

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LAURO FERNANDO FERREIRA MARTINS**

**ROGÉRIO CAMPOS RAMOS**

**ESTUDO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO DE  
MATERIAIS APLICADOS NO REVESTIMENTO DE  
PAREDES DE ALVENARIA**

**ANÁPOLIS / GO  
2017**

**LAURO FERNANDO FERREIRA MARTINS  
ROGÉRIO CAMPOS RAMOS**

**ESTUDO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO DE  
MATERIAIS APLICADOS NO REVESTIMENTO DE  
PAREDES DE ALVENARIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA  
UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: LEANDRO DANIEL PORFIRO**

**COORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA  
TEODORO DA SILVA**

**ANÁPOLIS / GO: 2017**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MARTINS, LAURO FERNANDO FERREIRA / RAMOS, ROGÉRIO CAMPOS

Estudo de Isolamento Acústico de Materiais Aplicados no Revestimento de Paredes de Alvenaria

61P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Conforto Acústico

2. Som e Ruído

3. Revestimento de Paredes

4. Parede de Alvenaria

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARTINS, Lauro Fernando Ferreira; RAMOS, Rogério Campos. Estudo de isolamento acústico de materiais aplicados no revestimento de paredes de alvenaria. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 61p. 2017.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lauro Fernando Ferreira Martins

Rogério Campos Ramos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Estudo de isolamento acústico de materiais aplicados no revestimento de paredes de alvenaria.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Lauro Fernando Ferreira Martins

E-mail: lauroffm@gmail.com



Rogério Campos Ramos


E-mail: rogercamposramos@gmail.com


**LAURO FERNANDO FERREIRA MARTINS**  
**ROGÉRIO CAMPOS RAMOS**


**ESTUDO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO DE  
MATERIAIS APLICADOS NO REVESTIMENTO DE  
PAREDES DE ALVENARIA**


TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

APROVADO POR:

  
LEANDRO DANIEL PORFIRO, Mestre (UniEvangélica)  
ORIENTADOR

  
AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Especialista  
(UniEvangélica)  
(COORIENTADOR)

  
MOEMA PATRÍCIA BARROS DE CASTRO, Mestra (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)

  
ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 29 de novembro de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível. Agradeço pela coragem e fé dada, e por ser O motivo pelo qual nunca me deixei abater com os problemas do dia-a-dia, procurando sempre mais forças para continuar.

Agradeço também minha esposa e filha que estão sempre ao meu lado e me apoiaram nessa grande etapa de minha vida.

Lauro Fernando Ferreira Martins

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de chegar até aqui, mesmo com tantas dificuldades e sempre ter me abençoado durante as minhas conquistas. Aos meus pais, por serem o meu alicerce, que sempre me ensinaram a importância dos estudos e que tudo pode ser tirado de uma pessoa, menos seu conhecimento, a minha esposa que sempre me apoiou nesse sonho, minha filha, sempre que o desânimo bate é nela e no seu futuro que penso para seguir em frente não deixando nunca desistir dos meus objetivos.

Rogério Campos Ramos

## **RESUMO**

A preocupação com o conforto acústico, na construção civil, se intensificou a partir do momento em que as pessoas passaram a sofrer os efeitos indesejáveis decorrentes da sua exposição a altos índices de ruídos produzidos nos grandes centros urbanos. E visando conseguir uma eficiência acústica satisfatória, a Engenharia vem utilizando materiais e realizando experimentos de novos materiais através de estudos científicos para se avaliar se são bons absorvedores acústicos. O trabalho buscou definir a eficiência do isolamento acústico dos materiais utilizados no revestimento das paredes de alvenaria, através de um ensaio experimental. Foram construídas cinco paredes, de blocos cerâmicos, com revestimentos diferentes (argamassa mista sem adições, com adição de vermiculita, EPS, cortiça e paredes paralelas contendo entre elas lã de vidro e revestida com argamassa mista sem adições). As paredes foram submetidas a ensaios de som, envolvidas em uma caixa acústica. Os sons foram medidos utilizando um aplicativo de celular: decibelímetro. Constatou-se que as paredes revestidas com isopor e vermiculita, tiveram um bom desempenho e a parede dupla preenchida com lã de vidro e revestida com argamassa mista sem adições teve um desempenho ainda maior reduzindo em torno de 14% o nível sonoro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto acústico. Caixa acústica. Revestimento de paredes.

## **ABSTRACT**

The concern with acoustic comfort in civil construction intensified as people began to suffer the undesirable effects of exposure to high noise levels produced in large urban centers. In order to achieve a satisfactory acoustic efficiency, the Engineering has been using materials and conducting experiments of new materials through scientific studies to evaluate if they are good acoustic absorbers. The work sought to define the efficiency of the acoustic insulation of the materials used in the masonry walls, through an experimental test. Five walls were built of ceramic blocks with different coatings (mixed mortar without additions, adding vermiculite, EPS, cork and parallel walls with glass wool and mixed mortar without additions). The walls were subjected to sound tests, wrapped in an acoustic box. Sounds were measured using a cellphone application: decibel meter. It was found that the walls coated with styrofoam and vermiculite had a good performance and the double wall filled with glass wool and coated with mixed mortar without additions had an even greater performance reducing the noise level by around 14%.

**KEYWORDS:** Steel Deck. Acoustic comfort. Acoustic box. Wall coverings.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de aplicação das camadas do revestimento de argamassa.....	21
Figura 2 - Energia incidente sobre parede .....	23
Figura 3 - Eco .....	24
Figura 4 - Reverberação .....	25
Figura 5 - Ruído aéreo entre paredes.....	28
Figura 6 - Ruído de impacto.....	29
Figura 7 - Bloco de concreto com finalidade de vedação.....	31
Figura 8 - Blocos de concreto com finalidade estrutural.....	31
Figura 9 - Bloco cerâmico de vedação .....	32
Figura 10 - Bloco cerâmico com finalidade de vedação .....	32
Figura 11 - Bloco cerâmico estrutural .....	33
Figura 12 - Edificação construída com bloco cerâmico estrutural .....	33
Figura 13 - Vermiculita fina mineral antes da expansão .....	35
Figura 14 - Vermiculita expandida.....	35
Figura 15 - Tijolo isolante de vermiculita expandida.....	36
Figura 16 - Lã de rocha em rolo .....	37
Figura 17 - Lã de rocha: resistência ao fogo acima de 200 graus Celsius.....	37
Figura 18 - Lã de vidro em drywall.....	38
Figura 19 - Lã de vidro entre alvenaria de vedação .....	39
Figura 20 - Estúdio isolado com espuma elastomérica .....	40
Figura 21 - Fibra de coco.....	40
Figura 22 - Fibra de coco.....	41
Figura 23 - Sobreiro.....	42
Figura 24 – Granulado de Cortiça Expandida .....	42
Figura 25 – Construção das paredes .....	45
Figura 26 – Paredes sendo levantadas .....	46
Figura 27 – Parede dupla .....	46
Figura 28 – Parede revestida de argamassa simples.....	47
Figura 29 – Parede dupla com lã de vidro .....	47
Figura 30 – Parede revestida com cortiça.....	48
Figura 31 – Parede revestida com pérolas de poliestireno expandido.....	48
Figura 32 – Parede revestida com vermiculita .....	49

Figura 33 – Construção da caixa acústica .....	50
Figura 34 – Caixa acústica terminada.....	50
Figura 35 – Medição do nível de pressão sonora externo à caixa .....	51
Figura 36 – Medição do nível de pressão sonora externo à caixa .....	52
Figura 37 – Preparação da caixa acústica nas paredes .....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das argamassas .....	19
Quadro 2 - Critério de nível ponderado de vedação externa, $D_{2m,nT,w}$ .....	27
Quadro 3 - Níveis de desempenho de vedação entre ambientes.....	27
Quadro 4 - Critérios de desempenho para níveis de ruído de impacto.....	28
Quadro 5 - Nível de critério de avaliação sonora em dB(A) permitido pela NBR 10151.....	43
Quadro 6 - Nível Sonoro Captado Através das Paredes .....	53
Quadro 7 - Redução do Nível Sonoro em Cada Parede .....	53

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Valores Db(A) e NC.....	44
------------------------------------	----

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
EPS	Poliestireno Expandido
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto
NBR	Norma Brasileira

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
1.3 METODOLOGIA .....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
<b>2 REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 ARGAMASSAS .....	18
<b>3 FENÔMENOS ACÚSTICOS EM ESPAÇOS CONSTRUÍDOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 REVESTIMENTO ACÚSTICO .....	26
<b>3.1.1 Ruído aéreo .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2 Ruído de impacto.....</b>	<b>28</b>
3.2 CONFORTO ACÚSTICO .....	29
<b>4 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE MATERIAIS QUANTO AO ISOLAMENTO ACÚSTICO .....</b>	<b>30</b>
4.1 MATERIAIS CONVENCIONAIS PARA ISOLAMENTO/TRATAMENTO ACÚSTICO .....	30
4.2 MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS PARA ISOLAMENTO/TRATAMENTO ACÚSTICO .....	34
<b>4.2.1 Vermiculita.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.2 Lã de rocha.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3 Lã de vidro .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.4 Espuma elastomérica .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.5 Fibra de coco .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.6 Cortiça .....</b>	<b>41</b>
<b>5 TÉCNICAS E MÉTODOS EMPREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO DA PAREDE E INSTRUMENTOS DE CAPTAÇÃO E MEDIDA.....</b>	<b>43</b>
5.1 NORMALIZAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO NO BRASIL .....	43
5.2 CONSTRUÇÃO DAS PAREDES .....	45
5.3 CAIXA ACÚSTICA .....	49
5.4 ENSAIO EMPÍRICO DAS PAREDES .....	51

5.5	DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS.....	53
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56
	REFERÊNCIAS .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a partir de meados do século XX os centros urbanos tiveram um aumento considerável em suas populações, motivado por diversos fatores, como a urbanização e a industrialização, tais fatores atraíram grande massa populacional para as cidades. Entendendo a cidade como um espaço dinâmico que está sob constante modificação em suas formas e paisagens que se alteram constantemente, a intervenção imobiliária possui um papel importante na contribuição dessas mudanças através do processo de adensamento vertical.

Como em nosso país muitas cidades formaram-se sem planejamento, a intensificação vertical não é decorrente somente da demanda por habitações, mas também por falta de espaço, mediante esse crescimento populacional urbano. Em um mesmo espaço territorial são construídas residências, hospitais, indústrias, escolas, rodovias, linhas férreas, aeroportos; as pessoas estão cada vez mais sujeitas a altos índices de ruídos.

