDO .....	18
FIGURA 5 - MÚSICA COMO FORMA DE RUÍDO .....	20
FIGURA 6 - COMPORTAMENTO DA ONDA SONORA EM AMBIENTES ABERTOS COM BARREIRAS .....	21
FIGURA 7 - DIFERENÇA PADRONIZADA DE NÍVEL PONDERADA ENTRE AMBIENTES.....	26
FIGURA 8 - REVERBERAÇÃO DO SOM.....	27
FIGURA 9 - REFRAÇÃO DO SOM .....	27
FIGURA 10 - DIFRAÇÃO DO SOM.....	28
FIGURA 11 – TIPOS DE BLOCOS ENCONTRADOS NAS PAREDES EXTERNAS.....	33
FIGURA 12 – TIPOS DE BLOCOS ENCONTRADOS NAS PAREDES INTERNAS .....	33
FIGURA 13 – TIPOS DE BLOCO DE GESSO.....	34
FIGURA 14 - BLOCO DE CONCRETO.....	34
FIGURA 15 - BLOCO CERÂMICO .....	35

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RUÍDOS ACEITÁVEIS .....	22
TABELA 2 – VALORES DE DIFERENÇA PADRONIZADA DE NÍVEL PONDERADA ( $D_{NT,w}$ ) ENTRE AMBIENTES .....	25
TABELA 3 – VALORES INDICATIVOS DO ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA PARA ALGUNS SISTEMAS DE PAREDES .....	30
TABELA 4 - PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA DOS BLOCOS DE GESSO .....	39
TABELA 5 - PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA DOS BLOCOS CERÂMICOS .....	40
TABELA 6 - PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA DOS BLOCOS DE CONCRETO .....	41
TABELA 7 - CARACTERÍSTICAS DOS BLOCOS DE GESSO .....	44
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS DOS BLOCOS CERÂMICOS .....	45
TABELA 9 - CARACTERÍSTICAS DOS BLOCOS DE CONCRETO .....	46
TABELA 10 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA DOS MATERIAIS AVALIADOS.....	48
TABELA 11 – VALORES MÍNIMO E MÁXIMO PARA PAREDES DE GEMINAÇÃO SEGUNDO A NBR 15575 .....	50
TABELA 12 - VALOR MÍNIMO E MÁXIMO PARA PAREDES ENTRE SALA E COZINHA SEGUNDO A NBR 15575 .....	50

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS QUANTO À FREQUÊNCIA.....	17
QUADRO 2 – ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORO, $R_w$ , DE COMPONENTES UTILIZADOS NAS VEDAÇÕES ENTRE AMBIENTES.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
dB	Decibéis
DnT,w	Diferença Padronizada de Nível Ponderada
ISO	Organização Internacional de Normalização
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PT	Perda de Transmissão Sonora
Rw	Redução Sonora Ponderada
SVVIE	Sistemas de Vedações Verticais Internos e Externos
SVVI	Sistemas de Vedações Verticais Internos
SVVE	Sistemas de Vedações Verticais Externos

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	OBJETIVOS GERAIS	13
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>2</b>	<b>SOM</b>	<b>15</b>
2.1	FREQUÊNCIA (F) E PERÍODO (T)	16
2.2	O OUVIDO HUMANO	17
2.3	O DECIBEL	18
2.4	RUÍDO	19
2.4.1	RUÍDO AÉREO	20
2.4.2	RUÍDO AMBIENTAL	20
2.4.3	RUÍDO DE IMPACTO	21
2.4.4	NÍVEIS DE RUÍDOS ACEITÁVEIS	21
2.4.5	EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O HOMEM	23
2.4.6	NBR 15575-4	23
2.5	ISOLAMENTO ACÚSTICO	24
2.5.1	Limites mínimos de isolamento acústico	24
2.5.2	ENSAIOS REALIZADOS ENTRE PAREDES INTERNAS	25
2.6	ACÚSTICA ARQUITETÔNICA EM ESPAÇOS FECHADOS	26
2.7	ELEMENTOS DE VEDAÇÃO	29
2.8	HISTÓRIA DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>32</b>
3.1	ESCOLHA DOS MATERIAS	32
3.1.1	Pesquisa de campo	32
3.1.2	Revisão de literatura	32
3.2	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	34
3.3	ENSAIOS DE ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA	35
3.4	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>38</b>
4.1	PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA (PT)	38
4.1.1	DESEMPENHO DOS MATERIAIS	38
4.1.2	COMPARATIVO ENTRE OS MATERIAIS	42
4.2	ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA PONDERADA (RW)	42

4.2.1	DESEMPENHO DOS MATERIAIS.....	42
4.2.2	COMPARATIVO ENTRE OS MATERIAIS.....	47
4.2.3	COMPARATIVO COM A NBR 15575.....	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a presença de inovações tecnológicas, o ritmo em que as cidades crescem foi acelerado, acarretando em uma grande exposição ao ruído para qualquer habitante das cidades urbanas. No entanto, em um certo momento, esse ritmo acelerado significou uma regressão do isolamento acústico das edificações. Além disso, houve grandes melhorias quando se fala do conforto das residências. Entretanto, o conforto acústico não teve melhorias proporcionais às outras condicionantes do conforto das edificações (DUARTE, 2005).

Ainda nessa ideia, conforme Gerretsen (2003) (*apud* DUARTE, 2005, p. 8), “os componentes de vedação das edificações vêm tendo suas características alteradas, com conseqüente maior permeabilidade ao ruído, fragilizando o isolamento sonoro das habitações.”

De acordo com Rezende, Morais Filho e Nascimento (2014), nos últimos anos, a qualidade acústica foi subvalorizada devido a fatores econômicos, e à necessidade de executar as construções de maneira rápida e com economia de recursos. Então, o desempenho acústico teve de ceder seu espaço, tornando-se um atributo que é esquecido em boa parte das obras.

Para Ferreira Neto (2009), uma prática comum durante a realização dos projetos de edificações é a negligência em relação ao conforto acústico, tendendo a ser levada em consideração após a ocupação da edificação pelos moradores, essa falta de cuidados causa desconfortos sociais, visto que os usuários devem produzir o mínimo ruído possível para que não causem desconforto para os vizinhos. Além disso, é de suma importância que haja um bom isolamento externo para que os ruídos não adentrem nos ambientes das residências. Com isso, o autor afirma que é importante que o conforto acústico seja levado em consideração durante o projeto, pois depois que o imóvel está pronto, torna-se mais difícil, custoso ou até mesmo impossível que sejam realizadas as adequações para satisfazer os usuários.

Portanto, indaga-se: qual a diferença entre o comportamento acústico dos componentes de vedações verticais utilizados nas obras?

Parte-se da hipótese de que as características dos blocos utilizados nas vedações verticais da construção civil tenham valores diferentes de isolamento acústico, sendo possível realizar uma comparação entre eles.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com Coelho e Silva (2018), é necessário que haja um planejamento e execução eficazes da edificação com relação ao seu desempenho acústico, para que se tenha consequências positivas para saúde dos usuários, pois existe muita exposição aos ruídos indesejáveis, causando uma redução no desempenho mental e físico dos indivíduos.

Segundo Pierrard e Akkerman (2013), os sistemas de vedação podem ser compostos por diferentes tipos de elementos, sendo divididos entre elemento base e elementos opcionais. Os elementos de base podem ser: alvenarias de blocos de concreto, alvenarias de blocos cerâmicos, alvenarias de blocos de gesso, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* e *drywall*. Já como elementos opcionais usa-se: gesso, argamassa e placas cerâmicas aplicados sobre as paredes.

Dessa forma, pode-se dizer que existem diferentes sistemas construtivos com possibilidades de uso de materiais diferentes, de modo que fica difícil para o usuário saber se todos atendem ao desempenho requerido, sendo necessário que os construtores se adaptem às normas de desempenho para atingir o conforto acústico adequado. Além disso, o desempenho do isolamento acústico só pode ser comprovado quando a edificação está em uso, tornando difícil a previsão na fase de construção. Assim sendo, ensaios comparando o isolamento dos elementos de vedação tornam possível diferenciar qual material é mais apropriado para reduzir o impacto dos ruídos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar e comparar o comportamento acústico de diferentes materiais usados nas vedações verticais de construções localizadas na cidade de Maceió.

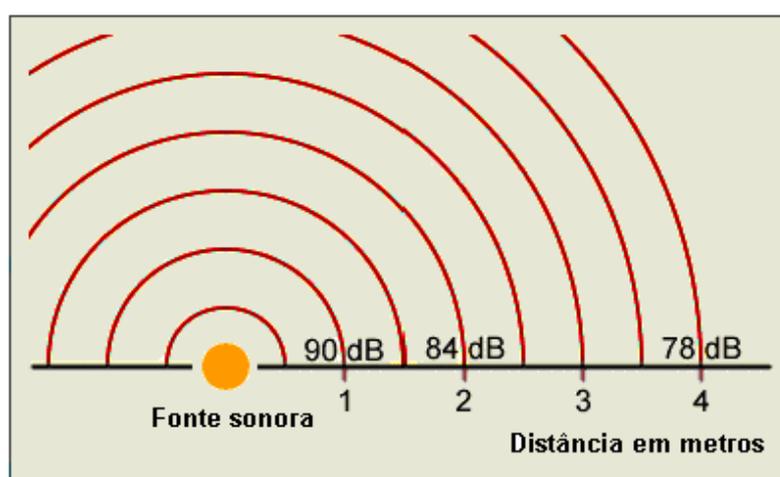
### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais características, para o estudo do isolamento acústico, dos materiais usados nas vedações verticais da cidade de Maceió.
- Comparar os resultados obtidos com os valores das normas.

## 2 SOM

O som é toda vibração ou onda mecânica causada por um corpo vibrante, tendo a possibilidade de ser detectada pelo ouvido humano. Além disso, o som se propaga como uma esfera, como pode ser visto na Figura 1, indo em todas as direções. Porém a intensidade sonora varia, sendo mais concentrada de acordo com o seu direcionamento (CARVALHO, 2006).

Figura 1 - Propagação do som em um campo aberto



Fonte: Adaptado de Osha, 2007.

Para Bistafa (2006), o nível sonoro, em um determinado espaço aberto, reduz conforme se afasta da fonte sonora e se aproxima do receptor. Dessa forma, quanto maior a distância entre a fonte e o receptor, o nível sonoro será menor, pois a atmosfera atenua o som ao longo da sua trajetória.

Segundo Rezende, Moraes Filho e Nascimento (2014), desde a Antiguidade Clássica, esses conceitos da propagação do som são utilizados para garantir uma perfeita adequação entre as construções e a utilização delas. Os teatros gregos, por exemplo, eram construídos em terrenos inclinados, de forma que a captação sonora fosse otimizada durante as apresentações, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Teatro grego que otimiza a acústica



Fonte: Superinteressante (2017)

## 2.1 FREQUÊNCIA (F) E PERÍODO (T)

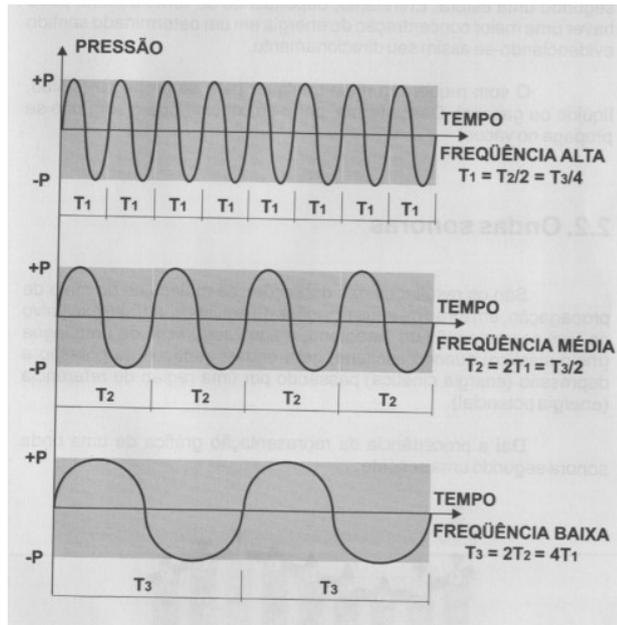
Sendo exercida uma pressão em um meio elástico, são geradas oscilações cíclicas de pressão/depressão, em períodos, que são intervalos de tempo, maiores ou menores. Já a frequência, é a quantidade de ciclos por período (CARVALHO, 2006). Na Figura 3 pode-se ver que a frequência, dada por segundo ou Hertz, é inversamente proporcional ao período, que é dado em segundos, sendo expressa através da equação 1. Além disso, é visto que quanto maior a quantidade de ciclos em um dado período, maior será a intensidade da frequência.

