

UNIEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALLISSON SILVA BASTOS
MAYCON DOUGLAS BASTOS DE CASTRO

ANÁLISE DE MATERIAIS UTILIZADOS NO
REVESTIMENTO ACÚSTICO EM ALVENARIA E SEU
CUSTO BENEFÍCIO

ANÁPOLIS / GO

2021

**ALLISSON SILVA BASTOS
MAYCON DOUGLAS BASTOS DE CASTRO**

**ANÁLISE DE MATERIAIS UTILIZADOS NO
REVESTIMENTO ACÚSTICO EM ALVENARIA E SEU
CUSTO BENEFÍCIO**

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

ORIENTADOR: FILIPE FONSECA GARCIA

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

BASTOS, ALLISSON SILVA/ CASTRO, MAYCON DOUGLAS BASTOS DE

Análise de materiais utilizados no revestimento acústico em alvenaria e seu custo benefício
66P 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------------|--------------|
| 1. Parede de Alvenaria | 2. Som |
| 3. Revestimento de Parede | 4. Acústico |
| I. ENC/UNI | II. Bacharel |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BASTOS, Allisson Silva; CASTRO, Maycon Douglas Bastos de. Análise de materiais utilizados no revestimento acústico em alvenaria e seu custo benefício. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 66p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Allisson Silva Bastos

Maycon Douglas Bastos de Castro

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise De Materiais Utilizados No Revestimento Acústico Em Alvenaria E Seu Custo Benefício

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2021

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.



Allisson Silva Bastos

E-mail: allisson.2009@hotmail.com



Maycon Douglas Bastos de Castro

E-mail: may_com_dbc@hotmail.com

ALLISSON SILVA BASTOS
MAYCON DOUGLAS BASTOS DE CASTRO

ANÁLISE DE MATERIAIS UTILIZADOS NO
REVESTIMENTO ACÚSTICO EM ALVENARIA E SEU
CUSTO BENEFÍCIO

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:



FILIPE FONSECA GARCIA, Especialista (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)



KÍRIA NERY ALVES DO ESPÍRITO SANTO GOMES, Mestra
(UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 25 de MAIO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me proporcionado mais essa conquista, agradeço pelas forças que tem me concedido e por nunca me deixar desistir do meu sonho. Agradeço a minha família que me ajudou em todas as etapas desse processo e a todos que torceram pelo meu sucesso.

Allisson Silva Bastos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus que tudo fez acontecer para que eu chegasse onde estou hoje, agradeço também pela saúde e por ter abençoado todo esse projeto. A minha família, por ser minha base, não deixando nunca desistir dos meus objetivos.

Maycon Douglas Bastos de Castro

RESUMO

Conforme o crescimento excessivo de grandes centros urbanos, ocasionou altos índices de ruídos indesejáveis para a população, com isso o conforto acústico foi uns dos principais fatores preocupantes na construção civil e almejado principalmente pela sociedade urbana. Tendo em vista essa situação, a engenharia vem estudando cientificamente, a utilização experimental de diferentes materiais absorventes acústicos em suas construções no intuito de verificar sua capacidade de absorção de ruídos. Nesse trabalho, foi executado quatro paredes, feitas de tijolos cerâmicos sendo uma com argamassa convencional e outras três com adição separadamente de EPS, vermiculita e cortiça. As paredes foram testadas acusticamente e recolhida em uma caixa à prova de som, onde o som foi medido por um aplicativo de celular denominado Decibelímetro, onde a que obteve o melhor resultado foi com EPS granulado e posteriormente aplicado em uma parede residencial na cidade de Anápolis/GO.

PALAVRAS-CHAVE: Revestimento acústico. Alvenaria de vedação. Conforto acústico. Ruídos.