Esses altos índices de ruídos a que as pessoas ficam expostas geram diversos efeitos indesejáveis, que podem ser de ordem fisiológica, como o aumento da pressão arterial e perda da audição; e de ordem psicológica, como perturbação do sono, stress, tensão, irritação, falta de concentração e baixo desempenho nas atividades realizadas (BISTAFA, 2011). É importante destacar que estes ruídos (som), transportam energia, sendo essa dissipada e absorvida pelas pessoas e pelos objetos.

Quando o som incide sobre uma superfície qualquer, uma parte da energia sonora é refletida, enquanto a outra parte, a qual é absorvida atrás da superfície, se compõe de duas parcelas: a energia sonora dissipada e a energia sonora transmitida pela parede.

Segundo a NBR 15575-1, (ABNT, 2013), a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes. E visando atender estes requisitos, a Engenharia Civil vem utilizando diversos materiais ditos absorventes acústicos, pois fazem uso da energia dissipada na sua estrutura para absorver o som, promovendo conforto acústico para usuário.

Dentre os principais materiais que têm essa característica de melhorar o conforto acústico diminuindo o ruído no interior dos ambientes podemos destacar: a lã de rocha, que é um material fibroso, e ainda incombustível; a lã de vidro, que também é um material fibroso, caracterizada por ter baixa condutibilidade térmica e alto índice de absorção acústica; a vermiculita, que é um mineral da família das micas, não tóxico, não comburente, não abrasivo,



inodoro, dentre outras características e a espuma elastomérica, que é um material poroso, composta do poliuretano poliéster, auto-extinguível, indicada para salas de som, reunião, estúdios, auditórios, sala de treinamento.

Neste sentido, o presente trabalho visa avaliar alguns destes materiais e verificar através de testes baseados na norma quais são os materiais mais eficientes na absorção e redução dos ruídos e no aumento do conforto acústico atendendo as necessidades básicas de casas e apartamentos com soluções simples. Um bom isolamento acústico possibilita maior conforto acústico aos ambientes internos, melhorando o conforto ambiental de edifícios.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O isolamento acústico de materiais é indispensável numa edificação para o conforto de seus usuários. A avaliação de diversos materiais, através de ensaios experimentais, poderá possibilitar a escolha de melhores opções no que diz respeito ao melhor isolante acústico, consequentemente a edificação a ser executada com o material escolhido para atender a todos os requisitos necessários para proporcionar o conforto acústico almejado.

Outro aspecto importante que justifica a iniciativa deste trabalho é a possibilidade de promover ensaios não destrutivos utilizando um medidor de pressão sonora (decibelímetro), que possibilita diversas formas de manuseio e coleta de dados.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a propagação de ruídos em paredes com diferentes revestimentos usando teste de cavidade de acústica.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre o tema;
- Construir uma caixa acústica para isolamento da parede;
- Fazer o teste e leitura dos sinais usando um decibelímetro;
- Comparar os resultados com a literatura.

### 1.3 METODOLOGIA

Na primeira etapa realizaram-se diversas pesquisas bibliográficas à Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), com os descritores: conforto acústico, som, ruído, revestimento de parede. A partir das pesquisas bibliográficas foi estabelecido o referencial teórico que serviria de base conceitual para as outras etapas. Na segunda etapa em conjunto com os alunos do 3º período de Engenharia Civil e orientados pelos professores Leandro e Agnaldo, projetaram-se cinco paredes de 1m<sup>2</sup> com diferentes revestimentos para serem construídas em uma área da Unievangélica. As paredes foram construídas com materiais adquiridos pelos alunos, do terceiro período de engenharia civil. Após a construção das paredes e aplicados os revestimentos construiu-se uma caixa acústica para os ensaios experimentais. Após esta etapa posicionou-se um emissor de som em frente a cada parede e do outro lado da parede posicionou-se um celular com um aplicativo para medir o nível de pressão sonora que conseguia atravessar as paredes. Finalmente os dados coletados foram trabalhados e analisado à luz da teoria física e das normas brasileiras, mostrando quais paredes tiveram melhor desempenho enquanto barreira acústica.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será desenvolvido em seis capítulos, estruturados da seguinte maneira:

O primeiro capítulo apresenta a introdução do assunto que servirá de tema para o desenvolvimento do trabalho, a justificativa para escolha do tema, os objetivos a serem alcançados e a metodologia utilizada para a realização do estudo, além da estruturação do trabalho.

O segundo capítulo diz respeito aos revestimentos argamassados, suas funções, características, aplicações referenciadas na literatura encontrada.

O terceiro capítulo expõe os fenômenos acústicos a que as edificações, como espaços construídos, são submetidas no dia a dia.

O capítulo quatro mostra a classificação dos diversos tipos de materiais quanto ao isolamento acústico, exemplificando e mostrando sua origem, suas características, aplicações e funções.

O capítulo cinco explana sobre as técnicas utilizadas para realização dos ensaios, desde a construção, revestimento das paredes até a confecção da caixa acústica, utilizando materiais alternativos, os ensaios nos diversos tipos de revestimentos, resultados e discussão e análise desses resultados.

Finalmente, o capítulo seis mostra as considerações finais do trabalho e a importância do que foi levantado no estudo.

## 2 REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

Revestimentos são fatores importantes para uma edificação ou obra de engenharia, pois têm funções que vão desde a proteção à alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade a água e aos gases, isolamento acústico, até funções de estética, já que os revestimentos se constituem no elemento de acabamento final das vedações.

Nos ensaios realizados neste trabalho as paredes foram revestidas com argamassa e por esta razão discutiremos a seguir sobre este tipo de revestimento.

### 2.1 ARGAMASSAS

Para Salgado (2009) todas as construções, sejam elas estruturais, como vigas, pilares e lajes etc., sejam elas de vedação, como exemplo as alvenarias, necessitam de um elemento que as proteja de agentes agressivos, como chuvas, ventos, incidência do sol, variação de temperatura e umidade, que ao longo do tempo provoquem danos à edificação, além de estanqueidade, a esse elemento dá-se o nome de revestimento.

Podem ser classificados em revestimento de parede, revestimento de piso e revestimento de teto ou forro ou ainda ser classificados segundo os materiais que os compõem em revestimentos não-argamassados e revestimentos argamassados. Neste trabalho foi dado enfoque nos revestimentos de parede argamassados.

Revestimentos argamassados são procedimentos tradicionais de aplicação de argamassas sobre as alvenarias e estruturas que visam regularizar e uniformizar as superfícies, corrigindo as irregularidades, prumos, alinhamento dos painéis e quando se trata de revestimentos externos, atuam como camada de proteção contra a infiltração de água de chuva, podendo também ser utilizadas como isolantes termoacústicos. O procedimento tradicional e técnico é constituído da execução de no mínimo três camadas superpostas, contínuas e uniformes: chapisco, emboço e reboco (DENGE,2002).

Argamassa é uma mistura homogênea contendo aglomerante (cimento ou cal), ou ambos, água, que são materiais ativos, e por materiais inertes de baixa granulometria, os agregados miúdos (areia), podendo ou não conter produtos especiais denominados aditivos.

Segundo Petrucci (1979), argamassas são materiais de construção formados por uma mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água em proporções pré-definidas, além de outros produtos que podem ser acrescentados, com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto.

Ainda segundo o autor, as argamassas podem ser classificadas de acordo com diversos critérios relativos aos seus componentes, sua função na obra, o seu aspecto, como é preparada etc, como mostrado no Quadro 1.

**Quadro 1 - Classificação das argamassas**

Parâmetro	Classificação	Situações
Tipo de aglomerante	Aérea	Quando em sua composição existe um ou mais tipos de aglomerantes aéreos.
	Hidráulica	Quando são utilizados um ou mais aglomerantes hidráulicos
	Mista	Quando são utilizados um aglomerante aéreo e outro hidráulico
Elementos Ativos	Simples	Quando possuem um elemento ativo
	Composta	Quando possuem mais de um elemento ativo
Dosagem	Pobre ou magra	Quando o volume de aglomerante não é suficiente para preencher os vazios dos agregados
	Cheia	Quando os vazios são perfeitamente preenchidos pela pasta, formando a dosagem ideal
	Rica ou gorda	Quando há excesso de pasta.
Consistência	Seca	Quando falta água na mistura
	Plástica	Quando a quantidade de água é suficiente para formar uma pasta moldável
	Fluida	Quando há excesso de água.
Densidade de massa		Leve
		Normal
		Pesada
Forma de preparo ou fornecimento		Preparada em obra
		Mistura semi-pronta para argamassa
		Industrializada
		Dosada em central

Fonte: RIBEIRO, 2011.

O revestimento usado atualmente na construção civil em paredes é o revestimento de argamassa mista com cimento, cal e areia, podendo conter também adições e aditivos. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002), os cimentos são classificados conforme as adições introduzidas junto com a moagem do clínquer, desta forma, conforme o tipo de material adicionado tem-se vários tipos de cimento Portland. As adições mais comuns são: a escória de alto forno, a pozolana e o “filler” calcário (calcário finamente moído). Suas nomenclaturas são:

- Cimento Portland Comum: CP I;

- Cimento Portland Composto: CP II (com adições de pozolana, escória de alto forno e filler);
- Cimento Portland de Alto Forno: CP III (com adição de escória de alto forno, apresentando baixo calor de hidratação);
- Cimento Portland Pozolânico – CP IV (com adição de pozolana, apresentando baixo calor de hidratação);
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V (com maiores proporções de silicato tricálcico, que lhe confere alta resistência inicial e alto calor de hidratação).

Segundo a mesma associação existem outros cimentos consumidos em menor escala.

Segundo Souza *et al.* (1996), conforme citado por Ferreira (2010), a escolha do tipo de cimento para cada uso depende das características desejadas em relação ao tempo de desforma, à cura do concreto ou argamassa e às necessidades de resistência mecânica e química. Para uso comum, inclusive na confecção de argamassas de revestimento, podem ser utilizados os cimentos CP I, CP II, CP III e CP IV. O cimento CP V não tem seu uso recomendado para a execução de argamassas, devendo-se evitar sua utilização em ambientes sujeitos ao ataque químico.

Para Guimarães (2002) a cal é um produto químico aglomerante derivado das rochas carbonatadas calco-magnesianas, composto de óxidos anidros de cálcio e, eventualmente, de magnésio.