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

$f$  é a frequência expressa em s ou Hz;

$T$  é o período.

Figura 3 - Relação da frequência com o período



Fonte: Carvalho (2006)

Pode-se, ainda, classificar as ondas sonoras de acordo com a frequência, como pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das ondas quanto à frequência

Infrassons	Abaixo de 20Hz	Não perceptíveis ao ouvido humano
Baixas frequências	De 20 a 200Hz	Sons graves
Médias frequências	De 200 a 2000Hz	Sons médios
Altas frequências	De 2.000 a 20.000Hz	Sons agudos
Ultrassons	Acima de 20.000Hz	Não perceptíveis ao ouvido humano

Fonte: Adaptado de Carvalho (2006)

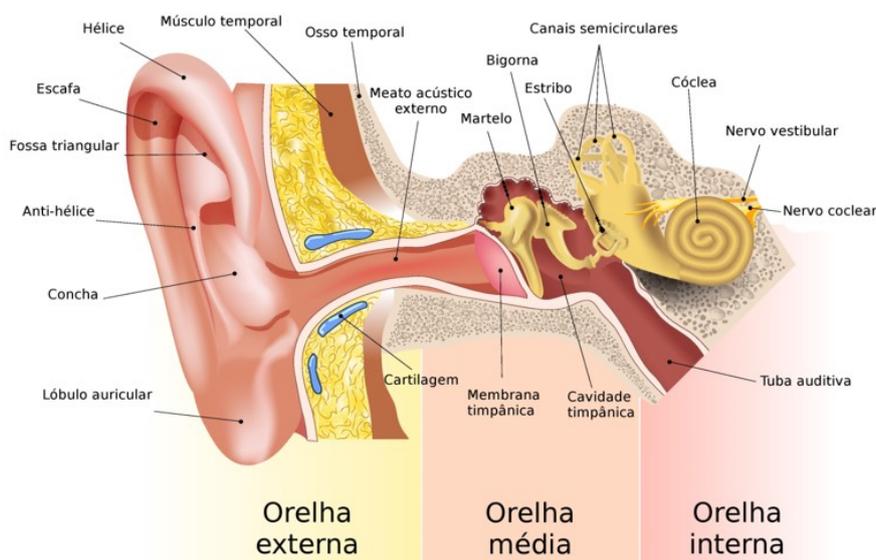
## 2.2 O OUVIDO HUMANO

Segundo Maia (1999), o homem tem a capacidade de pensar e pode utilizar esse pensamento para criar, inovar e refazer a natureza de forma que suas necessidades sejam sanadas. O pensamento vem da realidade conhecida por cada um, que é determinada pelos seus sentidos (audição, olfato, paladar, tato e visão). Na

falta de um desses sentidos, a percepção da realidade não será completa. Todos os sentidos possuem mecanismos próprios de funcionamento, mas o produto final é gerado no cérebro, que por sua vez decodifica e interpreta essas informações. O ouvido é responsável pela captação dos sons que variam entre (20 Hz e 20000 Hz). Além disso, é capaz de distinguir na ordem de 3 a 4 mil diferentes tons, em um intervalo de tempo na ordem de 0,020 s.

O autor ainda afirma que o ouvido é dividido, didaticamente, em três partes: ouvido externo, médio e interno, como pode ser visto na Figura 4. A parte externa é composto pelo pavilhão da orelha, canal auditivo e tímpano, de tal forma que o pavilhão da orelha tem como função coletar e transmitir as ondas sonoras que fazem o tímpano vibrar. O ouvido médio funciona como um amplificador, aumentando as vibrações do tímpano e é composto por uma cadeia de ossículos: martelo, bigorna, estribo e os músculos: tensor do tímpano e músculo do estribo.

Figura 4 - Divisão do ouvido



Fonte: Infoescola (2021)

### 2.3 O DECIBEL

Para Carvalho (2006), Decibel é a décima parte de um bel. Bel é a unidade física atribuída ao som. Esse nome foi uma homenagem ao inventor do telefone

(Alexander Graham Bell). Através da equação 2, pode-se ver a relação entre as intensidades do som.

$$i = 10 \times \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (2)$$

$i$  é a intensidade física relativa expressa em dB;

$I$  é a intensidade física absoluta do mesmo som;

$I_0$  é a intensidade do som correspondente ao limiar da percepção.

## 2.4 RUÍDO

O ruído é definido como um som que atrapalhe o andamento de determinada atividade. Desse modo, a definição de ruído se torna subjetiva, levando em conta o grau de percepção sonora do receptor, o ambiente analisado e as finalidades para as quais certa área foi designada. De forma geral, quando um elemento construtivo é exposto ao som, isto é, submetido a uma variação de pressão sonora, ele é forçado a vibrar. A facilidade com que este elemento vibra, de modo geral, é inversamente proporcional à sua massa. Ou seja, quanto maior a massa do elemento, menos ele vibrará, transmitindo um menor ruído. Entretanto, a influência da massa no isolamento sonoro é dependente da frequência em que o ruído se encontra. Assim sendo, em situações em que as frequências sejam mais baixas, o aumento da massa do material tem menor impacto no isolamento sonoro do que quando aplicadas frequências maiores (REZENDE; MORAIS FILHO; NASCIMENTO, 2014).

Para Carvalho (2006), ruído é todo som indesejado. Visto que, sons que são considerados ruídos para uns, são considerados como sons agradáveis para outros, o exemplo mais cotidiano seria uma música como pode ser visto na Figura 5. Dessa forma, pode-se dizer que ruído é uma oscilação intermitente/aleatória.

Figura 5 - Música como forma de ruído



Fonte: Educasombrasil (2017)

A exposição ao ruído pode causar alterações sérias no organismo, visto que um longo tempo de exposição resulta em sobrecargas ao corpo humano, distúrbios hormonais e tensões musculares, ocasionando uma mudança no comportamento do receptor, podendo gerar ansiedade e o esgotamento mental (COELHO; SILVA, 2018).

#### 2.4.1 RUÍDO AÉREO

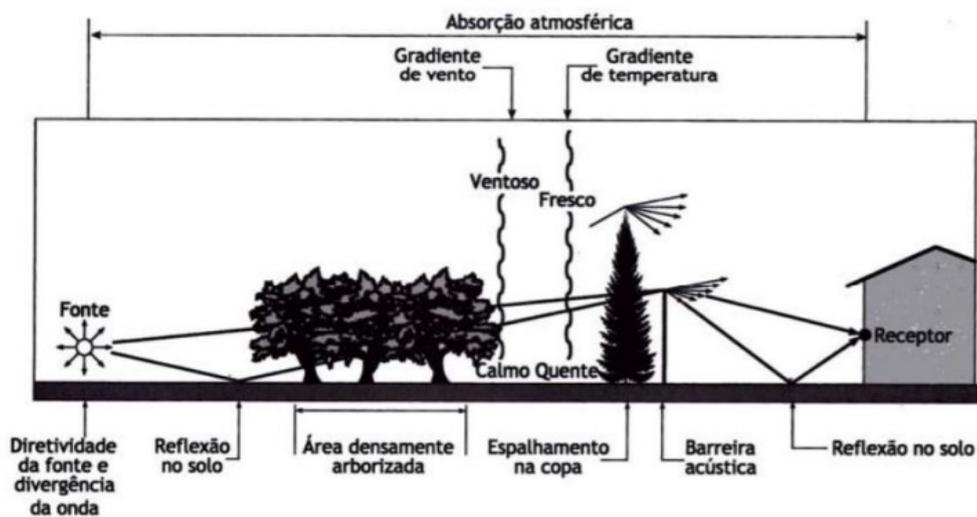
O ruído aéreo diz respeito aos originados inicialmente no ar e podem ser gerados pelos mais diversos emissores, externos ou internos, tais como: veículos, equipamentos de construção, buzinas, instrumentos musicais, sons de animais, a voz humana, entre outros. Após sua geração, ele se propaga tanto no ar quanto nos elementos da edificação como um todo (CARVALHO, 2006).

#### 2.4.2 RUÍDO AMBIENTAL

O ruído ambiental é muito impactante na região próxima a fonte de ruído. Assim sendo, em grandes centros urbanos o índice de ruído é muito alto. Assim, o ruído ambiental acompanhado da falta de controle acústico pode ser prejudicial para os receptores próximos a fonte (COELHO; SILVA, 2018).

Existem diversos fatores que causam atenuação do ruído, e em algumas situações causam amplificação do som em ambientes abertos. Em áreas que possuem barreiras naturais ou artificiais o som é atenuado. Entretanto, as árvores podem provocar uma redução na eficiência das barreiras, pois o som se espalha através das copas das árvores como pode ser visto na Figura 6. Além disso, o vento e a temperatura do ambiente também influenciam na trajetória das ondas sonoras, modificando a eficácia das barreiras (BISTAFA, 2006).

Figura 6 - Comportamento da onda sonora em ambientes abertos com barreiras



Fonte: Bistafa (2006)

Para combater o ruído ambiental em áreas urbanas, são utilizadas diversas medidas, tais como, barreiras naturais, sendo as árvores a barreira mais comum, visto que são sempre bem-vindas, pois além do conforto acústico, trazem conforto térmico.

### 2.4.3 RUÍDO DE IMPACTO

Segundo Fernandes (2002), ruído de impacto é todo som indesejado que acontece de maneira rápida. Como por exemplo, pancadas de martelo, arrastar de um móvel. Dessa forma, deve-se ter cuidado com esse ruído, pois ele pode atravessar a laje, causando incômodo aos vizinhos.

#### 2.4.4 NÍVEIS DE RUÍDOS ACEITÁVEIS

A exposição excessiva durante um longo período de tempo pode ser prejudicial à saúde. Carvalho (2006) exemplifica que a intensidade do som das turbinas de um avião que estejam próximos ao receptor podem chegar a 120 dB(A), e este é um valor que tende a causar dor, estando abaixo da intensidade que pode causar perda instantânea da audição por apenas 30 dB(A), ou seja, essa perda ocorre a partir de 150 dB(A).

Em locais de trabalho, como por exemplo em obras, aconselha-se o uso de protetores auriculares a partir de 85 dB(A) de ruído. Porém, a partir de 65 dB(A) já pode ocorrer irritação em nível psicológico e fadigas mentais ou físicas, variando esse valor de pessoa para pessoa, visto que a sensibilidade auditiva é diferente em cada um. Dada essa informação, a NBR 10152 (2017) estabeleceu níveis de ruídos aceitáveis por aferição instrumental, como pode ser visto na

Tabela 1.

Tabela 1 - Ruídos aceitáveis	
NBR 10152/2017	dB(A)
Aeroportos, estações rodoviárias e ferroviárias	45 - 55
Centros comerciais (shopping centers)	45 - 60
Clínicas e hospitais	35 - 50
Culturais e lazer	25 - 50
Educacionais	35 - 55
Escritórios	35 - 55
Esportes	45 - 50
Hotéis	40 - 55
Residências	35 - 45
Auditórios	30 - 40
Cozinhas e lavanderias	50 - 55

Fonte: Adaptado de NBR 10152 (2017)

#### 2.4.5 EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O HOMEM

Para Carvalho (2006), os médicos, fonoaudiólogos e outros especialistas já possuem conhecimento a respeito dos malefícios causados por esse subproduto do progresso, e cita alguns efeitos, tais como:

- Perda parcial, e em alguns casos perda total, da audição;
- Problemas gastrointestinais e cardiovasculares, que ocorrem devido a sucessivas contrações musculares;
- Problemas respiratórios e de secreções hormonais;
- Distúrbios no sistema nervoso, que sofre com as agressões sonoras, visto que o sistema nervoso simpático se excita, elevando a tensão dos órgãos que ele governa.