ABSTRACT

As the excessive growth of large urban centers caused high levels of undesirable noise for the population, with that the acoustic comfort was one of the main worrying factors in civil construction and sought mainly by urban society. In view of this situation, engineering has been scientifically studying the experimental use of different acoustic absorbent materials in their constructions in order to verify their capacity to absorb noise. In this work, four walls were built, made of ceramic bricks, one with conventional mortar and the other three with the separate addition of EPS, vermiculite and cork. The walls were acoustically tested and collected in a soundproof box, where the sound was measured by a cell phone application called Decibelimeter, where the best result was with granulated EPS and later applied to a residential wall in the city of Anápolis /GO.

KEYWORDS: Acoustic coating. Sealing masonry. Acoustic comfort. Noises.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Interação do Som com os Materiais.....	24
Figura 2 - Eco	25
Figura 3 - Reverberação	26
Figura 4 - Refração	27
Figura 5 - Difração	28
Figura 6 - Ruídos Aéreo	29
Figura 7 - Ruído de Impacto.....	30
Figura 8 - Partes do Coco	32
Figura 9 - Substrato de Coco	33
Figura 10 - Placa de Fibra de Coco	33
Figura 11 - Rolo de Lã de Vidro.....	34
Figura 12 - Rolo de Lã de Rocha.....	35
Figura 13 - Lã de Rocha Resistindo ao Fogo de 200°C.....	36
Figura 14 - Sobreiro.....	37
Figura 15 - Granulado Expandido Cortiça	37
Figura 16 - Vermiculita Antes da Expansão.....	38
Figura 17 - Vermiculita Expandida	39
Figura 18 - Tijolo Isolante de Vermiculita em Estado Expandido	40
Figura 19 - Sala Isolada com Espuma Elastomérica	41
Figura 20 - Bloco Cerâmico de Vedação.....	42
Figura 21 - Alvenaria de Vedação com Bloco Cerâmico.....	42
Figura 22 - Bloco Cerâmico Estrutural.....	43
Figura 23 - Edificação Construída com Bloco Cerâmico Estrutural	43
Figura 24 - Edificação com Bloco de Concreto Estrutural.....	44
Figura 25 - Produção da Argamassa.....	49
Figura 26 - Levantamento das Paredes.....	49
Figura 27 - Parede com Revestimento Simples em Construção.....	50
Figura 28 - Parede Revestida com Vermiculita Expandida.....	51
Figura 29 - Parede Revestida com EPS	51
Figura 30 - Parede Revestida com Cortiça em Construção	52
Figura 31 - Confeção da Caixa Acústica	53
Figura 32 - Colagem das Embalagens de Ovo	54

Figura 33 - Caixa Acústica Finalizada	54
Figura 34 - Pressão Sonora Externa Captada	56
Figura 35 - Pressão Sonora Externa Captada	57
Figura 36 - Preparação da Caixa Acústica para Ensaio.....	58
Figura 37 - Argamassa com EPS Aplicada em um Parede.....	61
Figura 38 - Fotografia Ampliada da Parede com Revestimento de EPS.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Cimento	19
Quadro 2 - Classificação da Argamassa	20

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Nível de critério de avaliação de ruído sonoro em dB(A).....	46
Tabela 2 - Valores Db (A) e NC.....	47
Tabela 3 - Valor do isolamento acústico de diversos materiais	48
Tabela 4 - Média de Valores dos Materiais na Cidade de Anápolis-GO	59
Tabela 5 - Resultado da Pressão Sonora Captada Através das Paredes	59
Tabela 6 - Relação da Redução dos Ruídos Internos das Paredes.....	60

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 METODOLOGIA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 CIMENTO PORTLAND	18
2.2 ARGAMASSA.....	19
2.2.1 Revestimentos de Argamassa	22
2.3 A AÇÃO DO SOM EM UM ESPAÇO LIMITADO.....	23
2.3.1 Reflexão do Som	24
2.3.2 Refração do Som.....	26
2.3.3 Difração do Som	27
2.4 REVESTIMENTO E CONFORTO ACÚSTICO	28
2.4.1 Ruído ou Som Aéreo.....	29
2.4.2 Ruído ou Som de Impacto.....	30
2.5 TIPOS DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO ACÚSTICO E SUAS RESPECTIVAS CLASSIFICAÇÕES	31
2.5.1 Materiais não Convencionais	31
2.5.1.1 Fibra de Coco.....	31
2.5.1.2 Lã de Vidro	34
2.5.1.3 Lã de Rocha	35
2.5.1.4 Cortiça.....	36
2.5.1.5 Vermiculita	38
2.5.1.6 Espuma elastomérica	40
2.5.2 Materiais Convencionais.....	41
2.5.2.1 Bloco Cerâmico	42
2.5.2.2 Bloco de concreto	44