Segundo Melo (2007, *apud* Ferreira, 2010), no estado fresco, podem-se destacar como propriedades das argamassas impactadas pela presença da cal, a plasticidade e a retenção da água. A plasticidade é obtida a partir do contato da água com as partículas da cal hidratada, as quais são muito finas e funcionam como lubrificante, reduzindo o atrito entre os grãos de areia presentes na argamassa, proporcionando maior trabalhabilidade e boa aderência. A segunda propriedade mencionada é obtida pela excelente capacidade que a cal possui de reter água em torno de suas partículas. Esta característica é importante no desempenho da argamassa, relativo ao sistema alvenaria/revestimento, por não permitir a absorção excessiva da água pela alvenaria.

Segundo Cardoso *et al.* (2009) as propriedades das argamassas de revestimento são determinadas, principalmente, pelas características das matérias-primas (agregados e finos) e o proporcionamento das mesmas na formulação. A mineralogia dos agregados e a composição química dos finos reativos (ligantes) são fatores determinantes nas propriedades mecânicas do revestimento, sendo que a última ainda tem papel fundamental na cinética de consolidação do material.

Porém Carasek (2007) alerta sobre as patologias provocadas pela água de amassamento que é um dos principais problemas e que está relacionado à presença de sais solúveis, que poderão gerar as eflorescências nos revestimentos e também acelerar a pega da argamassa. A presença de matéria orgânica pode retardar a pega e o endurecimento da argamassa. Desta forma, não se pode empregar água do mar e outras águas com alto teor de sais solúveis e outras substâncias nocivas. A água a ser utilizada no amassamento deve ser potável da rede pública de abastecimento ou no caso da necessidade de utilização de água não tratada, devem ser realizados testes para verificar a sua qualidade.

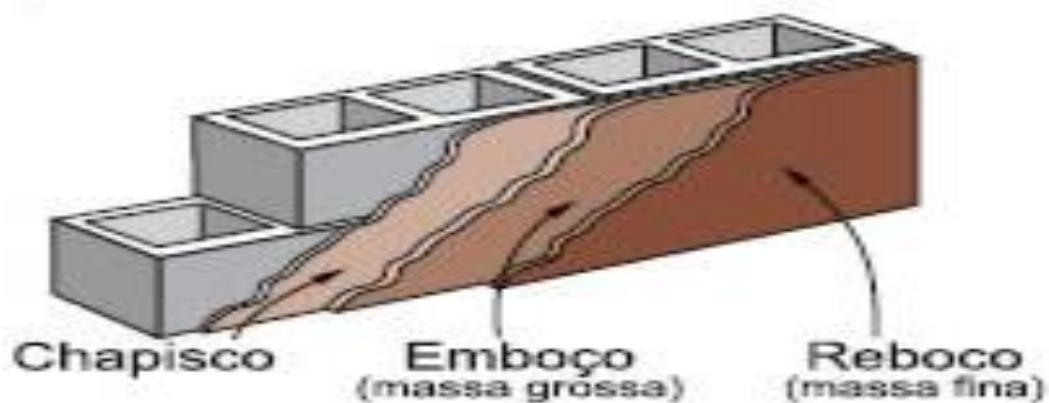
O revestimento de argamassa pode ser composto por camadas sobrepostas uma sobre a outra, cada uma tendo uma composição e exercendo uma função específica.

De acordo com Ribeiro, Pinto, Starling (2011), o revestimento de argamassas pode ser constituído por várias camadas com funções e características específicas:

- Chapisco: camada de preparo da base, com função de uniformizar a superfície quanto a absorção e melhorar a aderência do revestimento, com textura áspera e irregular;
- Emboço: camada executada para cobrir e regularizar a base, permitindo uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou revestimento decorativo, com textura superficial áspera e regular;
- Reboco: camada utilizada para cobrimento do emboço, permitindo à superfície receber o revestimento decorativo (por exemplo, uma pintura qualquer), tem textura suave e regular.

A Figura 1 apresenta o correto revestimento como citado nos tópicos anteriores.

**Figura 1 - Esquema de aplicação das camadas do revestimento de argamassa**



Ainda segundo os mesmos autores, as principais características das argamassas são a trabalhabilidade, resistência, aderência e durabilidade e variam em função da composição da mistura. Além das propriedades citadas acima o revestimento com argamassa possui propriedades acústicas minimizando os sons incidentes entre ambientes internos e os provenientes do meio externo para as edificações.

Neste sentido, a compreensão sobre as ondas sonoras, sua propagação, absorção e reflexão são importantes para a fundamentação teórica desta investigação, por esta razão faz-se necessário discutir e conceituar os parâmetros físicos que explicam os fenômenos ondulatórios.



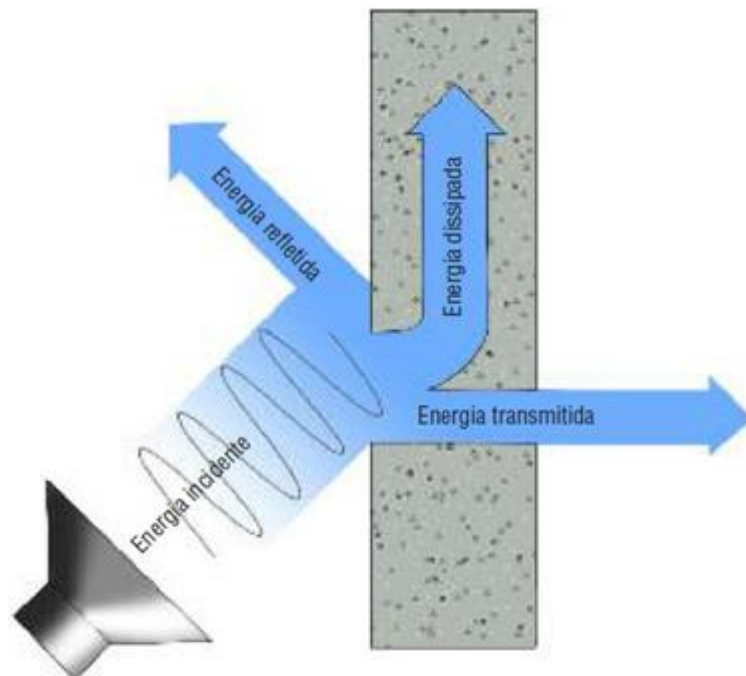
### 3 FENÔMENOS ACÚSTICOS EM ESPAÇOS CONSTRUÍDOS

O som é uma perturbação causada no meio elástico produzindo uma sensação no sistema auditivo e seus efeitos sonoros são relacionados diretamente com as vibrações dos corpos materiais. Quando falamos que há uma vibração das cordas vocais, ou um violão quando tem suas cordas tocadas, ou mesmo carros ou caminhões trafegando em vias públicas também causam perturbações no ar gerando som, que também pode ser entendido como ruído.

Os sons são perturbações que se propagam em meios materiais sólidos, líquidos ou gasosos, as ondas se propagam em diversas frequências, o ouvido humano é sensibilizado com frequências compreendidas entre 20Hz a 20000Hz. Ou seja, o ser humano só consegue perceber sons que estejam nesta faixa de frequência. A influência do ambiente na percepção de sons é basicamente função das múltiplas reflexões sonoras que por vias indiretas atingem o observador a partir da fonte sonora. (BISTAFA, 2011).

Quando uma onda sonora incide sobre uma parede podem ocorrer três fenômenos distintos, parte da energia é refletida, outra parte absorvida e ou dissipada e por fim, outra parte é transmitida, como mostra o esquema a seguir (Figura 02).

**Figura 2 - Energia incidente sobre parede**

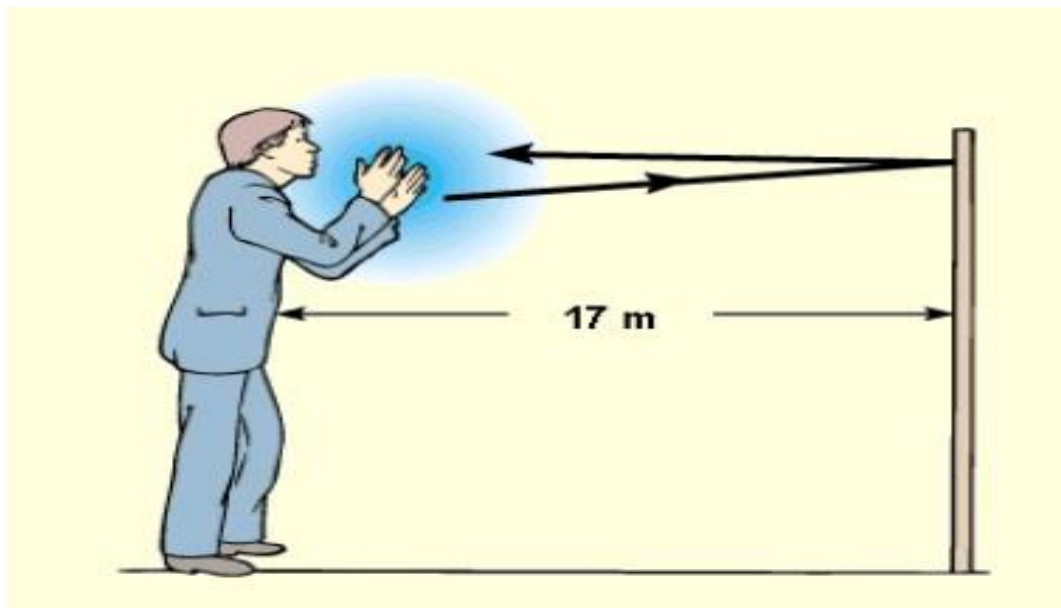


Fonte: Blog artesana, 2017.

Quando uma onda sonora é incidida sobre uma superfície sólida como, por exemplo, uma parede (Figura 2), parte dessa energia incidente é refletida de volta para o meio de onde

saiu, mudando sua direção, a este fenômeno denominamos reflexão. Essa reflexão pode provocar dois fenômenos: o eco e a reverberação. Segundo Costa (2003, p.43), “eco é o fenômeno pelo qual o som refletido ocasiona uma outra sensação auditiva em nosso ouvido”. Isso ocorre porque o ouvido humano só é capaz de identificar sons com um intervalo de tempo de 0,1s e como a velocidade do som no ar é aproximadamente 340 m/s são necessários 17m para que o fenômeno do eco seja percebido pelo ouvido como mostra a Figura 3.