Além dos efeitos citados, ainda é comentado que entre os órgãos do sentido, a visão também pode sofrer com o ruído. Em relação ao sistema nervoso central, o autor comenta que o sistema pode ser abalado seriamente:

Médicos já atribuem ao ruído parte da responsabilidade na manifestação de um caso de nevrose em cada três pessoas e quatro casos de dor de cabeça em cada cinco, sem falar dos atos de violência, das sensações generalizadas de fadiga, que não se sabe como nasceram, mas que são sentidas claramente. Ao Ruído já se atribui responsabilidade até mesmo para o desestímulo sexual (CARVALHO, 2006, p. 35).

Independente de qual seja a procedência do ruído (aeronáutico, urbano, industrial etc.), ele incomoda e acarreta danos à saúde, sendo um fato inquestionável, amplamente estudado e com grande comprovação científica.

#### 2.4.6 NBR 15575-4

A NBR 15575 é uma norma brasileira condiciona critérios que buscam reduzir os ruídos nas partes internas (paredes de geminação e paredes divisórias) e nas partes externas (fachadas e coberturas). Para verificar esses critérios se faz

necessário a realização de ensaios de campo. Todavia, para que um projeto atinja as exigências normativas, devem ser realizados ensaios de laboratório, de tal forma que esses valores sejam superiores aos valores de campo, visto que os experimentos estão livres de interferências de produção (mão de obra, controle de qualidade, execução, controle de material) (CBIC, 2013).

A unidade de medida de ambos os resultados (campo e laboratório) são dados em Decibéis (dB), para resultados de campo o símbolo adotado é o  $D_{nT,w}$ , que recebe o nome de diferença padronizada de nível ponderada, já para resultados obtidos em laboratório o símbolo adotado é o  $R_w$ , que por sua vez, recebe o nome de índice de redução sonora ponderado (CBIC, 2013).

Em áreas residenciais, o ruído externo padrão tem em torno de 55 a 60db, sendo valores que buscam atingir desempenhos razoáveis, esses valores somente poderão ser validados mediante a realização de ensaios de campo ou ensaios de laboratório. Entretanto, em zonas com fortes fontes de ruído (rodovias, aeroportos e outros) a norma recomenda que sejam realizados estudos no local para que seja adotado o tratamento acústico necessário (CBIC, 2013).

## 2.5 ISOLAMENTO ACÚSTICO

Para Carvalho (2006), o isolamento acústico de um ambiente é a capacidade que ele tem em reduzir os ruídos externos compatíveis com a atividade que será desenvolvida neste recinto.

O isolamento acústico ocorre quando o som não passa de um ambiente para outro. Além disso, o isolamento varia conforme a densidade dos materiais; conforme a densidade aumenta, o isolamento tende a ser maior. Esta eficácia no isolamento pode ser obtida associando materiais, podendo ser de diferentes naturezas ou utilizando diversas camadas do mesmo material. Entretanto, na presença de furos, frestas ou similares, o som tende a passar por esses espaços, pois, assim como os líquidos, o som se desloca pelo caminho mais fácil (CARVALHO, 2006).

Entretanto, o som não deve ser isolado completamente, visto que a completa eliminação do ruído é extremamente cara e desconfortável para os usuários, pois o ambiente se tornaria muito silencioso, aguçando a sensibilidade da audição, fazendo com que seja possível ouvir o próprio corpo trabalhando (BISTAFA, 2011).

### 2.5.1 LIMITES MÍNIMOS DE ISOLAMENTO ACÚSTICO

De acordo com a NBR 15575-4 (ABNT, 2021), o sistema de vedação vertical interno deve obedecer a valores mínimos de isolamento acústico ao ruído aéreo, como pode ser visto na Tabela 2. A norma fornece também valores informativos (intermediário e superior), que servem para proporcionar um maior conforto aos ambientes.

Tabela 2 – Valores de diferença padronizada de nível ponderada ( $D_{nT,w}$ ) entre ambientes

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)		
	MÍN	INT	SUP
Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de germinação) nas situações onde não haja ambiente dormitório	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de germinação) no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias nos pavimentos	≥ 30 dB	≥ 35 dB	≥ 40 dB
Parede cega entre unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas por um hall ( $D_{nT,w}$ ) obtida entre as unidades, nas situações em que não haja ambiente dormitório	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas por um hall ( $D_{nT,w}$ ) obtida entre as unidades, caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB

Fonte: NBR 15575 (2021)

## 2.5.2 ENSAIOS REALIZADOS ENTRE PAREDES INTERNAS

Nunes *et al.* (2016) realizaram sete ensaios acústicos em paredes posicionadas entre unidades habitacionais autônomas com pelo menos um dormitório.

As divisórias avaliadas são constituídas por bloco cerâmico de 9 cm de espessura com exceção das paredes: III e X que são constituídas por blocos de gesso (10 cm) e cerâmico (11,5 cm) respectivamente.

Segundo a NBR 15575 (2021), o nível mínimo de isolamento entre os apartamentos deve ser de 45 (dB). De acordo com o Figura 7, pode-se observar que todas as paredes avaliadas apresentaram valores muito inferiores ao que a norma estabelece como nível mínimo de isolamento. A que mais se aproximou foi a parede VIII com 44(dB).

Figura 7 - Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes



Fonte: Nunes *et al.* (2016)

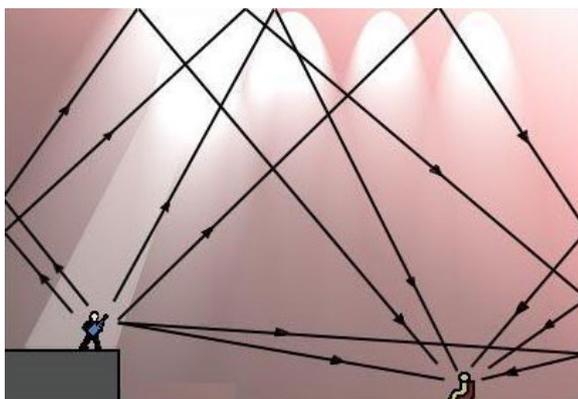
Os níveis de diferença padronizada ponderada entre os ambientes não atingiram os valores mínimos. Isto implica que o conforto por parte dos usuários não será o ideal, visto que essas paredes não conseguem reduzir o ruído para um nível adequado para os usuários.

## 2.6 ACÚSTICA ARQUITETÔNICA EM ESPAÇOS FECHADOS

De acordo com Sousa (2008), a propagação de ondas sonoras, quando produzidas em ambientes fechados, produz alguns fenômenos, entre eles, vale destacar três.

O primeiro fenômeno a ser analisado será a reflexão do som. A reflexão do som é o fenômeno em que as ondas são refletidas, fazendo com que a direção seja alterada ao chocarem com um obstáculo com as características adequadas. O som tende a ser refletido ao atingir uma superfície rígida, gerando efeitos como o eco e a reverberação. O eco é uma simples repetição do som com um pequeno intervalo de tempo em relação ao som original. A reverberação é a múltipla reflexão das ondas sonoras nas superfícies, de maneira a gerar dispersão do som, como pode ser visto na Figura 8.

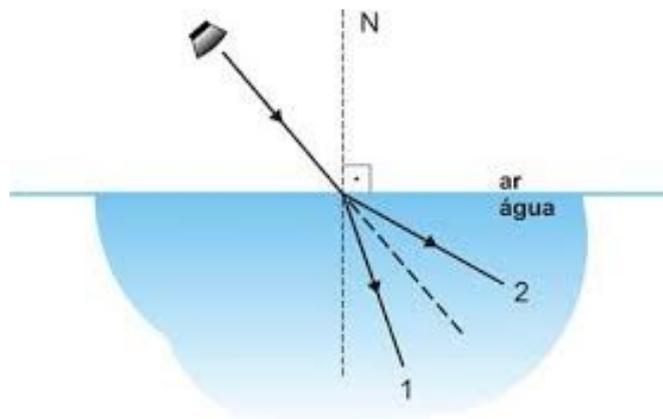
Figura 8 - Reverberação do som



Fonte: Clickestudante (2018)

A refração foi o segundo fenômeno comentado. Este, ocorre com a passagem de uma onda sonora de um meio para outro. Ao passar de um meio de menor resistência para outro, o som tem sua direção original alterada, como pode ser visto na Figura 9. Além disso, há mudanças em seu comprimento de onda e na sua velocidade de propagação, porém não há alteração em sua frequência.

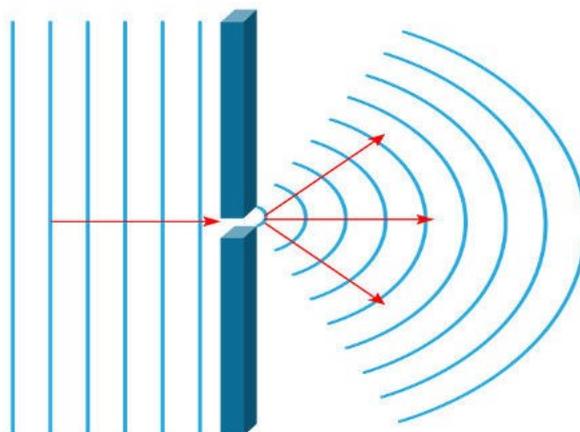
Figura 9 - Refração do som



Fonte: Edisciplinas (2018)

O terceiro fenômeno comentado foi a difração. Este, ocorre em situações em que haja obstáculos. Assim como a refração, a difração tem sua direção original alterada, porém dessa vez a mudança é drástica, tanto na forma quanto na direção. Um bom exemplo de difração é quando existe um orifício em uma parede. Neste caso, a onda sonora sofre uma mudança na sua forma, para que possa passar no orifício, evitando sofrer reflexão, total ou parcial, como pode ser visto na Figura 10. Vale ressaltar que quanto mais grave for o som, maior é a sua capacidade de sofrer difração.

Figura 10 - Difração do som



Fonte: Brasilescola (2021)

## 2.7 ELEMENTOS DE VEDAÇÃO

Segundo Pierrard e Akkerman (2013), “Os sistemas de vedação vertical interna são as paredes que separam as diferentes unidades habitacionais autônomas. Estes devem garantir nas edificações um desempenho adequado de isolamento acústico ao ruído aéreo”. Os sistemas de vedação podem ser compostos por diferentes tipos de elementos, sendo divididos entre elemento base e elementos opcionais.

Os elementos bases são divididos em massivos e leves.

Massivos: seu desempenho acústico ao ruído aéreo ( $D_{nT,w}$ ) depende principalmente da sua densidade superficial, podendo ser feitos por:

- Alvenarias de blocos de concreto;
- Alvenarias de blocos cerâmicos;
- Alvenarias de blocos de gesso;
- Concreto pré-moldado;
- Concreto moldado “in loco”.

Leves: seu desempenho acústico depende da composição (número de placas, perfis, banda acústica perimétrica), espessura da cavidade e presença de material absorvente na cavidade, podendo ser feitos por:

- Drywall.

Já os elementos opcionais são os revestimentos, que podem ser feitos por:

- Gesso;
- Argamassa;
- Cerâmicos aplicados sobre as paredes.

Segundo o guia CBIC de desempenho acústico (2013), existem diversos trabalhos que determinam valores de  $R_w$  para os materiais, podendo haver diferenças significativas entre eles. Na Tabela 3 são apresentados valores indicativos de isolamento sonora para alguns sistemas de paredes.

Tabela 3 – Valores indicativos do índice de redução sonora para alguns sistemas de paredes

Tipo de parede	Largura do bloco / tijolo	Revestimento	Massa aproximada (kg/m <sup>2</sup> )	Rw (dBA)
Blocos vazados de concreto	9 cm	Argamassa 1,5 cm em cada face	180	41
	11,5 cm		210	42
	14 cm		230	45
Blocos vazados de cerâmica	9 cm	Argamassa 1,5 cm em cada face	120	38
	11,5 cm		150	40
	14 cm		180	42
Tijolos maciços de barro cozido*	11 cm	Argamassa 2 cm em cada face	260	45
	15 cm		320	47
	11 + 11 cm **		450	52
Paredes maciças de concreto armado	5 cm	Sem revestimento	120	38
	10 cm		240	45
	12 cm		290	47
Drywall	2 chapas + lã de vidro	Sem revestimento	22	41
	4 chapas		44	45
	4 chapas + lã de vidro		46	49

(\*) Valores indicados pela Universidade de Coimbra.