3 METODOLOGIA E TÉCNICAS EXECUTADAS NA CONFECÇÃO DAS PAREDES E SEUS DEVIDOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO E CAPTAÇÃO DE RUÍDOS SONOROS	46
3.1 NORMAS RELACIONADAS AO CONFORTO ACÚSTICO	46
3.2 CONSTRUÇÃO DAS PAREDES PARA ANÁLISE PRÁTICA	48
3.3 CONFECÇÃO DA CAIXA ACÚSTICA	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS	58
4.2 APLICAÇÃO DO MATERIAL ESCOLHIDO EM UMA PAREDE DE UMA CASA EM ANÁPOLIS GOIÁS	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
5.1 SUGESTOES DE TRABALHOS FUTUROS	63
REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A partir da urbanização e a primeira revolução industrial entre o século XVII e início do século XIX, o mundo teve um grande aumento populacional, atraindo a multidão principalmente para os centros urbanos. Esse avanço só chegou ao Brasil nos meados do século XX, com isso, obteve um crescimento significativo, atraindo um grande agrupamento para os centros das cidades (CAVALCANTE; SILVA, 2011).

Cidade é um espaço urbano que sempre está em constante mudança. Com base nesse entendimento, percebeu-se que a intervenção imobiliária tem como grande responsabilidade na contribuição e transformação no processo de adensamento vertical.

Ao decorrer dos anos, de forma desencadeadora e com muita frequência sem o planejamento adequado, em nosso país, a grande maioria das cidades foram se formando. Por obter muita demanda e a falta de espaço na urbanização, em contrapartida do aumento populacional, gerou a intensificação vertical, reduzindo ainda mais o espaço entre uma construção e outra.

Comumente são construídos indústrias, residências, hospitais, comércios, escolas, rodoviárias, aeroportos, rodovias, shoppings em um mesmo espaço territorial, desta forma, deixando cada vez mais e mais as pessoas expostas a índices bem altos de ruídos. Os altos níveis de ruído que as pessoas enfrentam podem ter alguns efeitos indesejáveis. Esses efeitos podem ser físicos, como aumento da pressão arterial e perda auditiva, e aspectos psicológicos, como distúrbios do sono, estresse, tensão, estimulação, falta de concentração e desatenção. (BISTAFA, 2011).

Os ruídos transportam energia, sendo dissipada e absorvida por objetos e pessoas. O som, quando incidido em uma superfície qualquer, uma parte da energia sonora é absorvida atrás da superfície e outra parte é refletida. A absorvida se compõe de duas parcelas onde uma é transmitida pelo objeto e a outra é dissipada.

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a construção de casas deve manter isolamento acústico adequado de cercas externas para lidar com o ruído do ar de fora da casa, e entre áreas públicas e privadas mantenha um isolamento acústico adequado. Áreas privadas de diferentes unidades autônomas.

Para atender a esses requisitos, as empresas de engenharia civil têm utilizado uma variedade de materiais, chamados de materiais absorventes de som, pois utilizam a energia dissipada na estrutura para absorver o som, trazendo um som confortável aos usuários.

Pensando em melhorar o conforto acústico, os materiais mais utilizados para a diminuição de ruídos nesse segmento é: a espuma elastomérica, composta do poliuretano poliéster, autoextinguível, que é poroso e é indicada para salas de som, reunião, estúdios entre outros; a vermiculita, mineral das micas, não comburente, não tóxica não esmeril entre outras características mais; a lã de rocha, material fibroso, superfície incombustível; a lã de vidro, que também é um material fibroso, caracterizada por ter baixa condutibilidade térmica e alto índice de absorção acústica (GROTTA, 2009).