**Figura 3 - Eco**



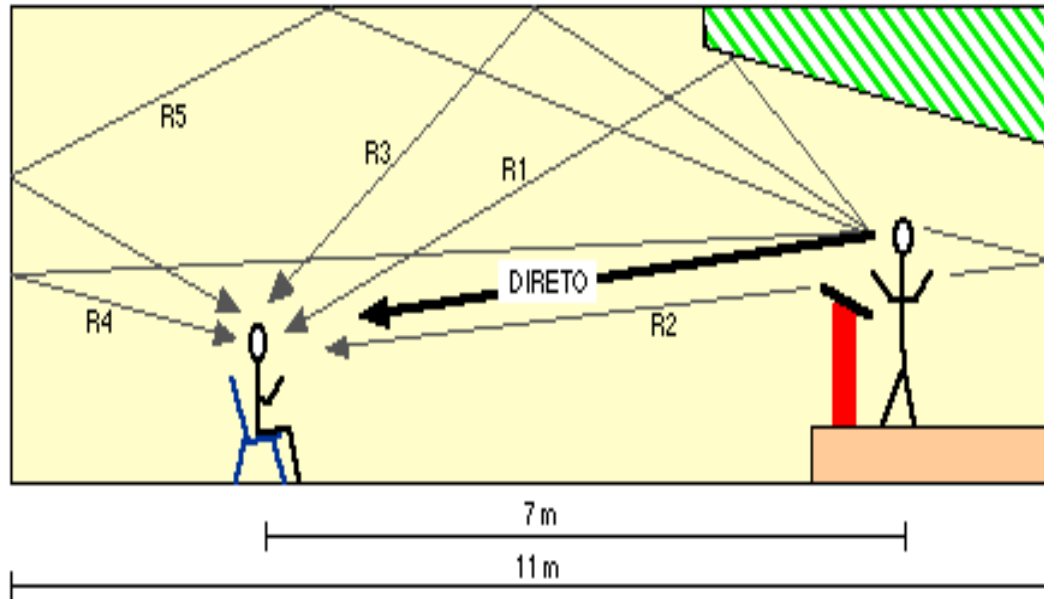
Fonte: Enxergando a engenharia mecânica, 2017.

Já a reverberação acontece quando o som é refletido em múltiplas direções por uma superfície lisa, reforçando o som e prolongando-o por algum tempo após cessar o som original, prolongando a sensação auditiva.

É importante ressaltar que “uma reverberação excessiva ocasiona confusão e ininteligibilidade, enquanto uma reverberação escassa torna o ambiente surdo, e o nível sonoro decresce muito rapidamente ao afastar-nos da fonte” (COSTA, 2003, p.44).

Na Figura 4 está representado a reverberação como citado no parágrafo anterior.

**Figura 4 - Reverberação**



Fonte: Amplitude acústica, 2017.

Quando um determinado som é executado dentro de um ambiente, parte da energia sonora é absorvida e dissipada em forma de calor e vibração das moléculas de ar presentes no ambiente e as moléculas das paredes, teto e solo. Por outro lado, a transmissão do som ocorre quando uma onda sonora ao incidir sobre uma parede faz essa vibrar transformando-a em uma fonte geradora de som, com esse fato o som é transmitido para o outro lado da parede. É por isso que o tipo de revestimento utilizado na parede é tão importante pois o revestimento acústico possui a finalidade de corrigir esses fatores decorrentes da reflexão do som, atenuando o desconforto acústico.

Apesar de ser normatizado o procedimento para a construção de paredes, teto e solo para um conforto acústico é sempre um grande desafio tentar diminuir ao máximo a influência de um som externo à residência ao mesmo tempo em que não permite que o som interno produzido no interior da moradia seja transferido para sua vizinhança. Outros fatores além de normas construtivas como a Lei Orgânica do Município e o comportamento das pessoas também influenciam no resultado destas ações.

### 3.1 REVESTIMENTO ACÚSTICO

Nas últimas décadas houve e ainda há um grande crescimento populacional nas médias e grandes cidades, juntamente com o avanço do setor industrial e de vários outros setores da economia, elevando assim a poluição sonora destas regiões, gerando um alto desconforto acústico de forma geral.

Novos elementos e métodos construtivos têm surgido, cada vez mais esbeltos, causando considerável perda de isolamento. Isso reafirma a necessidade do desenvolvimento e da realização de estudos acústicos relacionados a esses novos elementos e métodos, garantindo, dessa forma, um maior conforto para o ser humano (NETO, 2006, p. 37).

Afim de atenuar esse desconforto acústico devemos observar dois critérios importantes, o tratamento acústico e o isolamento acústico tratados pela NBR 12.179 (ABNT, 1992), tratamento acústico em recintos fechados, no qual explica que o tratamento acústico é “[...] o processo pelo qual se procura dar a um recinto, pela finalidade a que se destina, condições que permitam boa audição às pessoas nele presentes”, (BRASIL, 1992, p.1).

E o isolamento acústico retrata a necessidade de se construir barreiras nas quais bloquearão o som indesejado, de tal forma que o impedirá de entrar e ou até mesmo sair de um ambiente. A NBR 12.179 (ABNT, 1992), que fala sobre tratamento acústico em recintos fechados, afirma que, “[...] isolamento acústico compreende a proteção contra ruídos aéreos e ruídos de impactos”, (BRASIL, 1992, p.2).

Estes dois requisitos estão descritos no conjunto das Normas de desempenho acústico NBR 15.575 (ABNT, 2013), na qual estabelece critérios mínimos para o nível de desempenho de cada sistema, dividindo esse sistema em três categorias como: Mínimo (M), intermediário (I), Superior (S). Onde estabelece critérios para nível ponderado de ruído aéreo em vedação externa e de cobertura conforme quadros 2, 3 e 4 descritos a seguir.

**Quadro 2 - Critério de nível ponderado de vedação externa, D2m,nT,w**

Classe de ruído	Localização da habitação	D2m,nT,w [dB]	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	$\geq 20$	M
		$\geq 25$	I
		$\geq 30$	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 20$	M
		$\geq 25$	I
		$\geq 30$	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	$\geq 30$	M
		$\geq 35$	I
		$\geq 40$	S

Fonte: NBR 15575 – 4 (ABNT 2013) adaptado.

**Quadro 3 - Níveis de desempenho de vedação entre ambientes**

Elemento	DnT,w [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	$\geq 55$	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	$\geq 40$	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (DnT,w obtida entre as unidades)	40 a 44	M
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S

Fonte: NBR 15575 – 4 (ABNT 2013) adaptado.

**Quadro 4 - Critérios de desempenho para níveis de ruído de impacto**

Elemento	$L_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, sem tratamento acústico	< 80	M
Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, com tratamento acústico	55 a 65	I
	< 55	S

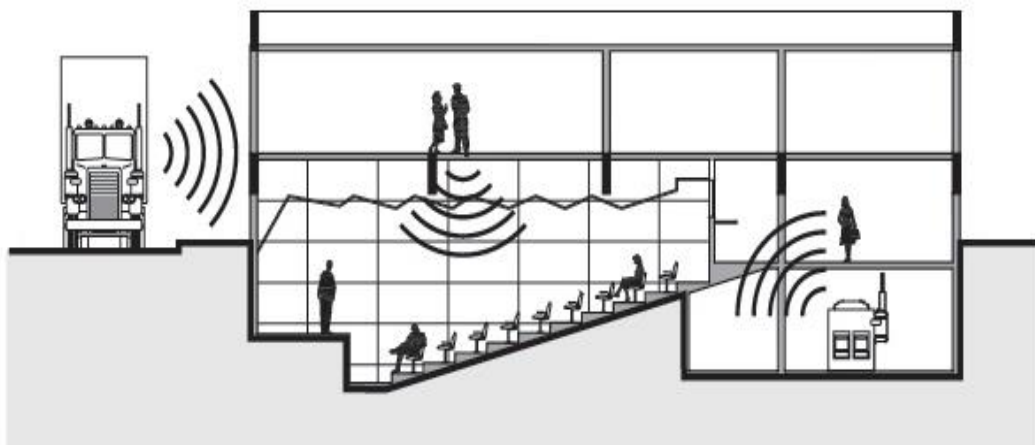
Fonte: NBR 15575 – 3 (ABNT 2013) adaptado.

Baseado nos critérios do conjunto das Normas NBR 15.575 (ABNT, 2013) e NBR 12.179 (ABNT, 1992), podemos exemplificar os critérios de ruído aéreo e ruído de impacto.

### 3.1.1 Ruído aéreo

Podemos considerar como ruídos aéreos aqueles que são transmitidos através do ar, proveniente de um insuficiente isolamento acústico entre dois locais. Exemplo: vozes, trânsito, alto – falante, conforme a NBR 12179 (ABNT, 1992).

A Figura 05 nos mostra como pode ocorrer a transmissão de um ruído aéreo entre paredes.

**Figura 5 - Ruído aéreo entre paredes**

Fonte: Arch-tec, 2017.

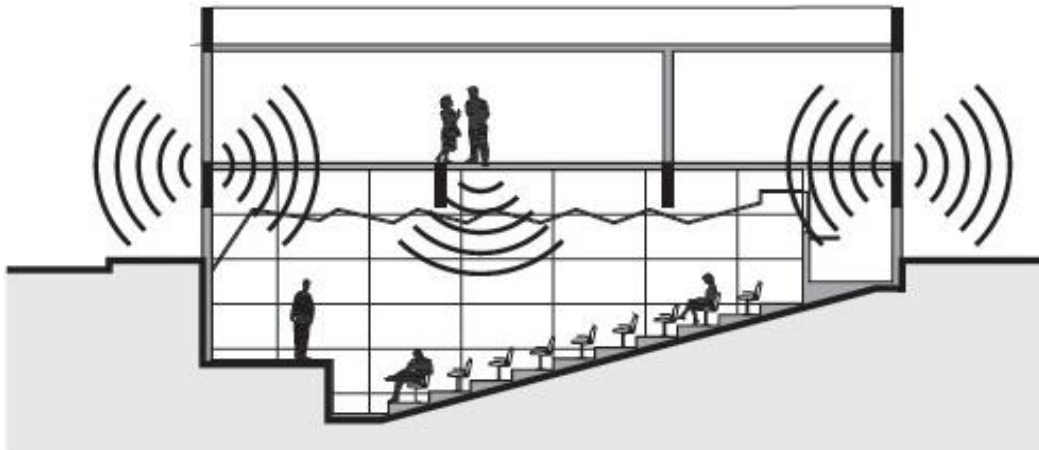
### 3.1.2 Ruído de impacto

O ruído de impacto é transmitido através de via estrutural no qual produz uma vibração na estrutura sólida e por sua vez transmitido através do ar. Exemplo: passos do apartamento

superior, casa de máquina de elevador mal ancorado na estrutura do edifício, queda de objetos, NBR12179 (ABNT, 1992).