(\*) Parede dupla 11 + 11 cm, com espaço interno de 4 cm preenchido com manta de lã de rocha 70 kg/m<sup>2</sup>

Fonte: CBIC (2013)

## 2.8 HISTÓRIA DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Segundo Verçosa (1987), os materiais têm uma presença tão marcante, que as primeiras fases da história são divididas baseadas em determinados materiais, como Idade da Pedra ou Idade do Bronze.

Upjohn (1980) diz que a determinação do material de uma edificação é definida por uma série de razões, citando, como exemplos, a época e o país onde foi executada a construção, as condições climáticas e econômicas de cada região e a transmissão de um estilo arquitetônico de uma região para outra. Além desses fatores, cabe-se dizer que ter a possibilidade de utilizar o material na construção é, provavelmente, o fator mais importante para iniciar um projeto arquitetônico.

Dito isso, ele ainda destaca que as regiões tendem a desenvolver técnicas para aproveitar os materiais de maior abundância. Entre essas regiões, pode-se citar o Japão, onde a madeira era abundante, e foi utilizada de diversas maneiras. Na mesma ideia, pode-se citar também, a Grécia, que desenvolveu uma arquitetura baseada em pedra devido às suas pedreiras de mármore. E para finalizar, cabe citar a

Mesopotâmia, que ao contrário das demais regiões, não possuía um material base como a pedra ou madeira; com isso, utilizou-se a argila, inventando o tijolo como elemento construtivo. Baseado nisso, vale dizer que toda a riqueza de obras arquitetônicas, até um certo período da história, esteve diretamente ligada à variedade de recursos naturais disponíveis em cada região do globo.

Duarte (2005) afirma que conforme os séculos passaram, houve diversas mudanças nas construções, visto que o nível de exigência do homem foi aumentado quanto à qualidade, resistência, durabilidade e aparência dos materiais. O ápice dessas mudanças ocorreu durante a Revolução Industrial, durante a segunda metade do século XVIII. Nesse período houve um rápido crescimento das cidades e esgotamento de muitas reservas naturais. Desse modo, iniciou-se o processo de industrialização e fabricação em massa dos mais diversos materiais.

Daí em diante as técnicas construtivas perderam o caráter local de cada região, descaracterizando o que ocorria anteriormente, que o produto mais utilizado era o mais abundante e eficiente. Mediante a esses fatos, os materiais que representavam maior avanço tecnológico ou preço mais acessível tomaram a posição de destaque, dando início ao conflito com o desempenho acústico das edificações, visto que os materiais priorizavam a estética ou a modernidade, confrontando os conceitos básicos de isolamento sonoro.

De acordo com Sousa (2011), é comum ocorrer falhas durante a execução da alvenaria, isso se dá, na maioria dos casos, devido à falta de orientação, conhecimento ou fiscalização. Essas falhas, colocam em risco a eficácia do sistema, e podem gerar custos extras para atingir o objetivo dessa construção.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho foi feita através de métodos de cálculos do isolamento acústico do material utilizando densidades, dimensões, volumes, características de alguns materiais, que foram escolhidos através de pesquisa de campo e de revisão de literatura.

Os dados foram obtidos através de experimentos realizados no Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA) do Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), situado em Maceió/AL, e executados pelo autor. Dessa forma, foi estudado como o bloco de gesso, bloco cerâmico e o bloco de concreto se comportam de maneira individual.

#### 3.1 ESCOLHA DOS MATERIAS

##### 3.1.1 Pesquisa de campo

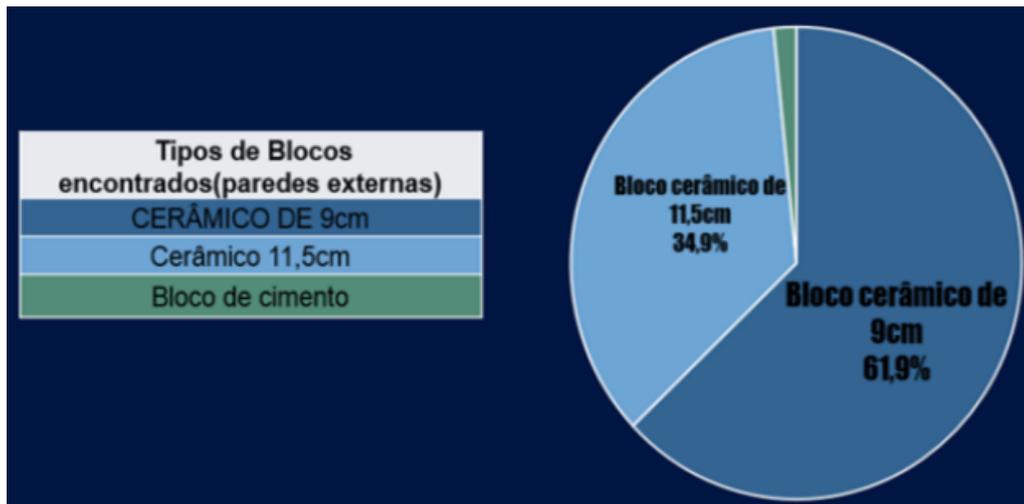
Foi realizado um levantamento de campo através de visitas técnicas à obras de seis empresas locais do ramo da construção civil, com o intuito de coletar dados sobre materiais utilizados nas vedações verticais e onde estão localizados cada tipo de material. Dessa forma, verificou-se que o bloco cerâmico tem sua utilização direcionada apenas para as partes externas e nos locais onde passam tubulações, e nas demais divisórias são adotados blocos de gesso ou de concreto.

##### 3.1.2 Revisão de literatura

Nunes *et al.* (2016) realizaram um estudo comparativo utilizando dados de 64 obras residenciais (em fase de entrega) localizadas em Maceió, aplicando um questionário a cada engenheiro responsável.

Em relação às paredes externas (fachadas), verificou-se que aproximadamente 62% das obras utilizavam o bloco cerâmico de 9 cm de espessura na estrutura da parede, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Tipos de blocos encontrados nas paredes externas



Fonte: Nunes *et al.* (2016)

Em relação às paredes internas, verificou-se que aproximadamente 74% das edificações analisadas também eram constituídas por blocos cerâmicos de 9 cm, como pode ser visto na Figura 12

Figura 12 – Tipos de blocos encontrados nas paredes internas

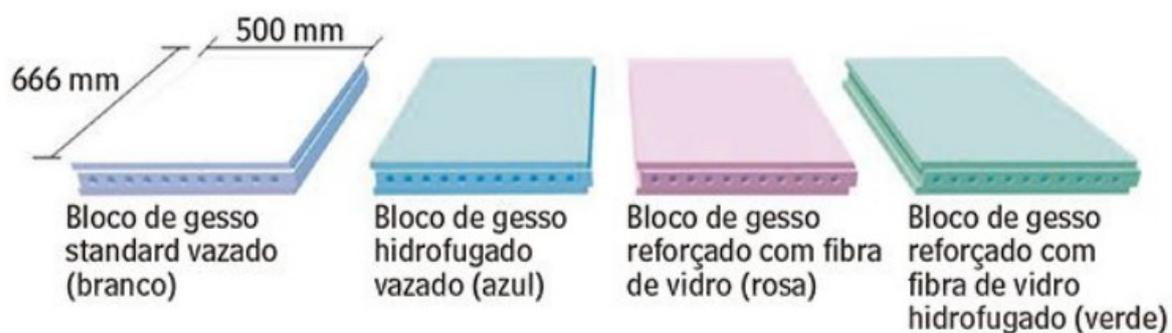


Fonte: Nunes *et al.* (2016)

### 3.2 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS

Os blocos de gesso estudados são do tipo *standard* (Figura 13) que possuem em média 66,6 cm de comprimento, 50 cm de largura, 7,5 cm de espessura e massa de 13 kg por bloco. Eles foram adquiridos em um estabelecimento comercial, sendo todos do mesmo fabricante.

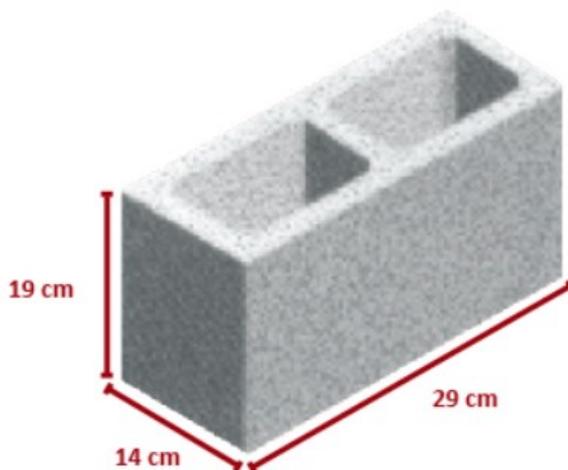
Figura 13 – Tipos de bloco de gesso



Fonte: Téchne (2016)

Foram usados blocos de concreto sem função estrutural de dimensões 14 cm x 19 cm x 29 cm e 10 kg por bloco. Eles foram obtidos em uma das obras visitadas, sendo todos do mesmo fabricante.

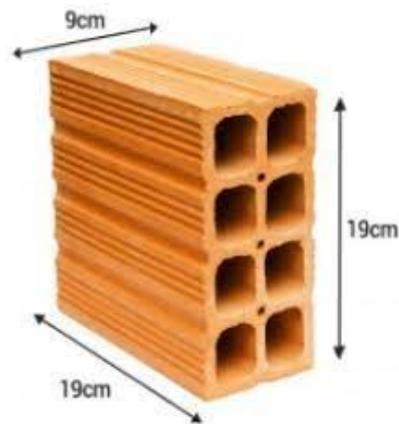
Figura 14 - Bloco de concreto



Fonte: Pavibloco (2022)

Foram utilizados blocos cerâmicos de 8 furos com dimensões de 9 cm x 19 cm x 19 cm e 2,2 kg por bloco. Da mesma forma, que os blocos de concreto, os blocos cerâmicos foram obtidos em uma das obras visitadas.

Figura 15 - Bloco cerâmico



Fonte: Todoteto (2022)

### 3.3 ENSAIOS DE ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA

Ainda não existem normas brasileiras que descrevam o processo de como devem ser executados os testes. Dessa forma, foram utilizadas a ISO 15712 e a EM 12354 para realizar os testes em laboratório relacionados ao índice de redução sonora ponderado ( $R_w$ ).

Como ainda não existem normas na versão em português, os símbolos foram mantidos das normas internacionais. Assim, o símbolo de índice de redução sonora ponderado é o  $R_w$ , que significa *weighted sound reduction index*. Para medidas obtidas em laboratório, o índice de redução sonora é dado pela equação 3.

$$R_w = 12 + 5,3 M^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

$M$  é a massa da parede em  $\text{kg/m}^2$ , que pode ser obtida pela equação 4.

$$M = \frac{m}{L * C} \quad (4)$$

m é a massa do bloco;  
C é o comprimento do bloco;  
L é a largura do bloco.

O isolamento acústico é a capacidade de uma determinada superfície em reter o som, e esta capacidade varia conforme a densidade dos elementos que compõem a superfície (EVEREST, 2001). Dessa forma, para obter valores de densidade ( $\text{kg/m}^3$ ), utilizou-se da equação 5.

$$d = \frac{m}{C * H * L} \quad (5)$$

m é a massa do bloco;  
C é o comprimento do bloco;  
H é a altura do bloco;  
d é a densidade do bloco;  
L é a largura do bloco.

Outra análise a ser desenvolvida é a avaliação do comportamento acústico por meio da perda de transmissão sonora utilizando cálculos de unidades de bloco, através do levantamento de suas massas e dimensões. Sendo calculada a partir da equação 6.

$$PT = 20 * \log(f * M) - 47 \quad (6)$$

PT é a Perda de transmissão sonora;  
f é frequência;  
M é a massa da parede.

Os blocos são utilizados em conjunto com outros materiais nas alvenarias, como, por exemplo, as juntas entre os blocos, ou em várias camadas do mesmo material. Desse modo, os valores de densidade da superfície não refletem exatamente o desempenho acústico do sistema, mas podem ser usados como método de

comparação entre os materiais constituintes dos componentes usados na confecção de alvenarias (CBIC, 2013).