Dito isto, este trabalho tem como objetivo avaliar alguns desses materiais, verificar e visibilizar o emprego principalmente em residências, embasado na norma NBR 15575-1 (ABNT, 2020), quais materiais são os mais eficazes em absorver e reduzir ruídos e aumentar o conforto acústico, sendo satisfeitos por soluções simples e eficaz. Um bom isolamento acústico pode proporcionar um maior conforto acústico para o ambiente interno, melhorando assim o conforto ambiental do edifício e saúde das pessoas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Para que os usuários se sintam confortáveis, é de extrema importância que o isolamento acústico dos materiais seja essencial para os edifícios e residências. Ao avaliar diversos materiais através de ensaios experimentais, pode-se escolher a melhor escolha para o melhor efeito de isolamento acústico, visando também à viabilidade, portanto, serão utilizados materiais que atendam a todos os requisitos necessários para proporcionar o conforto acústico necessário para a construção (GROTTA, 2009).

Outro aspecto relevante que comprova o entusiasmo deste trabalho é a possibilidade de utilização de medidores de pressão sonora (medidores de decibéis) para facilitar os ensaios não destrutivos, o que permite diferentes formas de processamento e coleta de dados importantes para não só obter um resultado confiável, como também garantir sua comprovação de espaço no mercado.

Portanto, visando a melhoria acústica, o emprego da tecnologia de materiais nas construções civis, pensando em viabilidade e custo benefício tanto para construtoras quanto a consumidores finais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Com o auxílio do aparelho de cavidade de acústica, avaliar a propagação de ruídos em paredes com diferentes tipos de revestimentos e verificar a viabilidade na implementação em residências e edifícios.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre o tema;
- Construir uma caixa acústica para isolamento da parede;
- Realizar o teste e leitura dos sinais usando um decibelímetro;
- Analisar o custo benefício para uso em residências e edifícios;
- Aplicar o produto mais viável em uma parede de uma residência.

1.3 METODOLOGIA

Na primeira etapa para obter um embasamento teórico foi realizado diversas pesquisas bibliográficas à Biblioteca Digital Brasileira de Teses, Dissertações (BDTD) e estudo de casos, com alguns descritores chaves para com o tema. Seguindo das pesquisas bibliográficas realizadas, foi estabelecido o referencial teórico que serviria de base conceitual para as outras etapas.

Após as pesquisas bibliográficas, foi realizado a compra dos materiais para a execução de quatro paredes acabadas com diferentes tipos de revestimentos nas seguintes dimensões: 1 metro de comprimento por 0,8 metro de altura e 0,14 metro de espessura. As mesmas foram construídas em uma área externa de uma residência na cidade de Anápolis-GO. Em seguida, foi confeccionada uma caixa utilizando um MDF cru de 8 milímetros na qual foi revestida internamente com embalagens de ovos com o intuito de reduzir os ruídos externos para utilização da mesma no ensaio experimental.

Com as paredes e caixa acústica finalizadas, realizou-se os ensaios experimentais onde foi posicionado um emissor de som em frente a cada parede e do lado oposto um receptor de som (aplicativo Decibelímetro de um smartphone) para captação do nível de

pressão sonora que atravessou as paredes, em seguida foi anotado e analisado os resultados obtidos com o auxílio da teoria e das normas brasileiras que tangem a esse assunto verificando o desempenho quanto a barreira acústica.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Com base no que foi apresentado acima, esse TCC tem como intuito apresentar um estudo avaliativo e comparativo da propagação de ruídos em paredes com diferentes tipos de revestimento acústico baseado na norma NBR 15575-1, (ABNT, 2013).