A figura 06 nos ilustra muito bem o ruído de impacto.

**Figura 6 - Ruído de impacto**



Fonte: Arch-tec, 2017.

### 3.2 CONFORTO ACÚSTICO

Para a melhor escolha do tipo correto de revestimento acústico a ser utilizado em uma parede para que esse revestimento venha ter o efeito desejado no conforto acústico, devemos levar em conta que; todos os tipos de paredes dispõem-se de um grau de isolamento acústico, de tal modo que a melhor solução a ser escolhida esteja em conformidade com a estrutura, para que o desempenho acústico e que de fato seja eficiente, propiciando um ambiente confortável e bem-estar.

Segundo Catai, Penteado e Dalbello (2006, p.3), “forros, e paredes recheadas com lã mineral, como lã de rocha e lã vidro, podem corrigir o tempo de reverberação do som”. Para tanto; cuidados devem ser tomados quanto ao índice de absorção acústica, pois, retirando totalmente a reverberação de um ambiente pode-se prejudicar a compreensão da fala neste ambiente, pois fisicamente o som que ouvimos em parte vem das reflexões sucessivas, ou seja, da reverberação gerada pelo ambiente. Em uma situação de total absorção o som emitido, por exemplo por uma pessoa, se dissiparia e não ocorreria a reverberação.

## 4 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE MATERIAIS QUANTO AO ISOLAMENTO ACÚSTICO

Como foi discutido anteriormente, para se ter um revestimento acústico de qualidade deve-se fazer a escolha correta dos materiais a serem utilizados, isso se dá inicialmente com a classificação dos materiais para isolamento/tratamento acústico, onde estes materiais podem ser classificados inicialmente em convencionais e não convencionais.

### 4.1 MATERIAIS CONVENCIONAIS PARA ISOLAMENTO/TRATAMENTO ACÚSTICO

Os materiais convencionais são aqueles empregados na vedação, de uso comum inserido na construção civil, possuem níveis razoáveis de isolamento acústico, mas não garantem diminuição suficiente dos ruídos. Exemplificando alguns dos materiais convencionais de uso comum pode-se citar: blocos de concreto, blocos cerâmicos.

Blocos de concreto são blocos fabricados com cimento *portland*, agregados graúdos e miúdos, de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2007), que nos diz que “os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto, [...]” NBR 6136, (ABNT, 2007, p.3), afim de evitar que os blocos apresentem trincas, fraturas ou qualquer outro defeito que possa comprometer sua resistência e durabilidade da construção, os blocos de concreto são utilizado com finalidade estrutural ou apenas como vedação, seguindo as orientações da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) – Edificações habitacionais – Desempenho parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.

Podemos ver nas Figuras 7 e 8, blocos de concreto utilizados para finalidade simplesmente de vedação e com finalidade estrutural.



**Figura 7 - Bloco de concreto com finalidade de vedação**



Fonte: Pini, 2017.

**Figura 8 - Blocos de concreto com finalidade estrutural**



Fonte: Portal prisma, 2017.

O bloco cerâmico para vedação são componentes vazados com furos na horizontal, com a função de resistir o peso próprio da alvenaria e pequenas cargas de ocupação como; pia, armários. E obedece ao disposto pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005): Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos.

Na Figura 9 podemos ver um exemplo de bloco cerâmico de vedação e na Figura 10 um edifício com bloco cerâmico de vedação.

**Figura 9 - Bloco cerâmico de vedação**



Fonte: Cerâmica São João itú, 2017.

**Figura 10 - Bloco cerâmico com finalidade de vedação**



Fonte: Cerâmica Simonetto, 2017.

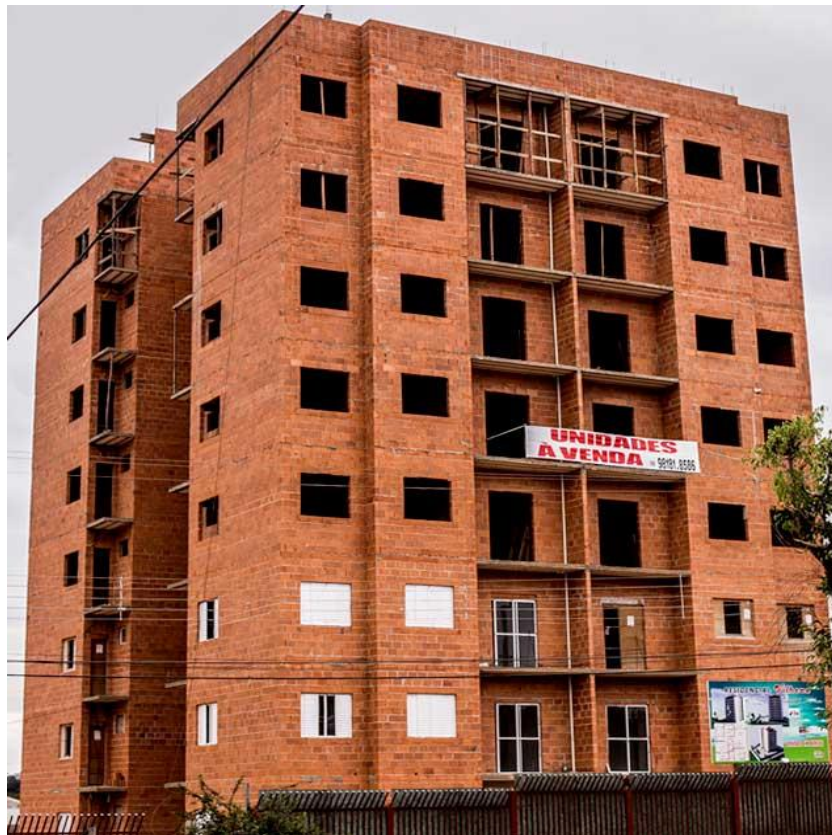
Já o bloco cerâmico para alvenaria estrutural possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida. NBR 15270-2 (ABNT, 2005): Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Conforme podemos verificar nas Figuras 11 e 12.

**Figura 11 - Bloco cerâmico estrutural**



Fonte: Aecweb, 2017.

**Figura 12 - Edificação construída com bloco cerâmico estrutural**



Fonte: Cerâmica formigari, 2017.

Além destes materiais existem outros que também são utilizados, porém com objetivo de isolamento acústico e não estrutural, conforme discutiremos a seguir.

## 4.2 MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS PARA ISOLAMENTO/TRATAMENTO ACÚSTICO

São materiais fabricados especialmente com a função de isolar acusticamente vários ambientes, em sua maioria são bons isolantes térmicos também. Neste sentido se discutirá a constituição e propriedades de alguns destes materiais: vermiculita, lã de rocha, lã de vidro, espuma elastomérica, fibra de coco e cortiça.

### 4.2.1 Vermiculita

“Vermiculita é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro, com uma estrutura de micáceo-lamelar e clivagem basal”, Ugarte, Sampaio e França (2005, p. 677).

Sua particularidade é que quando aquecido a 800–1000 graus expande-se abruptamente na direção axial aumentando seu volume em até 20 vezes, devido a vaporização das moléculas de água que se encontram entre as camadas. Esse fenômeno é chamado de exfoliação e faz com que a vermiculita expandida tenha uma baixa densidade (entre 0,15 g/cm<sup>3</sup> e 0,25 g/cm<sup>3</sup>), [...]. A vermiculita é comercializada sempre na sua forma expandida, possuindo inúmeras aplicações (OLIVEIRA, 2004, p, 1).

A vermiculita é aplicada na construção civil como: isolamento termo-acústico em paredes, divisórias, forros, lajes, enchimento de pisos, etc. Sua aplicação com o objetivo térmico – acústico é feito através de reboco, graças a sua baixa condutividade térmica.

Principais características:

- Baixa condutividade acústica e densidade, até 62% de redução de ruídos.
- Baixa condutividade térmica.
- Atóxica
- Praticamente incombustível.

Nas Figuras 13 e 14 abaixo pode-se ver a vermiculita mineral antes e após a expansão.

**Figura 13 - Vermiculita fina mineral antes da expansão**



Fonte: Refratil, 2017.

Na Figura 14 é apresentada a foto da Vermiculita expandida.

**Figura 14 - Vermiculita expandida**



Fonte: Jack molduras em eps, 2017.

Existe também o tijolo de vermiculita expandida que possui propriedade de isolamento acústico (Figura 15).

**Figura 15 - Tijolo isolante de vermiculita expandida**



Fonte: Petitspaves, 2017.

#### **4.2.2 Lã de rocha**

A lã de rocha é confeccionada a partir de rochas basálticas e outros minerais, quando aquecidos próximo a 1500°C são transformados em filamentos por centrifugação. Suas finas fibras aglomeradas com resinas especiais e aditivos garantem espessuras controladas e propriedades de repelir a água e poeira, tendo-se um produto final em placas, tubos, rolos, painéis (SANTANA, 2011).

Por ter estrutura fibrosa, a lã de rocha possui elevados índices de absorção acústica, reduzindo ruídos através do tratamento acústico de ambientes, ou no auxílio a redução de transmissão de som entre ambientes.

Principais características:

- Boa resistência.
- Bom isolamento acústico
- Não poluente
- Facilidade de manuseio
- Resistente a vibrações
- Resistente ao fogo, acima de 200°C

A aplicação da lã de rocha pode ser feita em: divisórias, forro, duto de ar condicionado, em alvenaria. Vê-se alguns modelos de lã de rocha nas Figura 16 e 17 abaixo.

**Figura 16 - Lã de rocha em rolo**



Fonte: Isoline, 2017.

**Figura 17 - Lã de rocha: resistência ao fogo acima de 200 graus Celsius**



Fonte: Isoline, 2017.