Além disso, os blocos possuem pequenas irregularidades nos seus tamanhos, o que fez com que fossem realizadas duas medidas em cada dimensão, obtendo-se a média aritmética.

### 3.4 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

Foram consultados manuais, normas, artigos, trabalhos acadêmicos e livros, a fim de que fossem identificados os requisitos de desempenho para o índice de redução sonora, analisando esses valores foi feita uma adaptação dos valores de  $R_w$  por ambiente, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Índice de redução sonoro,  $R_w$ , de componentes utilizados nas vedações entre ambientes

Elemento	Valores aproximados de $R_w$ (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja dormitório	45 a 49 50 a 54 ≥ 55	Mínimo Intermediário Superior
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54 55 a 59 ≥ 60	Mínimo Intermediário Superior
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49 50 a 54 ≥ 55	Mínimo Intermediário Superior
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39 40 a 44 ≥ 45	Mínimo Intermediário Superior
Parede cega de uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54 55 a 59 ≥ 60	Mínimo Intermediário Superior
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas por um hall obtida entre as unidades, nas situações em que não haja ambiente dormitório	40 a 44 45 a 49 ≥ 50	Mínimo Intermediário Superior
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas por um hall obtida entre as unidades, caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	45 a 49 50 a 54 ≥ 55	Mínimo Intermediário Superior

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4 (2021)

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos em cada material de vedação vertical ensaiado.

### 4.1 PERDA DE TRANSMISSÃO SONORA (PT)

#### 4.1.1 DESEMPENHO DOS MATERIAIS

Como forma de obter os valores de perda de transmissão sonora (PT), foi utilizado o software Excel e as fórmulas descritas na metodologia do presente trabalho. Utilizando os valores das massas dos sistemas foram calculados os valores perda de transmissão sonora (PT) para as frequências (Hz) de 100, 125, 160, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 e 3150.

Os resultados obtidos dos blocos de gesso, para o bloco cerâmico e para o bloco de concreto estão descritos na Tabela 4, na Tabela 5 e na Tabela 6.

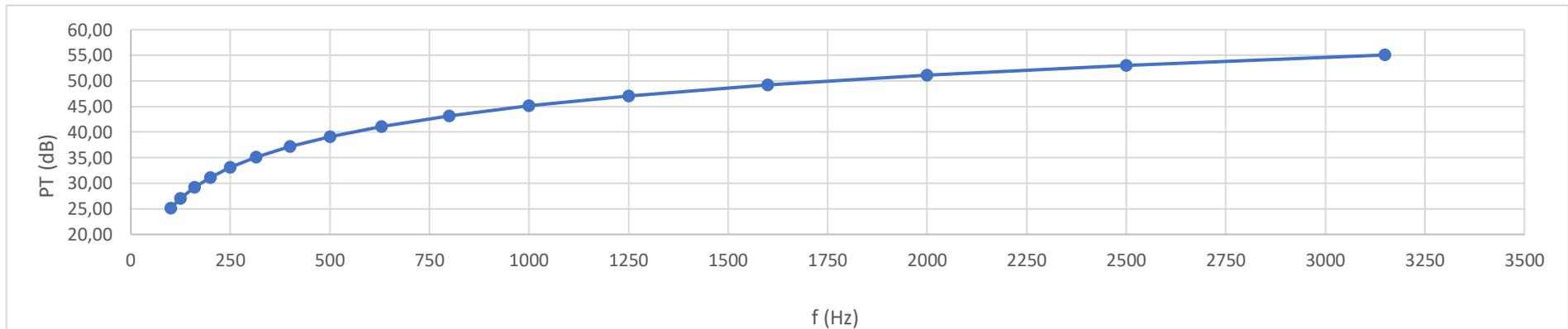
Utilizando os valores das tabelas, foram elaborados gráficos com os valores de Perda de Transmissão Sonora (PT) em relação as frequências médias, como pode ser visto no Gráfico 1, no Gráfico 2 e no Gráfico 3, para os blocos de gesso, cerâmico e de concreto, respectivamente.

Tabela 4 - Perda de transmissão sonora dos blocos de gesso

Frequências (Hz)		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Bloco	m (kg/m <sup>2</sup> )	PT (dB)															
1	<b>36,3</b>	24,2	26,1	28,3	30,2	32,2	34,2	36,2	38,2	40,2	42,3	44,2	46,1	48,3	50,2	52,2	54,2
2	<b>39,3</b>	24,9	26,8	29,0	30,9	32,9	34,9	36,9	38,9	40,9	43,0	44,9	46,8	49,0	50,9	52,9	54,9
3	<b>39,3</b>	24,9	26,8	29,0	30,9	32,9	34,9	36,9	38,9	40,9	43,0	44,9	46,8	49,0	50,9	52,9	54,9
4	<b>39,4</b>	24,9	26,8	29,0	30,9	32,9	34,9	36,9	38,9	40,9	43,0	44,9	46,8	49,0	50,9	52,9	54,9
5	<b>39,6</b>	25,0	26,9	29,0	31,0	32,9	34,9	37,0	38,9	40,9	43,0	45,0	46,9	49,0	51,0	52,9	54,9
6	<b>40,0</b>	25,0	27,0	29,1	31,1	33,0	35,0	37,1	39,0	41,0	43,1	45,0	47,0	49,1	51,1	53,0	55,0
7	<b>44,4</b>	25,9	27,9	30,0	32,0	33,9	35,9	38,0	39,9	41,9	44,0	45,9	47,9	50,0	52,0	53,9	55,9
8	<b>44,7</b>	26,0	27,9	30,1	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0	42,0	44,1	46,0	47,9	50,1	52,0	54,0	56,0
<b>Média</b>	<b>40,4</b>	<b>25,1</b>	<b>27,0</b>	<b>29,2</b>	<b>31,1</b>	<b>33,1</b>	<b>35,1</b>	<b>37,1</b>	<b>39,1</b>	<b>41,1</b>	<b>43,2</b>	<b>45,1</b>	<b>47,0</b>	<b>49,2</b>	<b>51,1</b>	<b>53,1</b>	<b>55,1</b>

Fonte: Autor

Gráfico 1 – Curva de Perda de Transmissão sonora por frequência dos blocos de gesso



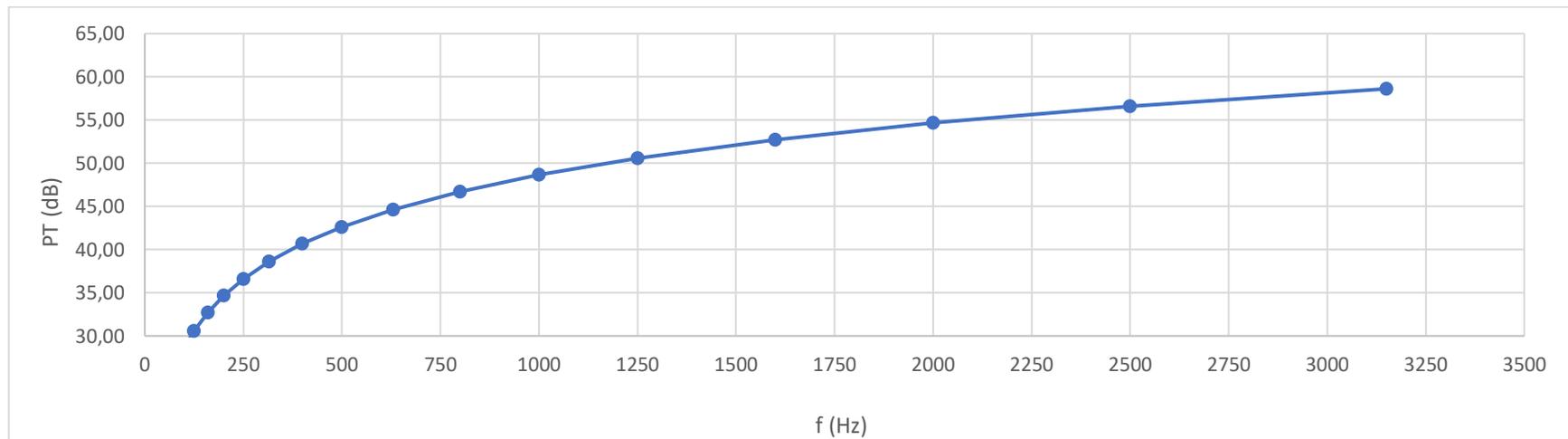
Fonte: Autor

Tabela 5 - Perda de transmissão sonora dos blocos cerâmicos

Frequências (Hz)		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Bloco	m (kg/m <sup>2</sup> )	PT (dB)															
1	<b>58,5</b>	28,3	30,3	32,4	34,4	36,3	38,3	40,4	42,3	44,3	46,4	48,3	50,3	52,4	54,4	56,3	58,3
2	<b>60,2</b>	28,6	30,5	32,7	34,6	36,5	38,6	40,6	42,6	44,6	46,7	48,6	50,5	52,7	54,6	56,5	58,6
3	<b>60,2</b>	28,6	30,5	32,7	34,6	36,6	38,6	40,6	42,6	44,6	46,7	48,6	50,5	52,7	54,6	56,6	58,6
4	<b>60,5</b>	28,6	30,6	32,7	34,7	36,6	38,6	40,7	42,6	44,6	46,7	48,6	50,6	52,7	54,7	56,6	58,6
5	<b>60,5</b>	28,6	30,6	32,7	34,7	36,6	38,6	40,7	42,6	44,6	46,7	48,6	50,6	52,7	54,7	56,6	58,6
6	<b>60,9</b>	28,7	30,6	32,8	34,7	36,7	38,7	40,7	42,7	44,7	46,8	48,7	50,6	52,8	54,7	56,7	58,7
7	<b>60,9</b>	28,7	30,6	32,8	34,7	36,7	38,7	40,7	42,7	44,7	46,8	48,7	50,6	52,8	54,7	56,7	58,7
8	<b>62,8</b>	29,0	30,9	33,0	35,0	36,9	38,9	41,0	42,9	44,9	47,0	49,0	50,9	53,0	55,0	56,9	58,9
<b>Média</b>	<b>60,6</b>	<b>28,6</b>	<b>30,6</b>	<b>32,7</b>	<b>34,7</b>	<b>36,6</b>	<b>38,6</b>	<b>40,7</b>	<b>42,6</b>	<b>44,6</b>	<b>46,7</b>	<b>48,6</b>	<b>50,6</b>	<b>52,7</b>	<b>54,7</b>	<b>56,6</b>	<b>58,6</b>

Fonte: Autor

Gráfico 2 - Curva de Perda de Transmissão sonora por frequência dos blocos cerâmicos