O trabalho será desenvolvido por partes nas quais serão estruturadas da seguinte forma:

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

No segundo capítulo foram realizadas consultas de materiais bibliográficos e doutrinários para a elaboração do desenvolvimento do trabalho, em que pese especificamente aos revestimentos argamassados, suas funções e características.

O terceiro capítulo trata-se de uma Análise Prática: classificação dos diversos tipos de materiais quanto ao isolamento acústico, exemplificando e mostrando sua origem, suas características, aplicações e funções. Concomitantemente com as técnicas utilizadas para realização dos ensaios, desde a construção, revestimento das paredes até a confecção da caixa acústica e a análise de sua viabilidade em residências e edifícios.

O quarto capítulo apresenta a aplicabilidade do revestimento acústico em uma parede de uma residência em Anápolis-GO, e posterior diagnóstico dos resultados práticos obtidos.

No quinto capítulo são as considerações finais do trabalho, remetendo a importância e a necessidade do mesmo para o âmbito da engenharia civil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CIMENTO PORTLAND

Estimar quando foi feita a primeira construção usando material de caráter cimentício como elemento de ligação é uma tarefa difícil, pois acreditasse que desde a época egípcia já usavam materiais semelhantes para construção dos seus monumentos, porém apresentou um grande avanço para o desenvolvimento do cimento em 1756, quando o inglês John Smeaton obteve através da calcinação de calcários moles um produto que possuía alta resistência, (LOQUES, 2013).

Em 1824, o arquiteto Joseph Aspdin, baseando na experiência dos seus antecessores, percebeu-se que a queima simultânea de pedras calcárias e argila resultou em um pó fino que após seco não se dissolvia em contato com a água e transformou em algo tão dúctil quanto às pedras das construções da época. No mesmo ano o arquiteto patenteou com o nome de cimento Portland, pois sua aparência era semelhante às rochas da ilha Portland, (LOQUES, 2013).

Cimento Portland é a denominação convencionada mundialmente para o material usualmente conhecido na construção civil como cimento, é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a adição da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais. O mesmo, misturado com água e outros materiais de construção, tais como a areia, a pedra britada, o pó de pedra, a cal e outros, resulta nos concretos e nas argamassas usadas na construção de casas, edifícios, pontes, barragens etc, (ABCP, 2002).

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), os cimentos são classificados de acordo com as adições introduzidas juntamente com a moagem do clínquer, de acordo com o tipo de material adicionado, existem vários tipos de cimento Portland. As adições mais comuns são: pozolana, escória de alto forno e o “filler” (calcário), conforme

:

Quadro 1 - Tipos de Cimento

TIPO DE CIMENTO		ADIÇÃO
CP I	Cimento Portland Comum	-
CP II	Cimento Portland Composto	Pozolana, escória de alto forno e filler.
CP III	Cimento Portland de Alto Forno	Escória de alto forno, apresentando baixo calor de hidratação.
CP IV	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Pozolana, apresentando baixo calor de hidratação.
CP V	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	-

Fonte: EDUQC, 2011

A especificação do tipo de cimento depende das características desejadas em relação ao tempo de deformação, a cura do concreto ou argamassa e as necessidades de resistência mecânica e química. Para uso comum, inclusive na fabricação de argamassas de revestimento, podem ser utilizados os cimentos CP I, CP II, CP III e CP IV. O cimento CP V é largamente utilizado em produção industrial de artefatos, onde se exige deformação rápida de concreto protendido pré e pós-tensionado, pisos industriais e argamassa armada. Devido ao alto calor de hidratação, não é indicado para Argamassa. (FERREIRA, 2010)

2.2 ARGAMASSA

O termo “argamassa” é utilizado para determinar toda substância aglomerante composta por uma mistura homogênea. Essa mistura é resultado de agregados miúdos, inorgânicos e água. Geralmente são usadas para assentar tijolos, construções, dar acabamento às mais diversas superfícies sejam elas estruturais, como pilares, vigas, lajes etc., ou de vedação, como exemplo as alvenarias que 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 (ABNT, 2013).