### **4.2.3 Lã de vidro**

A lã de vidro por ser um material fibroso, fabricado com fibras de vidro e resinas e por seu surpreendente desempenho térmico – acústico é utilizado mundialmente na construção civil. A lã de vidro confere excepcionais índices de isolamento térmica e absorção sonora, uma onda sonora ao entrar em contato a lã de vidro é absorvida com facilidade, devido à porosidade da lã (REFRATIL, 2017)

Principais características da lã de vidro:

- É leve, de fácil manuseio e de corte.
- Resistente ao fogo.
- Evita a propagação de chamas.
- Possui excelente absorção acústica.
- Ótimo isolante térmico.
- Não absorvem umidade e não causam danos as estruturas.

Vê-se algumas aplicabilidades da lã de vidro nas Figuras 18 e 19.

**Figura 18 - Lã de vidro em drywall**



Fonte: Fotos habitissimo, 2017.



**Figura 19 - Lã de vidro entre alvenaria de vedação**



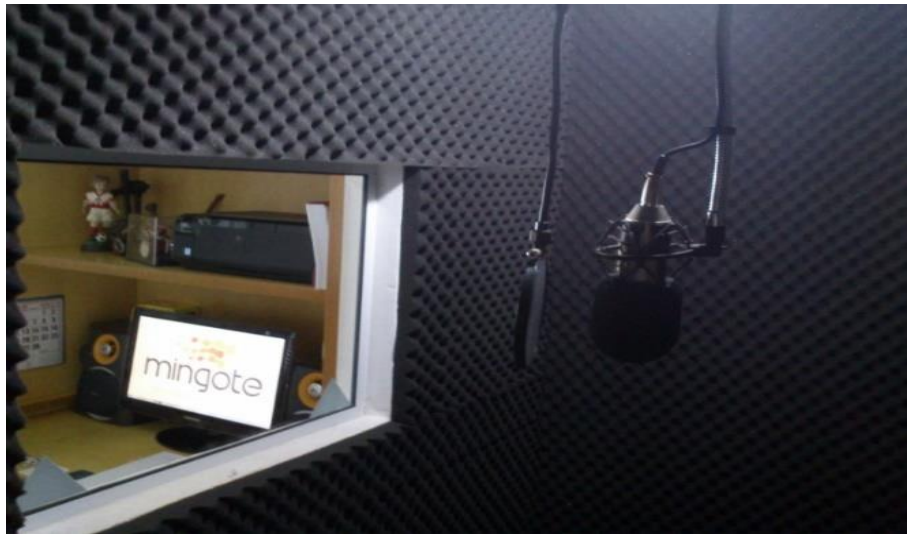
Fonte: Pro acústica, 2017.

#### **4.2.4 Espuma elastomérica**

Fabricada a base de poliuretano poliéster flexível auto extingüível, utilizada em ambientes que necessitam absorção sonora controlando a reverberação.

Conforme o site da empresa Amplitude Acústica (2017), a espuma elastomérica por ser um material de fácil aplicação, não exige nenhum tipo de preparo especial em teto ou paredes, caracterizando-se no próprio acabamento final. Portanto é indicada para acústicas em escritórios, estúdio de locução, call-center, auditórios, salas de treinamento, salas de som, igreja. Este material é fornecido no mercado em forma de placas de diversas espessuras e dimensões. A Figura 20, mostra espuma elastomérica em estúdio.

**Figura 20 - Estúdio isolado com espuma elastomérica**



Fonte: Mingote comunicação, 2017.

#### 4.2.5 Fibra de coco

A fibra de coco é uma alternativa que atende aos requisitos da sustentabilidade, pois pode diminuir a produção de resíduos sólidos limitando impactos no meio ambiente. O cultivo do coqueiro é fácil e produz por longo período. “O fruto do coqueiro, o coco, é constituído por uma parte externa lisa, o exocarpo; por uma parte fibrosa e espessa que constitui o mesocarpo; e pelo endocarpo, uma casca duríssima e lenhosa. Todas essas partes envolvem a amêndoa” (SENHORAS, 2003, p.14).

A Figura 21, mostra em detalhes as composições do coco.



Fonte: Óleo de Côco, 2017.

As fibras utilizadas para a constituição de materiais para a construção civil são retiradas do Mesocarpo, conforme mostra a Figura 22, aonde tem-se uma fibra de coco já trabalhada para ser utilizada na construção civil.

**Figura 22 - Fibra de coco**



Fonte: Coquim, 2017.

A Fibra de coco associado a aglomerado de cortiça expandido denota um notável resultado na absorção de ondas de baixa frequência, dificilmente alcançados por outros materiais. Por ser um material de grande resistência e durabilidade, versátil atende as exigências do mercado, na utilização térmico – acústico (SENHORAS, 2003)

#### **4.2.6 Cortiça**

A cortiça é a casca do sobreiro, é um tecido vegetal 100% natural e é constituída por uma colmeia de células microscópicas que têm um gás idêntico ao ar e revestidas sobretudo por suberina e lenhina. (APCOR, 2017)

A cortiça por ser um produto leve, impermeável possui sua aplicação em várias áreas industriais, como por exemplo, na fabricação de rolhas, na indústria textil, indústria de calçados, na indústria da construção civil. Segundo o site Cortiarte (2017), especializado no tratamento e utilização da cortiça, o sobreiro é uma árvore que cresce predominantemente em Portugal,

Espanha e norte da África. A cortiça é um material totalmente reciclável, o que atende também às expectativas da sustentabilidade.

Na Figura 23 mostra a retirada da casca de um sobreiro.

**Figura 23 - Sobreiro**



Fonte: Cortiarte., 2017.

O granulado de cortiça expandida é um material leve com propriedades de isolamento acústico, podendo ser utilizado em contrapiso e paredes como mostra a Figura 24.

**Figura 24 – Granulado de Cortiça Expandida**



Fonte: Archiexpo, 2017. .

## 5 TÉCNICAS E MÉTODOS EMPREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO DA PAREDE E INSTRUMENTOS DE CAPTAÇÃO E MEDIDA

Para se discutir sobre os métodos e técnicas empregadas para a os ensaios realizados neste trabalho torna-se importante delimitar a partir das normas técnicas brasileiras os limites de nível sonoro para o conforto acústico. Neste sentido na primeira parte deste capítulo apresentaremos as normas de desempenho sobre desempenho acústico e posteriormente se discutirá os métodos e técnicas empregadas para o ensaio realizado.

### 5.1 NORMALIZAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO NO BRASIL

No Brasil o conforto acústico em ambientes, possui suas normas para especificação dos métodos de avaliação e exigências de níveis de ruídos estabelecidas pelas seguintes normas, NBR 10151 (ABNT, 2000) – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, NBR 10152 (ABNT, 1987) – Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento e NBR 12179 (ABNT, 1992) – Tratamento acústico em recintos fechados.

A NBR 10151 (ABNT, 2000, p.1) possui o objetivo de estabelecer “[...] condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações”.

A norma estabelece um método para avaliação acústica, onde fixa um nível máximo de ruído permitido, definindo assim os níveis de pressão sonora em decibéis - dB(A), para áreas existentes em um município, limitando o horário para período diurno e noturno, conforme Quadro 5. (ABNT, 2000, p.3).

**Quadro 5 - Nível de critério de avaliação sonora em dB(A) permitido pala NBR 10151**

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

Fonte: NBR 10151 (ABNT 2000) adaptado.

Por outro lado, a NBR 10152 (ABNT, 1987, p.1) “[...] fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos”. Os níveis sonoros são os limites máximos estabelecidos pela norma, conforme tabela 1 da NBR 10152 (ABNT, 1987, p.1).

**Tabela 1 - Valores Db(A) e NC**

LOCAIS	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos	35-45	30-40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50	35-45
serviços	45-55	40-50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35-45	30-40
Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
Circulação	45-55	40-50
Hotéis		
Apartamentos	35-45	30-40
Restaurantes, Salas de Estar	40-50	35-45
Portaria, Recepção, Circulação	45-55	40-50
Residências		
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30-40	25-30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes	40-50	35-45
Escritórios		
Sala de reunião	30-40	25-35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
Salas de computadores	45-65	40-60
Salas de mecanográfica	50-60	45-55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40-50	35-45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados pra espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: NBR 10152 (ABNT 2000) adaptado.

Enquanto que a NBR 12179 (ABNT, 1992, p.1) “fixa os critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados”. E com base nas três normas o projetista terá parâmetros para elaboração de um projeto para isolamento e tratamento acústico de ambientes.

No próximo capítulo serão discutidos os métodos e técnicas a serem aplicados para mensurar o som absorvido pelas paredes construídas pelos alunos de Engenharia Civil.

## 5.2 CONSTRUÇÃO DAS PAREDES

Para o ensaio experimental foram construídas um total de cinco paredes das quais, quatro paredes foram construídas com as dimensões acabadas de 1 metro de comprimento, 1 metro de altura e 13 centímetros de espessura e uma parede com as dimensões de 1 metro de comprimento, 1 metro de altura e 30 centímetros de espessura.

Na construção das paredes foram assentados blocos cerâmicos de 9x14x24 apumados, assentados com argamassa de traço 1:3 (cimento, areia), sobre superfície lisa, sem desvio de nível, como mostram as figuras 25,26 e 27.

**Figura 25 – Construção das paredes**



Fonte: Autores

**Figura 26 – Paredes sendo levantadas**

Fonte: Autores

**Figura 27 – Parede dupla**

Fonte: Autores

Uma parede foi revestida com argamassa mista de cimento, areia e cal em seu traço, tendo assim um traço de 1:1:3, uma parede foram assentados blocos cerâmicos paralelos com lã de vidro entre elas de espessura de quatro centímetros, e em três paredes foram adicionados



ao traço materiais alternativos para ser comprovado a sua eficácia ou não no que tange o isolamento acústico, desse modo a argamassa passou a ter o traço 1:1:3:1, sendo esses materias:

- Cortiça
- Pérolas de poliestireno expandido (EPS)
- Vermiculita.

As Figuras 28 a 32 mostram as paredes revestidas com os materias citados:

**Figura 28 – Parede revestida de argamassa simples**



Fonte: Autores

**Figura 29 – Parede dupla com lã de vidro**



Fonte: Autores

**Figura 30 – Parede revestida com cortiça**



Fonte: Autores

**Figura 31 – Parede revestida com pérolas de poliestireno expandido**



Fonte: Autores

**Figura 32 – Parede revestida com vermiculita**



Fonte: Autores

Todas as paredes foram revestidas com argamassa com espessura de 20mm em cada lado, de acordo com a NBR 13749 (ABNT, 1996) – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação, a espessura admissível para revestimento externo é de 20mm até 30mm.