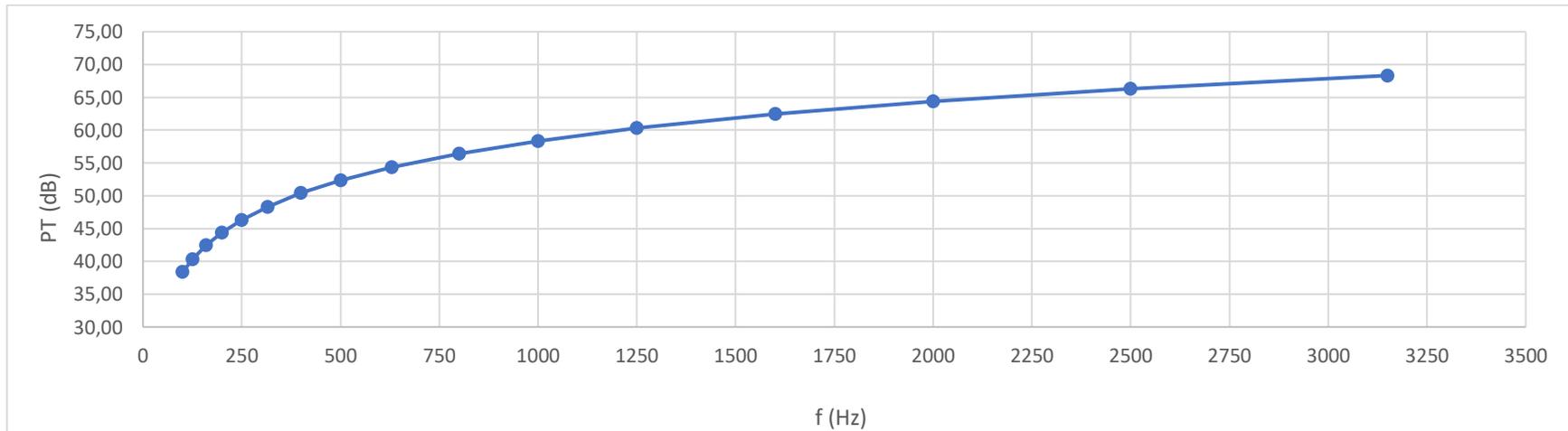
Fonte: Autor

Tabela 6 - Perda de transmissão sonora dos blocos de concreto

Frequências (Hz)		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Bloco	m (kg/m <sup>2</sup> )	PT (dB)															
1	<b>181,2</b>	38,2	40,1	42,2	44,2	46,1	48,1	50,2	52,1	54,1	56,2	58,2	60,1	62,2	64,2	66,1	68,1
2	<b>182,0</b>	38,2	40,1	42,3	44,2	46,2	48,2	50,2	52,2	54,2	56,3	58,2	60,1	62,3	64,2	66,2	68,2
3	<b>184,0</b>	38,3	40,2	42,4	44,3	46,3	48,3	50,3	52,3	54,3	56,4	58,3	60,2	62,4	64,3	66,3	68,3
4	<b>184,5</b>	38,3	40,3	42,4	44,3	46,3	48,3	50,4	52,3	54,3	56,4	58,3	60,3	62,4	64,3	66,3	68,3
5	<b>184,7</b>	38,3	40,3	42,4	44,3	46,3	48,3	50,4	52,3	54,3	56,4	58,3	60,3	62,4	64,3	66,3	68,3
6	<b>185,9</b>	38,4	40,3	42,5	44,4	46,3	48,4	50,4	52,4	54,4	56,4	58,4	60,3	62,5	64,4	66,3	68,4
7	<b>187,9</b>	38,5	40,4	42,6	44,5	46,4	48,4	50,5	52,5	54,5	56,5	58,5	60,4	62,6	64,5	66,4	68,4
8	<b>193,3</b>	38,7	40,7	42,8	44,7	46,7	48,7	50,8	52,7	54,7	56,8	58,7	60,7	62,8	64,7	66,7	68,7
<b>Média</b>	<b>185,4</b>	<b>38,4</b>	<b>40,3</b>	<b>42,4</b>	<b>44,4</b>	<b>46,3</b>	<b>48,3</b>	<b>50,4</b>	<b>52,3</b>	<b>54,3</b>	<b>56,4</b>	<b>58,4</b>	<b>60,3</b>	<b>62,4</b>	<b>64,4</b>	<b>66,3</b>	<b>68,3</b>

Fonte: Autor

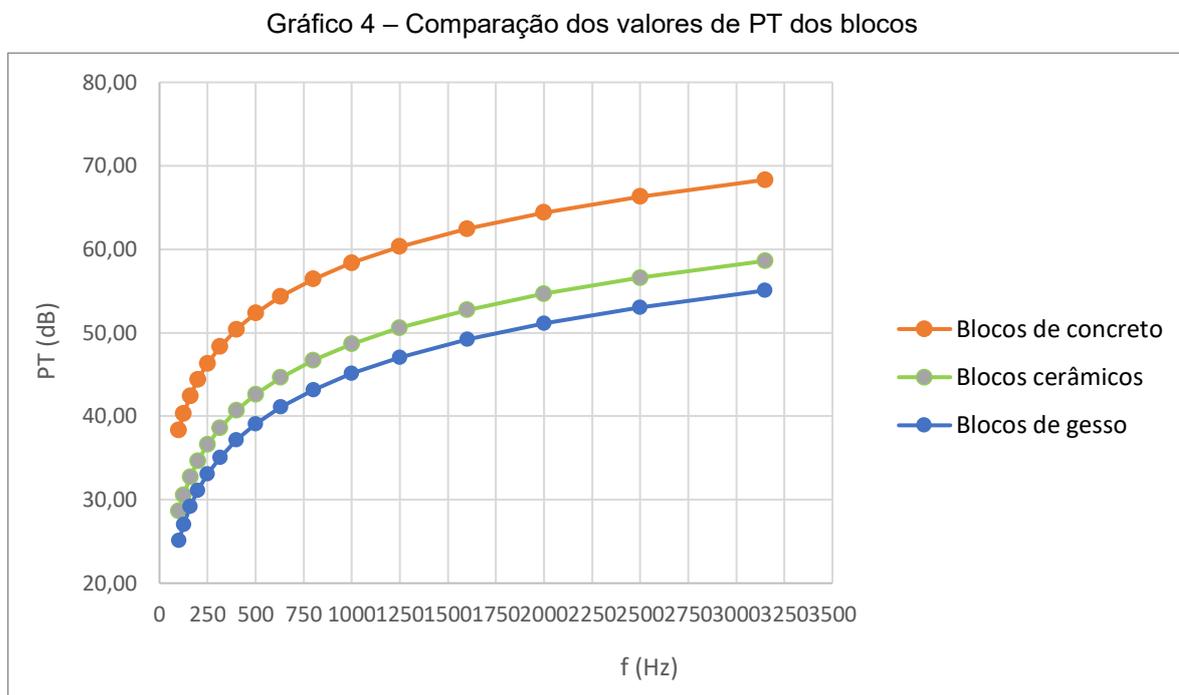
Gráfico 3 - Curva de Perda de Transmissão sonora por frequência dos blocos de concreto



Fonte: Autor

#### 4.1.2 COMPARATIVO ENTRE OS MATERIAIS

Para facilitar a visualização da comparação entre os sistemas, foi colocado em um único gráfico os dados obtidos a partir da média dos blocos, como pode ser visto no Gráfico 4.



Fonte: Autor

Esses dados mostram como os materiais se comportam de acordo com a frequência. Podendo-se dizer que os blocos de concreto possuem maior resistência ao ruído do que os demais. Isso quer dizer que, de acordo com o experimento realizado, ele tem maior capacidade de reduzir o ruído que os demais blocos testados.

#### 4.2 INDICE DE REDUÇÃO SONORA PONDERADA (RW)

##### 4.2.1 DESEMPENHO DOS MATERIAIS

Como forma de obter os perda de índice de redução sonora ponderada (Rw), foi utilizado o software Excel e as fórmulas descritas na metodologia do presente trabalho. Foram calculados os valores de comprimento médio, altura média, espessura média, massa do sistema e a densidade.

Foram utilizados 8 blocos de cada tipo para este estudo, com o intuito de obter um valor médio mais preciso.

#### 4.2.1.1 Blocos de gesso

Os resultados obtidos dos blocos de gesso foram descritos na Tabela 7.

Baseado nos resultados da Tabela 7, pode-se afirmar que o valor médio da massa da parede dos blocos de gesso foi de 40,37 kg/m<sup>2</sup>, densidade média de 526,48 kg/m<sup>3</sup> e índice de redução sonora ponderada 30,17 dB.

#### 4.2.1.2 Blocos cerâmicos

Os resultados obtidos dos blocos cerâmicos foram descritos na Tabela 8.

Baseado nos resultados da Tabela 8, pode-se afirmar que o valor médio da massa da parede dos blocos cerâmicos foi de 60,56 kg/m<sup>2</sup>, densidade de 657,12 kg/m<sup>3</sup> e índice de redução sonora ponderada 32,81 dB.

#### 4.2.1.3 Blocos de concreto

Os resultados obtidos dos blocos de concreto foram descritos no Tabela 9.

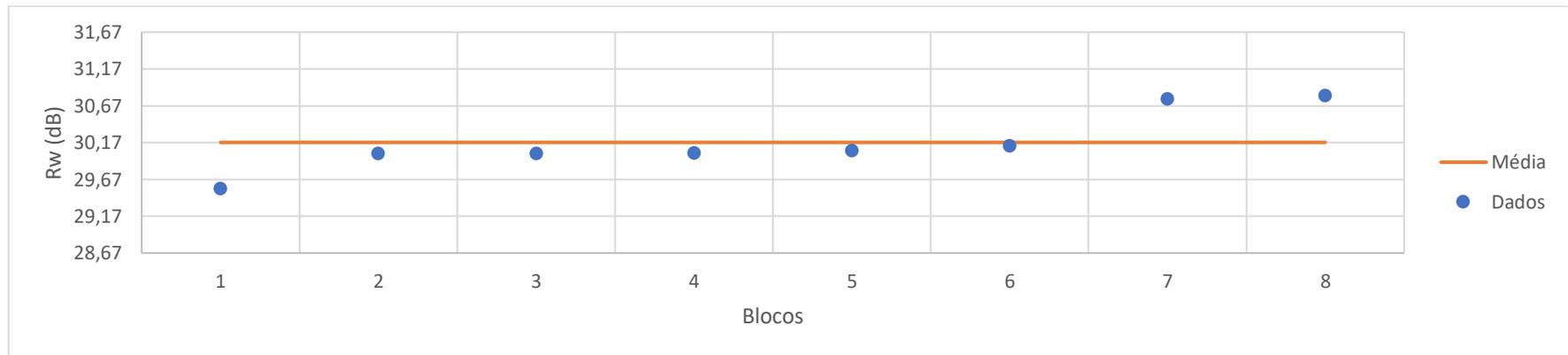
Baseado nos resultados do Gráfico 7, pode-se afirmar que o valor médio da massa da parede dos blocos de concreto foi de 185,42 kg/m<sup>2</sup>, densidade de 1323,24 kg/m<sup>3</sup> e índice de redução sonora ponderada 42,22 dB.

Tabela 7 - Características dos blocos de gesso

Bloco	Massa (kg)	Largura (cm)			Altura (cm)			Comprimento (cm)			Massa da parede (kg/m <sup>2</sup> )	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Rw (dB)
		L1	L2	L médio	H1	H2	H médio	C1	C2	C médio			
1	12,22	66,60	66,80	66,70	7,70	7,90	7,80	50,40	50,50	50,45	<b>36,30</b>	<b>465,38</b>	<b>29,55</b>
2	13,26	67,00	66,70	66,85	7,60	7,70	7,65	50,40	50,50	50,45	<b>39,32</b>	<b>513,95</b>	<b>30,02</b>
3	13,12	66,50	66,00	66,25	7,70	7,60	7,65	50,30	50,40	50,35	<b>39,32</b>	<b>513,95</b>	<b>30,02</b>
4	13,22	66,40	66,60	66,50	7,60	7,60	7,60	50,70	50,30	50,50	<b>39,35</b>	<b>517,77</b>	<b>30,03</b>
5	13,26	66,60	66,40	66,50	7,70	7,60	7,65	50,30	50,40	50,35	<b>39,59</b>	<b>517,48</b>	<b>30,06</b>
6	13,32	66,30	66,10	66,20	7,70	7,60	7,65	50,40	50,20	50,30	<b>40,00</b>	<b>522,90</b>	<b>30,13</b>
7	15,01	66,80	67,00	66,90	7,70	7,70	7,70	50,50	50,60	50,55	<b>44,38</b>	<b>576,42</b>	<b>30,77</b>
8	15,02	66,90	66,60	66,75	7,60	7,70	7,65	50,50	50,20	50,35	<b>44,68</b>	<b>584,00</b>	<b>30,81</b>
<b>Média</b>	<b>13,55</b>	<b>66,64</b>	<b>66,53</b>	<b>66,58</b>	<b>7,66</b>	<b>7,68</b>	<b>7,67</b>	<b>50,44</b>	<b>50,39</b>	<b>50,41</b>	<b>40,37</b>	<b>526,48</b>	<b>30,17</b>

Fonte: Autor

Gráfico 5 – Dispersão de Rw dos blocos de gesso



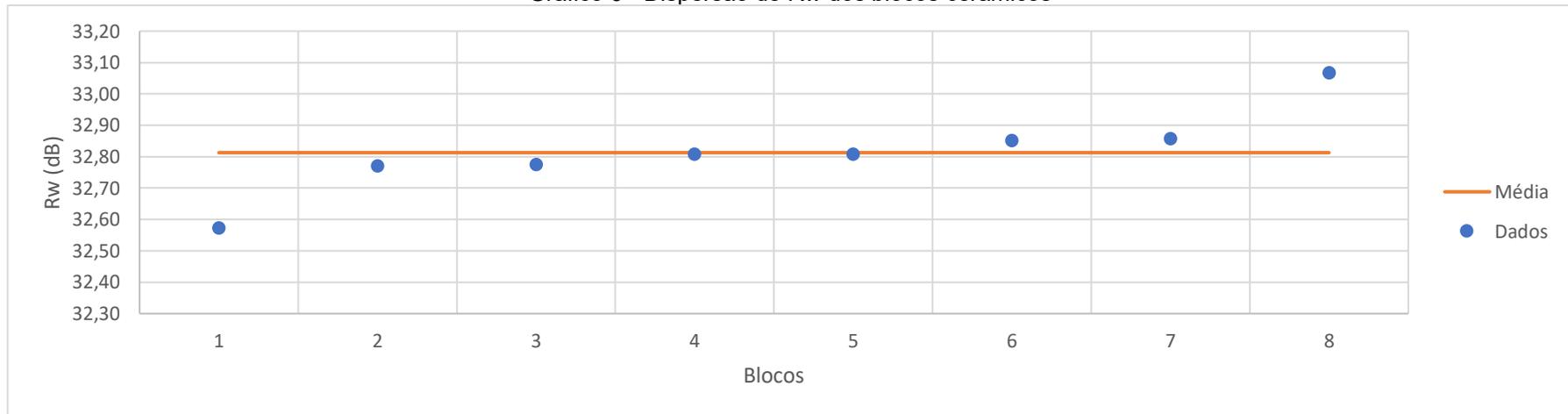
Fonte: Autor

Tabela 8 - Características dos blocos cerâmicos

Bloco	Massa (kg)	Largura (cm)			Altura (cm)			Comprimento (cm)			Massa da parede (kg/m <sup>2</sup> )	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Rw (dB)
		L1	L2	L médio	H1	H2	H médio	C1	C2	C médio			
1	2,11	18,40	18,80	18,60	9,10	9,40	29,55	19,50	19,30	19,40	<b>58,47</b>	<b>632,16</b>	<b>32,57</b>
2	2,20	18,90	18,70	18,80	9,20	9,10	30,02	19,30	19,50	19,40	<b>60,18</b>	<b>657,74</b>	<b>32,77</b>
3	2,23	18,80	18,70	18,75	9,30	9,20	30,02	19,90	19,60	19,75	<b>60,22</b>	<b>651,02</b>	<b>32,77</b>
4	2,27	19,20	19,00	19,10	9,30	9,20	30,03	19,60	19,60	19,60	<b>60,50</b>	<b>654,09</b>	<b>32,81</b>
5	2,15	19,10	18,60	18,85	9,30	9,20	30,06	18,90	18,80	18,85	<b>60,51</b>	<b>654,14</b>	<b>32,81</b>
6	2,22	18,80	18,70	18,75	9,50	9,20	30,13	19,30	19,50	19,40	<b>60,89</b>	<b>651,27</b>	<b>32,85</b>
7	2,24	19,00	18,70	18,85	9,30	9,20	30,77	19,30	19,70	19,50	<b>60,94</b>	<b>658,81</b>	<b>32,86</b>
8	2,23	18,50	18,30	18,40	9,00	9,00	30,81	19,20	19,40	19,30	<b>62,80</b>	<b>697,73</b>	<b>33,07</b>
<b>Média</b>	<b>2,20</b>	<b>18,84</b>	<b>18,69</b>	<b>18,76</b>	<b>9,25</b>	<b>9,19</b>	<b>30,17</b>	<b>19,38</b>	<b>19,43</b>	<b>19,40</b>	<b>60,56</b>	<b>657,12</b>	<b>32,81</b>

Fonte: Autor

Gráfico 6 - Dispersão de Rw dos blocos cerâmicos



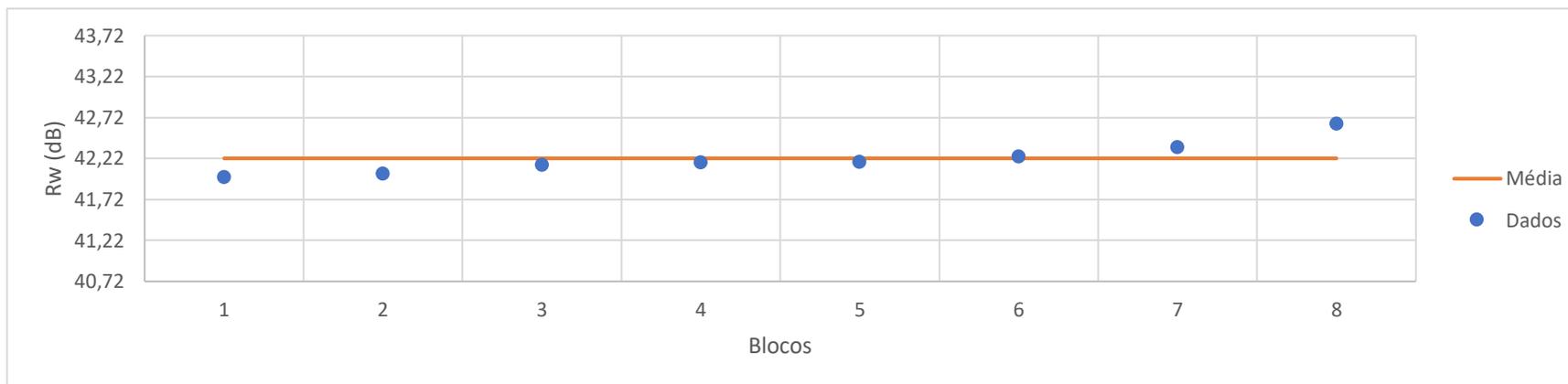
Fonte: Autor

Tabela 9 - Características dos blocos de concreto

Bloco	Massa (kg)	Largura (cm)			Altura (cm)			Comprimento (cm)			Massa da parede (kg/m <sup>2</sup> )	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Rw (dB)
		L1	L2	L médio	H1	H2	H médio	C1	C2	C médio			
1	9,81	29,20	29,30	29,25	14,00	14,00	32,57	18,50	18,50	18,50	<b>181,20</b>	<b>1294,26</b>	<b>41,99</b>
2	9,98	29,20	29,30	29,25	14,00	14,00	32,77	18,70	18,80	18,75	<b>181,97</b>	<b>1299,80</b>	<b>42,03</b>
3	10,07	29,20	29,30	29,25	13,90	13,90	32,77	18,70	18,70	18,70	<b>184,01</b>	<b>1323,83</b>	<b>42,15</b>
4	10,43	29,20	29,50	29,35	14,10	14,00	32,81	19,30	19,20	19,25	<b>184,52</b>	<b>1313,29</b>	<b>42,17</b>
5	10,27	29,30	29,40	29,35	14,00	13,80	32,81	18,90	19,00	18,95	<b>184,65</b>	<b>1328,43</b>	<b>42,18</b>
6	10,58	29,30	29,50	29,40	14,00	14,00	32,85	19,30	19,40	19,35	<b>185,89</b>	<b>1327,77</b>	<b>42,25</b>
7	10,68	29,30	29,30	29,30	14,20	14,10	32,86	19,50	19,30	19,40	<b>187,89</b>	<b>1327,84</b>	<b>42,36</b>
8	10,43	29,20	29,30	29,25	14,10	14,10	33,07	18,00	18,90	18,45	<b>193,27</b>	<b>1370,70</b>	<b>42,64</b>
<b>Média</b>	<b>10,28</b>	<b>29,24</b>	<b>29,36</b>	<b>29,30</b>	<b>14,04</b>	<b>13,99</b>	<b>32,81</b>	<b>18,86</b>	<b>18,98</b>	<b>18,92</b>	<b>185,42</b>	<b>1323,24</b>	<b>42,22</b>

Fonte: Autor

Gráfico 7 - Dispersão de Rw dos blocos de concreto



Fonte: Autor

## 4.2.2 COMPARATIVO ENTRE OS MATERIAIS

Foi feita a Tabela 10 com o intuito de demonstrar que o valor de  $R_w$  varia de acordo com a densidade. Dito isso, fica visível que conforme o valor da densidade aumenta, o valor de  $R_w$  tende a aumentar, como pode ser visto na Tabela 10.

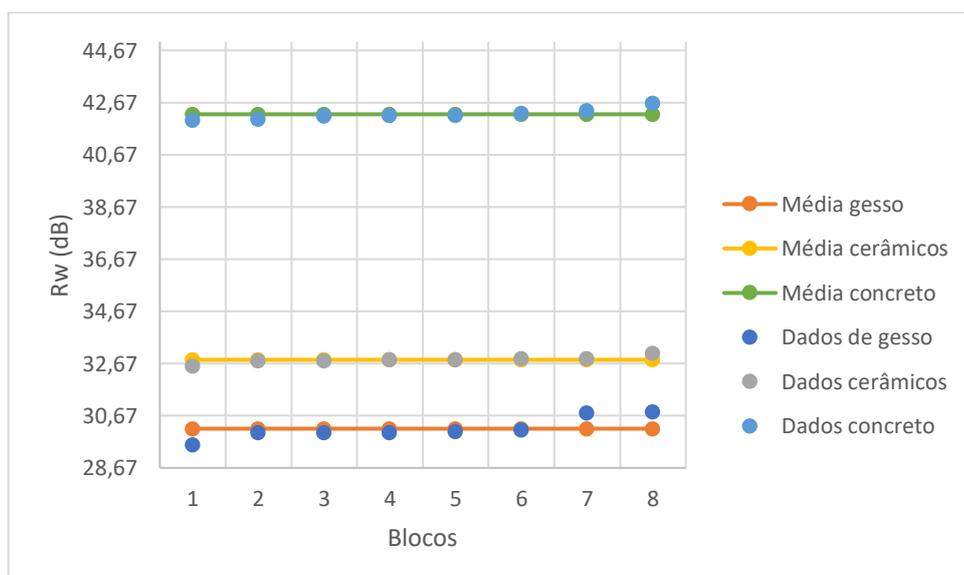
Tabela 10 - Comparativo entre densidade e  $R_w$

Bloco	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	$R_w$ (dB)
Gesso	526,48	30,81
Cerâmica	657,12	33,07
Concreto	1323,24	42,64

Fonte: Autor

Para facilitar a visualização da comparação entre os sistemas, foi colocado em um único gráfico os dados obtidos e a média dos blocos. Dessa forma, pode ser visto no Gráfico 8 que os dados dos blocos cerâmicos e de concreto foram mais próximos da média deles, já os dados dos blocos de gesso tiveram um maior afastamento do valor da média em relação aos demais blocos.

Gráfico 8 – Comparação dos valores de  $R_w$  dos blocos



Fonte: Autor

Além da comparação entre os dados dos blocos, foi feita uma comparação entre os desvios padrões e os coeficientes de variações dos blocos, valores mostrados na Tabela 11. Também foi feito um gráfico comparando somente os coeficientes de variação dos blocos, como pode ser visto no Gráfico 9. Tais valores servem para mostrar o quão padronizado são os blocos analisados, ou seja, quanto maior o coeficiente de variação, mais diferente são os blocos.