Após a etapa de construção das paredes foi construída a caixa acústica.

### 5.3 CAIXA ACÚSTICA

Foi confeccionada uma caixa acústica, com as seguintes dimensões em metros: 1,10 x 1,10 x 1,50, de MDF crú, de 12 mm de espessura, tendo o seu interior revestido de cartelas de embalagens de ovos, sendo um material alternativo substituto da espuma elastomérica, cujo custo é muito elevado (55 reais o metro de espuma) tendo a função de impedir que sons externos penetrem na caixa e influam no resultado dos testes.

As Figuras 33 e 34 mostram as etapas construtivas da caixa sendo confeccionada.

**Figura 33 – Construção da caixa acústica**



Fonte: Autores

**Figura 34 – Caixa acústica terminada**



Fonte: Autores

A caixa acústica tem como objetivo isolar os equipamentos do som externo e criar um ambiente propício para o ensaio utilizando a parede como barreira acústica.

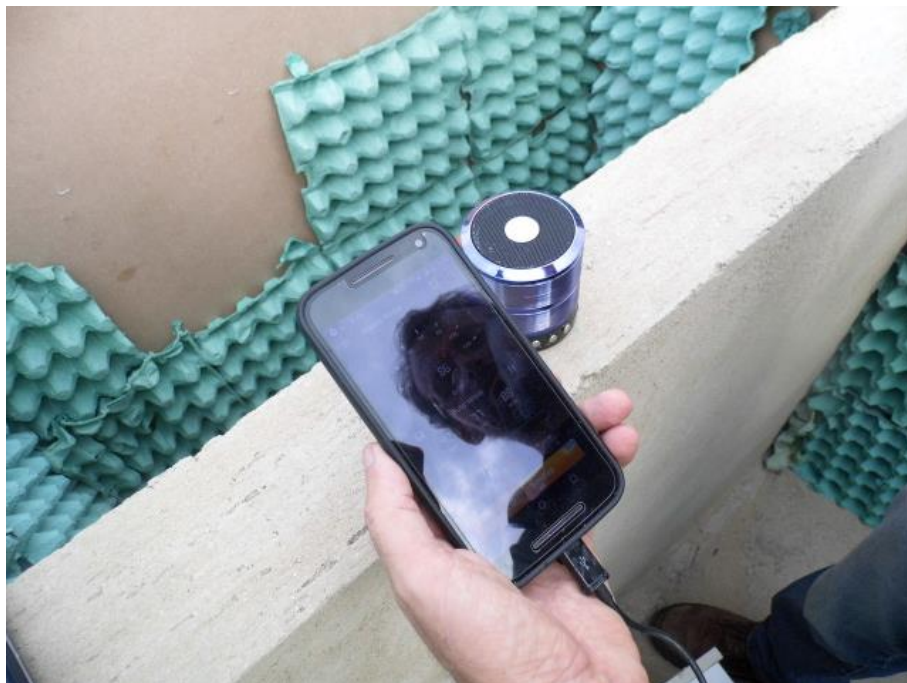
#### 5.4 ENSAIO EMPÍRICO DAS PAREDES

Para a realização dos ensaios acústicos foram utilizados para emissão do ruído uma caixa de som portátil, de potência média (RMS) de 10 W, cujo som emitido foi o de um ruído aéreo gravado de uma lixadeira. Para a captação e medição do nível de pressão sonora dB (A), foi utilizado o aplicativo Sound Meter, um medidor de pressão sonora (decibelímetro) para aparelho móvel.

O local usado para o ensaio é um ambiente industrial próximo a uma avenida principal da cidade com várias interferências sonoras nas quais podem influenciar nos resultados obtidos.

A caixa acústica confeccionada não foi suficiente para eliminar o ruído externo por completo, entretanto ela ajudou a abafar uma parte do ruído, para verificar a passagem de som dentro da caixa, através da parede, porém esse estudo não reflete a realidade devido os materiais usados para a construção da caixa. Inicialmente foi medido o ruído em condições externas como recomenda a NBR 10151 (ABNT, 2000) e obteve-se um nível de pressão sonora de 85dB, como mostram as Figuras 35 e 36:

**Figura 35 – Medição do nível de pressão sonora externo à caixa**



Fonte: Autores

**Figura 36 – Medição do nível de pressão sonora externo à caixa**



Fonte: Autores

Após a medição do nível de pressão sonora externo, iniciou-se a medição das paredes no interior da caixa acústica para verificar a sua eficiência acústica com relação ao valor obtido na medição externa, na Figura 37 pode ser vista a preparação da caixa acústica para a realização dos ensaios.

**Figura 37 – Preparação da caixa acústica nas paredes**



Fonte: Autores

## 5.5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS

A partir do exposto realizou-se a medição do nível sonoro em cada parede, cujos resultados foram apresentados nos quadros 6 e 7 a seguir:

**Quadro 6 - Nível Sonoro Captado Através das Paredes**

<b>Tipo de parede</b>	<b>Nível Sonoro Captado em dB</b>	<b>Nível Sonoro Externo em dB</b>
Parede Revestida com argamassa convencional sem adições	78	85
Paredes paralelas preenchidas com lã de vidro revestidas com argamassa convencional, sem adições	73	
Parede revestida com argamassa adicionada vermiculita a seu traço	75	
Parede revestida com argamassa adicionado EPS a seu traço	75	
Parede revestida com argamassa contendo cortiça adicionada ao traço	75	

Fonte: Autores

**Quadro 7 – Redução do Nível Sonoro em Cada Parede**

<b>Tipo de parede</b>	<b>Nível Sonoro Captado em dB</b>	<b>Nível Sonoro Externo em dB</b>	<b>Redução do Nível Sonoro (%)</b>
Parede Revestida com argamassa convencional sem adições	78	85	8
Paredes paralelas preenchidas com lã de vidro revestidas com argamassa convencional, sem adições	73	85	14
Parede revestida com argamassa adicionada vermiculita a seu traço	75	85	11
Parede revestida com argamassa adicionado EPS a seu traço	75	85	11
Parede revestida com argamassa contendo cortiça adicionada ao traço	75	85	11

Fonte: Autores

Na parede revestida de argamassa convencional, sem adições, obteve-se um nível de pressão sonora de 78 dB, ou seja, o som absorvido pelo conjunto alvenaria/argamassa foi na ordem de 7 dB.

Nas paredes paralelas preenchidas com lã de vidro revestidas com argamassa convencional, sem adições, obteve-se um nível de pressão sonora de 73 dB, o que demonstrou,

que este tipo de conjunto foi mais eficiente acusticamente, absorvendo 12 dB, em relação à medição externa à caixa.

Para a parede em que foi adicionada vermiculita no traço de argamassa que a revestiu, observou-se um nível de pressão sonora medido de 75 dB, que mostra que houve uma absorção de 10 dB.

Já na parede revestida com argamassa em que foi adicionado o Poliestireno Expandido (EPS), popularmente conhecido como isopor, na forma de pérolas, foi medido um nível de pressão sonora de 75 dB, havendo também uma queda de 10 dB, absorvidos pela parede juntamente com o revestimento.

E na última parede, na qual foi adicionada cortiça ao traço de argamassa que a revestiu, teve como resultado obtido com a medição um nível de pressão sonora de 75dB, 10 dB a menos que o resultado inicial, como pode-se verificar.

Como foi argumentado anteriormente, a caixa acústica construída não foi suficiente para eliminar por completo o ruído proveniente do ambiente externo onde foram realizados os testes, possivelmente pelas características dos materiais empregados, alternativos, que não são ideais para este fim. Porém por causa do alto custo de construção optou-se por este modelo de caixa.

Mesmo assim uma parte do ruído foi isolado, o que auxiliou na coleta dos dados obtidos, para uma comparação.

Na análise dos resultados foram utilizados como referencial, o obtido pela parede simples convencional, revestida com argamassa mista, sem adições, que reduziu em 7 dB em relação ao ruído externo, isso apenas pelas propriedades acústicas dos materiais classificados como convencionais no isolamento termo-acústico que compõem o conjunto alvenaria/argamassa.

Sendo assim, verificou-se que, nessas condições, o conjunto mais eficiente acusticamente foi aquele constituído pelas paredes paralelas, preenchidas com lã de vidro, que é um material fibroso fabricado com fibras de vidro e resina o que confere ao material um ótimo isolamento termo-acústico, revestidas por argamassa mista, sem adições, já que reduziu em 12 dB o ruído proveniente do ambiente externo, ou seja, foi 5 dB mais eficiente que a parede de referência. O que pode explicar essa maior redução é o fato de, ao se construir a parede dupla, aumentou-se a área de absorção do ruído, aliado às propriedades acústicas da lã de vidro, esse resultado seria ainda mais satisfatório se entre as paredes e a lã de vidro houvesse um vão de aproximadamente 5cm para que fosse gerado um vácuo entre as paredes, dessa forma a lã de vidro trabalharia como um efeito mola.



No caso da parede revestida com argamassa mista com adição de vermiculita, que é um material comprovadamente isolante acústico, houve um decréscimo de 3dB no nível de pressão sonora, quando comparado com a parede referência.

A parede revestida com argamassa mista com pérola de EPS adicionada ao seu traço apresentou uma redução de 3 dB em relação à parede referenciada. A pérola de EPS é muito utilizada na composição do concreto leve, mas não há literatura que demonstre que este material utilizado na argamassa de revestimento possui funcionalidade acústica, porém mediante o ensaio e as condições da caixa acústica esse resultado se mostrou satisfatório.

Já a parede revestida com argamassa mista, utilizando a cortiça em formato granular adicionada ao traço também apresentou uma redução de 3 dB em relação à parede de referência.

Estudos demonstram que a cortiça possui bom isolamento acústico, quando utilizada em formato de painéis, pois tem uma estrutura celular que ao se encontrar com as ondas sonoras as quebram e as difundem, terminando a transmissão. Ao ser utilizado no formato granular a cortiça é adicionado diretamente na argamassa conferindo um bom isolamento acústico.

Algumas possibilidades existem para estes resultados terem sido rigorosamente iguais, sendo a mais provável o fato de que tanto o EPS quanto a cortiça, na forma em que foram utilizados possuam propriedades que se aproximam da vermiculita.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos realizados verificou-se a importância do adequado tratamento acústico para obras de construção civil, que são estabelecidas nas normas vigentes, cujo o principal objetivo é garantir às pessoas um melhor conforto e bem-estar.