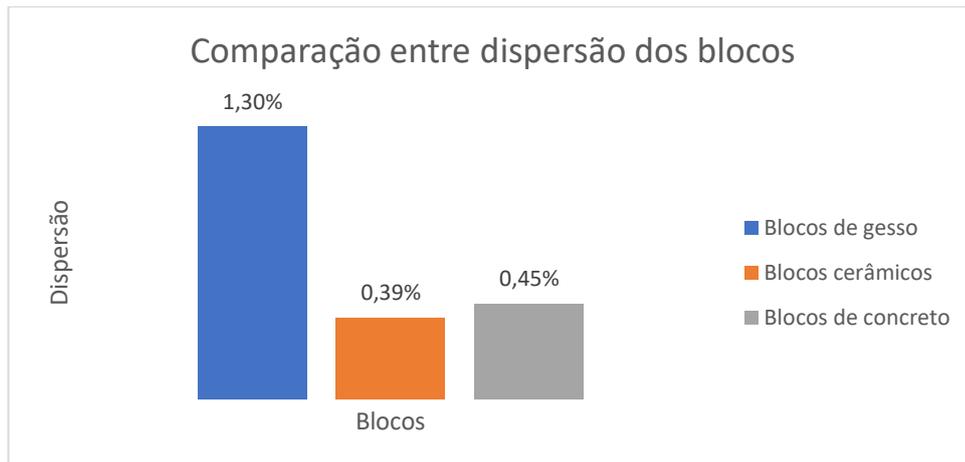
Dessa forma, pode-se dizer que os blocos mais homogêneos foram os blocos cerâmicos com um coeficiente de variação de 0,39%. Além disso, os blocos mais heterogêneos foram os blocos de gesso com o valor de coeficiente de variação de 1,30%. E, no meio deles, encontram-se os blocos de concreto com o valor de 0,45%, como pode ser visto no Gráfico 9.

Tabela 11 – Análise estatística dos resultados de índice de redução sonora dos materiais avaliados

Vedação	Resultado - Rw (dB)	Média (dB)	Desvio Padrão (dB)	Coeficiente de variação
Blocos de gesso	29,55	30,17	0,39	1,30%
	30,02			
	30,02			
	30,03			
	30,06			
	30,13			
	30,77			
	30,81			
Blocos cerâmicos	37,97	32,81	0,20	0,39%
	38,29			
	38,29			
	38,38			
	38,40			
	38,44			
	38,50			
	38,74			
Blocos de concreto	41,99	42,22	0,19	0,45%
	42,03			
	42,15			
	42,17			
	42,18			
	42,25			
	42,36			
	42,64			

Fonte: Autor

Gráfico 9 - Comparação entre os coeficientes de variação dos blocos



Fonte: Autor

Segundo Garcia (1989), os coeficientes de variação possuem quatro faixas de classificação, que são:

Baixos: coeficientes de variação inferiores a 10%;

Médios: coeficientes de variação entre 10 e 20%;

Altos: coeficientes de variação entre 20 e 30%;

Muito Altos: para valores acima de 30%.

Ou seja, nenhum dos valores passam de 10%. Com isso, os três tipos de blocos se encontram na faixa de coeficiente de variação baixo, de modo que a média dos valores representa satisfatoriamente o conjunto de dados.

#### 4.2.3 COMPARATIVO COM A NBR 15575

Ao realizar os testes esperava-se um resultado que atendesse o nível mínimo estabelecido pela norma de desempenho para paredes entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório, Tabela 12. Porém, ao analisar os cálculos dos valores de  $R_w$ , foi visto que todos os valores foram abaixo do mínimo requisitado pela normativa. Isto se deve, provavelmente, pela baixa preocupação que o mercado tem com o desempenho acústico, sendo necessário fazer uso de materiais complementares para atingir os valores determinados por norma.

Tabela 12 – Valores mínimo e máximo para paredes de geminação segundo a NBR 15575

Elemento	Valores aproximados de $R_w$ (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	Mínimo
	55 a 59	Intermediário
	$\geq 60$	Superior

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4

Baseado nesses valores, foi visto nenhum dos 3 blocos analisados o valor superou o valor mínimo exigido na normativa. Entretanto, o bloco que obteve melhor resultado acústico foi o bloco de concreto com o valor de  $R_w$  de 42,22 decibéis. Ou seja, o bloco de concreto, para esse experimento, possui maior capacidade de reduzir os ruídos do que os outros dois tipos de blocos, o que se evidencia pela sua maior densidade. Entretanto, esse comparativo não é muito preciso, visto que os valores descritos na norma são para sistemas, e esse trabalho apenas analisou cada bloco individualmente. Ao analisar o sistema, são levados em consideração as juntas, as esquadrias e os revestimentos, ocasionando em uma diferença de valor de resistência acústica.

Contudo, esses valores são para paredes com pelo menos um ambiente dormitório. Como os valores obtidos foram: 30,17 para os blocos de gesso, 32,81 para os blocos cerâmicos e 42,22 para os blocos de concreto, eles poderiam ser utilizados em paredes cegas de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias nos pavimentos, como pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13 - Valor mínimo e máximo para paredes entre sala e cozinha segundo a NBR 15575

Elemento	Valores aproximados de $R_w$ (dB)	Nível de desempenho
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias nos pavimentos	$\geq 30$ dB	Mínimo
	$\geq 35$ dB	Intermediário
	$\geq 40$ dB	Superior

Fonte: Adaptado da NBR 15575-4

## 5 CONCLUSÃO

Ao comparar os diferentes blocos, nota-se que eles não cumpriram às expectativas. No qual, o melhor desempenho foi obtido nos blocos de concreto e os piores resultados ocorreram com os de blocos de gesso, o que implica que, para esses resultados, o bloco de concreto tem maior capacidade de reduzir os ruídos em relação aos blocos de gesso e os blocos cerâmicos.

A partir dos resultados expostos fica provada a ineficácia dos blocos para atendimento dos valores estabelecidos pela NBR 15575, visto que os valores obtidos para os três tipos de blocos não atingiram o valor mínimo solicitado pela norma. Entretanto, nas obras há uma maior redução de ruído, visto que os materiais são aplicados associados com reboco e outros acabamentos, ocasionando em um maior conforto. Com isso, vale ressaltar que a Norma de Desempenho serve para garantir a saúde e qualidade de vida, garantindo o conforto e bem-estar ao usuário. Baseado nessa informação, cabe aos construtores buscarem materiais com inovações buscando a melhoria na capacidade dos blocos de reter o ruído do dia a dia.

Além disso, nota-se como a preocupação durante a execução do serviço é importante, visto que a mão-de-obra interfere diretamente nessa capacidade de retenção de ruídos. Dessa forma, fica claro que para que a obra atinja os valores estipulados pela normativa deve-se fazer uso de materiais de boa qualidade, e de mão-de-obra qualificada.

Fica evidente que o caminho a percorrer ainda é longo, principalmente por parte dos fornecedores de materiais e serviços que ainda se demonstram despreparados para oferecer os itens em conformidade, muitas vezes mostrando o total desconhecimento da norma ou resistência para mudar a qualidade de seus produtos, baseado nas práticas anteriores que aceitavam os materiais sem respaldo técnico ou normativo.

Por fim, algumas práticas podem solucionar tal problemática. Tal qual, a implementação de outros compostos dentro dos blocos, fazendo com que a densidade dos blocos aumente, e como consequência, aumente a capacidade de reter ruídos. Dessa forma, atingindo valores de redução que se adequem as normativas, permitindo um maior conforto por parte dos usuários.

Como sugestão para trabalhos futuros, podem ser analisados os sistemas como um todo, incluindo esquadrias, revestimentos etc., ou outros materiais. Além disso, podem também ser analisados os sistemas *in loco*, com diferentes materiais e componentes.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10152: Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.
- BELUCI, F. A. P. **Análise do conforto acústico em contêineres – estudo de caso**. Toledo, 2018.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**: 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 380 p.
- BRASILESCOLA. O que é difração?. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-difracao.htm>. Acesso em: 10 set. 2021.
- BURATTI, M. R. **Análise do conforto acústico na área de desembarque do aeroporto salgado filho e avaliação da dose de ruído que um fiscal de pista está sujeito**. Porto Alegre, 2017.
- CARVALHO, B. de A. **História da Arquitetura**. Rio de Janeiro: Edições de Ouro.
- CARVALHO, R. P. **Acústica arquitetônica**: 1 ed. Brasília: Thesaurus Editora, 2006. 167 p.
- CLICKESTUDANTE. **Reflexão sonora**. Disponível em: <https://www.clickestudante.com/reflexao-sonora.html>. Acesso em: 10 set. 2021.
- COELHO, L. F. S.; SILVA, V. F. R. M. e. **Análise cienciométrica sobre conforto acústico em edificações**. Anápolis, 2018.
- COMITÊ BRASILEIRO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho das Edificações Habitacionais – Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. CBIC, Brasília, 2013.
- DUARTE, E. de A. C. **Estudo do isolamento acústico das paredes de vedação da moradia brasileira ao longo da história**. Florianópolis, 2015.
- EDISCIPLINAS.USP. **Comportamento sonoro**. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4437602/mod\\_resource/content/0/03%20-%20Comportamento%20Sonoro.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4437602/mod_resource/content/0/03%20-%20Comportamento%20Sonoro.pdf). Acesso em: 10 set. 2021.
- EDUCASOMBRASIL. **Entenda a diferença entre som, barulho e ruído**. Disponível em: <https://educasombrasil.wordpress.com/2017/01/20/entenda-a-diferenca-entre-som-barulho-e-ruido/>. Acesso em: 10 set. 2021.
- EN 12354-1:2000** Building acoustics. Estimation of acoustic performance in buildings from the performance of elements. Airborne sound insulation between rooms

EVEREST, F.A. **Master handbook of Acoustics**. 40ed. New York/USA. 2001.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba, 1989.

INFOESCOLA. **Ouvido**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/audicao/ouvido/>. Acesso em: 10 de set. 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 2: Measurement of airborne sound insulation between rooms**: 1st ed. ISO 15712-1, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of Building elements. Part 1: Airborne sound insulation between rooms**: 1st ed. ISO 10140-2. Switzerland, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION. **Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airborne sound insulation**. ISO 717-1. Swiss, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION. **Acoustics – Field measurement of sound insulation in building and of building elements – Part 1: Airbornesound insulation**. ISO 16283-1. Geneva, 2014.

MAIA, P. A. **O ruído nas obras da construção civil e o risco de surdez ocupacional**. Campinas, 1999.

NUNES, T. et al. Evaluation of the acoustic performance of systems of walls and floors for verifying compliance with standard 15.575. **22nd International Congress on Acoustics**, Buenos aires, 2016.

NETO, M. de F. F. **Nível de conforto acústico: uma proposta para edifícios residenciais**. Campinas, 2009.

PAVIBLOCO. **BLOCO 14X19X29- CLASSE A – ALTA DENSIDADE**. Disponível em: <https://pavibloco.com.br/produto/blocos-estruturais/familia-29-114/bloco-14x19x29-classe-a/>. Acesso em: 28 de out. 2022.

RESEARCHGATE. **Modelagem do ruído urbano como instrumento de gestão ambiental**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/266894076\\_Modelagem\\_do\\_ruído\\_urbano\\_como\\_instrumento\\_de\\_gestao\\_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/266894076_Modelagem_do_ruído_urbano_como_instrumento_de_gestao_ambiental). Acesso em: 10 set. 2021.

REZENDE, M. S.; FILHO, J. C. G. de M.; NASCIMENTO, N. L. F. N. **O desempenho acústico segundo a norma de desempenho ABNT NBR 15575 - Isolamento sonoro contra ruído aéreo de vedações verticais internas medido em campo**. Goiânia, 2014.

SOUSA, M. W. S. **Levantamentos de erros executivos em edifícios em alvenaria estrutural de bloco cerâmico**. Fortaleza, 2011.

SOUSA, N. R. V. de. **Caracterização do comportamento acústico a sons de percussão de soluções à base de espumas de poliuretano.** Porto, 2008.

SUPERINTERESSANTE. **Mito: a acústica dos anfiteatros da Grécia antiga não é milagrosa.** Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/mito-a-acustica-dos-anfiteatros-da-grecia-antiga-nao-e-milagrosa/>. Acesso em: 10 set. 2021.

TÉCHNE. **Como construir - Execução de alvenaria não estrutural de blocos de gesso.** Edição 229 - Abril/2016.

TODOTETO. **Tijolo Quadrado 8 Furos 9x19x19.** Disponível em: <https://www.todoteto.com.br/materiais-de-construcao/blocos-e-tijolos/tijolos-comuns/tijolo-8-furos-quadrado-9x19x19-rincao>. Acesso em: 28 de out. 2022.

UPJOHN, E.; WINGERT, P. S.; MAHLER, J. G. **História Mundial da Arte.** São Paulo: DIFEL, 1980.

VERÇOSA, E. J. **Introdução. In: Materiais de Construção 1.** 3ª ed. Coordenador: L. A. F. Bauer. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, S.A., 1987.