Com as cidades cada vez mais elevando o nível de ruído, as novas regras aplicadas para o conforto acústico são necessárias para garantir um melhor isolamento acústico das edificações e conforto a seus usuários. Desta forma, por meio do emprego de tais medidas, o isolamento acústico já é decidido desde o projeto inicial como, quais materiais serão aplicados pois os tipos de materiais utilizados em revestimentos na construção civil interferem diretamente na qualidade acústica do ambiente e que uma escolha adequada pode trazer grande benefício para as pessoas e para o meio.

No presente estudo os materiais avaliados apresentaram uma redução sonora nos ensaios de aproximadamente 10 dB em relação a parede mista convencional sem adição de material isolante.

É importante destacar que a definição de decibel é uma grande logarítmica, de níveis de potência (volume) do som, isto quer dizer que a cada 1 dB de variação a potência (watt) do som varia 10 vezes. Ou seja, em nossos ensaios a parede dupla conseguiu reduzir em 12 dB o nível sonoro e isso significa que ela conseguiu absorver cento e vinte vezes a potência inicialmente incidente sobre a parede.

Durante a realização dos ensaios, as paredes de cortiça, pérola de EPS e vermiculita apresentaram resultados satisfatório com redução de 3 dB em relação a parede referencial.

A parede dupla apresentou melhor desempenho acústico reduzindo o som em 5 dB comparando-se com a parede referencial.

De acordo com a NBR 10151 (ABNT, 2000) o nível de pressão sonora aceitável em local predominantemente industrial no período diurno é de 70 dB. Considera-se que os ensaios foram satisfatórios, carecendo de mais ensaios, com maior precisão, ajuste e investimento em materiais. Os objetivos dessas pesquisas foram alcançados, demonstrando a eficiência dos materiais, onde os valores obtidos e explicados no trabalho poderão servir como objeto de estudo para estudantes de arquitetura e engenharia e profissionais da área com intuito de observarem a importância de uma edificação com uma boa qualidade acústica.

Neste sentido, sugere-se que estudos posteriores possam ser realizados levando em consideração as seguintes recomendações.

Para enquadrar o valor dentro do limite aceitável deveria ser feito as seguintes mudanças na estrutura da caixa acústica:

- Revestir o interior com espuma elastomérica, para garantir uma uniformidade no revestimento da caixa.
- Aumentar a espessura das paredes e teto da caixa, para garantir melhor isolamento dos ruídos externos.

Acredita-se que o presente trabalho contribui para ampliar o conhecimento sobre novas técnicas construtivas acerca do conforto acústico, onde a qualidade e o bem-estar das pessoas ganharam maior destaque decorrente da crescente urbanização no Brasil. Espera-se que estes estudos introdutórios sirvam para ensaios mais elaborados e com maior investimento e que sirvam de referência para as áreas de Engenharia Civil.

## REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7 Ed. São Paulo, 2002.

**AECWEB**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/blocos-ceramicos-atendem-a-alvenaria-estrutural-e-de-vedacao\\_3092\\_11644](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/blocos-ceramicos-atendem-a-alvenaria-estrutural-e-de-vedacao_3092_11644)>. Acesso em 06 maio 2017.

**AMPLITUDE ACÚSTICA**. Site institucional da Empresa Amplitude soluções Acústicas Ltda – **espuma acústica amplispuma**. Curitiba, 2017. Disponível em: <<http://www.amplitudeacustica.com.br/servicos/espuma-acustica/>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

**AMPLITUDE ACÚSTICA**. Disponível em: <<http://www.amplitudeacustica.com.br/blog/espuma-acustica-tratamento-isolamento-acustico-estudio-gravacao/>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

APCOR. Associação Portuguesa da Cortiça – **Cortiça Versátil e Única**. Anápolis, 2017. Disponível em: <<https://www.apcor.pt/cortica/o-que-e/>>. Acesso em 31 out. 2017.

**APOIO ENGENHARIA**. Disponível em: <<http://www.apoioengenharia.com.br/?Id=PaginaNoticias&CodId=3>> Acesso em 20 abr. 2017.

**ARCHIEXPO**. Disponível em: <<http://www.archiexpo.com/pt/prod/coverd-srl/product-151992-1770840.html>>. Acesso em 01 nov. 2017.

**ARCH-TEC**. Disponível em: <<http://arch-tec.com.br/page-conforto-acustico.html>>. Acesso em: 02 maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos. 3 ed. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento Acústico em Recintos Fechados. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componente Cerâmicos Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação - Terminologia e Requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componente Cerâmicos Parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural - Terminologia e Requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - 4**: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas \_ SVVIE. 4 ed. Rio de Janeiro, 2013. 63 p.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2011.

**BLOG ARTESANA**. Disponível em: <<http://www.blog.artesana.com.br/manual-pratico-acustica/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

CARASEK, H. **Argamassas**. In: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007.

CARDOSO, F.A.; MENDES, T.M.; CAMPORA, F.L.; PILEGRI, R.G.; JOHN, V.M. **Caracterização física de argamassas de revestimento do mercado nacional**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, VIII, In: Anais, ANTAC, Curitiba, 2009.

CATAI, Rodrigo Eduardo; PENTEADO, André Padilha; DALBELLO, Paula Ferraretto. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. UTFPR, 2006. 12 p. Artigo para 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT12032009181855.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

**CERÂMICA FORMIGARI**. Disponível em: <<http://www.ceramicaformigari.com.br/obras/>>. Acesso em 07 maio 2017.

**CERÂMICA SÃO JOÃO ITU**. Disponível em: <<http://www.ceramicasaojoaoitu.com.br/#&panel1-1>>. Acesso em 06 maio 2017.

**CERÂMICA SIMONETTO**. Disponível em: <<http://www.ceramicasimonetto.com.br/obras>>. Acesso em 06 maio 2017.

CORTIARTE. Site institucional da Empresa Cortiarte – **História da Cortiça**. Diadema São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.cortiarte.com.br/index.php/conteudo/show/id/3>>. Acesso em: 31 out. 2017.

**COQUIM**. Disponível em: <<http://coquim.com.br/conteudo.php?area=produtos&id=27>>. Acesso em 23 maio 2017.

COSTA, Ennio Cruz da. **A acústica técnica**. São Paulo: Blucher, 2003.

DENGE – Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa. **Notas de aula da disciplina construção civil, professores Carlan Seiler Zulian, Elton Cunha Doná, Carlos Luciano Vargas**. Ponta Grossa: DENGE, 2002.

**ENXERGANDO A ENGENHARIA MECÂNICA**. Disponível em: <<http://enxergandoaengenhariamecanica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

FERREIRA, Beatriz B.D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados**. 2010. 192 p. Dissertação em Mestrado em Engenharia Civil – UFMG, Belo Horizonte.

**FOTOS HABITISSIMO.** Disponível em: <[https://fotos.habitissimo.com.br/foto/revestimento-de-la-de-vidro-para-melhor-isolamento-termico-e-acustico\\_709227](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/revestimento-de-la-de-vidro-para-melhor-isolamento-termico-e-acustico_709227)>. Acesso em 13 maio 2017.

GUIMARÃES, J.E.P. **A cal. Fundamentos e aplicações na Engenharia Civil**, 2. Ed. São Paulo: PINI, 2002.

**ISOLINE.** Disponível em: <<https://www.isoline.com.br/la-de-vidro-e-la-de-rocha-diferencas-uso-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 13 maio 2017.

**JACK MOLDURAS EM EPS.** Disponível em: <<http://jackmoldurasemeps.com.br/site/vermiculita.php>>. Acesso em: 13 maio 2017.

**MINGOTE COMUNICAÇÃO.** Disponível em: <<http://www.mingotecomunicacao.com.br/servicos/estudio-de-gravacao>>. Acesso em: 21 maio 2017.

NETO, Nestor Alves dos Santos. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: <[http://cascavel.ufsm.br/tede/tde\\_busca/processaArquivo.php?codArquivo=925](http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/processaArquivo.php?codArquivo=925)>. Acesso em: 22 abr. 2017.

**ÓLEO DE CÔCO.** Disponível em: <<https://www.oleodecoco.org/tipos.html>>. Acesso em: 21 maio 2017.

OLIVEIRA, L. S. M. **Utilização da vermiculita como adsorvente de óleo da indústria petrolífera**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br:8080/handle/cetem/795>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

**PETITSPAVES.** Disponível em: <<https://petitspaves.wordpress.com/tag/vermiculita-expandida/>> 2017>. Acesso em: 13 maio 2017.

**PINI.** Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/legislacao/entram-em-vigor-novas-normas-para-blocos-de-concreto-celular-290197-1.aspx>>. Acesso em 06 maio 2017.

**PORTAL PRISMA.** Disponível em: <<http://www.portalprisma.com.br/novosite/noticia.asp?cod=2972>>. Acesso em 06 maio 2017.

**PRO ACÚSTICA.** Disponível em: <<http://www.proacustica.org.br/noticias/clipping-sobre-acustica-e-temas-relacionados/isolamento-ac%C3%BAstico-em-paredes-saiba-especificar.html>>. Acesso em: 17 maio 2017.

PETRUCCI, Eladio G.R. **Materiais de construção**. 4. Ed. Porto Alegre: Globo, 1979.

REFRATIL. Site Institucional da Empresa Refratil Refratários – **Isolamentos. Lã de vidro**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.refratil.com.br/produto/la-de-vidro>>. Acesso em 22 abr.2017.

**REFRATIL**. Disponível em: <<http://www.refratil.com.br/produto/vermiculita-expandida> 2017.>. Acesso em: 07 maio 2017.

RIBEIRO, Carmem C.; PINTO, Joana D'arc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil**. 3. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2011.

SALGADO, Julio. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 2. Ed. São Paulo: Érica, 2009.

SANTANA, José Jorge Barros de. **Estudo de um isolante térmico para tubos fabricado em material compósito**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: < <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/15685>>. Acesso em: 29 maio 2017.

SENHORAS, Elói Martins. **Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde**. Revista Urutágua, nº 05, Maringá, PR, 2005. Disponível em: <[http://www.urutagua.uem.br//005/22tra\\_senhoras.pdf](http://www.urutagua.uem.br//005/22tra_senhoras.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2017.

UGARTE, José Fernandes de Oliveira; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. Vermiculita. In: LUZ, Adão Benvido da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**. Rio de Janeiro: Cetem/mct, 2005. Cap. 32. p. 677-698.