As classificações da argamassa são conforme o Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 - Classificação da Argamassa

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> ○ Argamassa aérea ○ Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> ○ Argamassa de cal ○ Argamassa de cimento ○ Argamassa de cimento e cal ○ Argamassa de gesso ○ Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	<ul style="list-style-type: none"> ○ Argamassa simples ○ Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Argamassa seca ○ Argamassa plástica ○ Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Argamassa pobre ou magra ○ Argamassa média ou cheia ○ Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Argamassa leve ○ Argamassa normal ○ Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> ○ Argamassa preparada em obra ○ Mistura semipronta para argamassa ○ Argamassa industrializada ○ Argamassa dosada em central

Quadro 2 (Continuação)

Função	Tipo
Para construção de alvenarias	○ Argamassa de assentamento (elevação da alvenaria)
	○ Argamassa de fixação (ou encunhamento) – alv. de vedação
Para revestimento de paredes e tetos	○ Argamassa de chapisco
	○ Argamassa de emboço
	○ Argamassa de reboco
	○ Argamassa de camada única
	○ Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimento de pisos	○ Argamassa de contrapiso
	○ Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	○ Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante
	○ Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	○ Argamassa de reparo

Fonte: IBRACON, 2011

Os revestimentos podem ser qualificados em revestimento de piso, revestimento de parede e revestimento de teto ou forro, ou de acordo com os materiais que constituem os revestimentos não argamassados e os revestimentos de argamassa. Neste trabalho foi dado enfoque nos revestimentos de parede argamassados.

2.2.1 Revestimentos de Argamassa

É de suma importância que toda obra ou edificação de engenharia tenha revestimentos, pois tem funções muito importantes tais como proteção de alvenaria, regularização superficial de reboco, estanqueidade de gás e água, isolamentos acústicos e atua também como um elemento de estética pois está presente no acabamento final das vedações.

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 técnico é constituído da execução de no mínimo três camadas superpostas, contínuas e uniformes: chapisco, emboço e reboco (DENGE, 2002).

Para Cardoso *et al.* (2009) as características 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. A cal na argamassa é um produto químico aglomerante proveniente das rochas carbonatadas calco-magnesianas, composto de óxidos anidros de cálcio e, eventualmente, de magnésio.

Segundo Melo (CARASEK; COSTA, 2009), no estado fresco, podem-se destacar como propriedades das argamassas impactadas pela presença da cal, a plasticidade e a retenção da água. A partir do contato da água obtém-se a plasticidade com partículas hidratadas de cal, compostas de micro partículas e funcionam como lubrificante, reduzindo o atrito ente os grãos de areia presentes na argamassa, uma boa aderência e trabalhabilidade, sendo a última, facilitando bastante para uma excelente execução. Como segundo atributo, temos a capacidade que a mesma possui de reter água em torno de suas partículas, onde esta é uma característica de extrema importância na execução da argamassa referente ao sistema revestimento/alvenaria, por não permitir a absorção excessiva da água.

De acordo com Ramos *et al.* (2013), deve-se levar em consideração que as patologias provocadas pela água de amassamento que é um dos principais problemas e que

está relacionado à presença de sais solúveis, poderão gerar as eflorescências nos revestimentos e também acelerar a pega da argamassa. Todavia, a presença de matéria orgânica pode retardar a pega e o endurecimento da argamassa. Assim não se deve empregar água do mar e outras águas com alto teor de sais solúveis e outras substâncias nocivas. A água ideal 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, em que pese a evidente perda da eficiência do material em concreto.

Cada camada sobreposta no revestimento da argamassa, em se utilizando de sobreposição uma ante a outra, possui uma finalidade específica, conforme se vê pelos ensinamentos de Ribeiro, Pinto e Starling (2011).

- 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 (RIBEIRO, *et Al*, 2011).

Além de serem extremamente indispensáveis tais camadas para a boa eficiência da argamassa, esta possui como características precípuas tais como: propriedades acústicas, resistência, aderência e durabilidade que variam em função da composição da mistura.

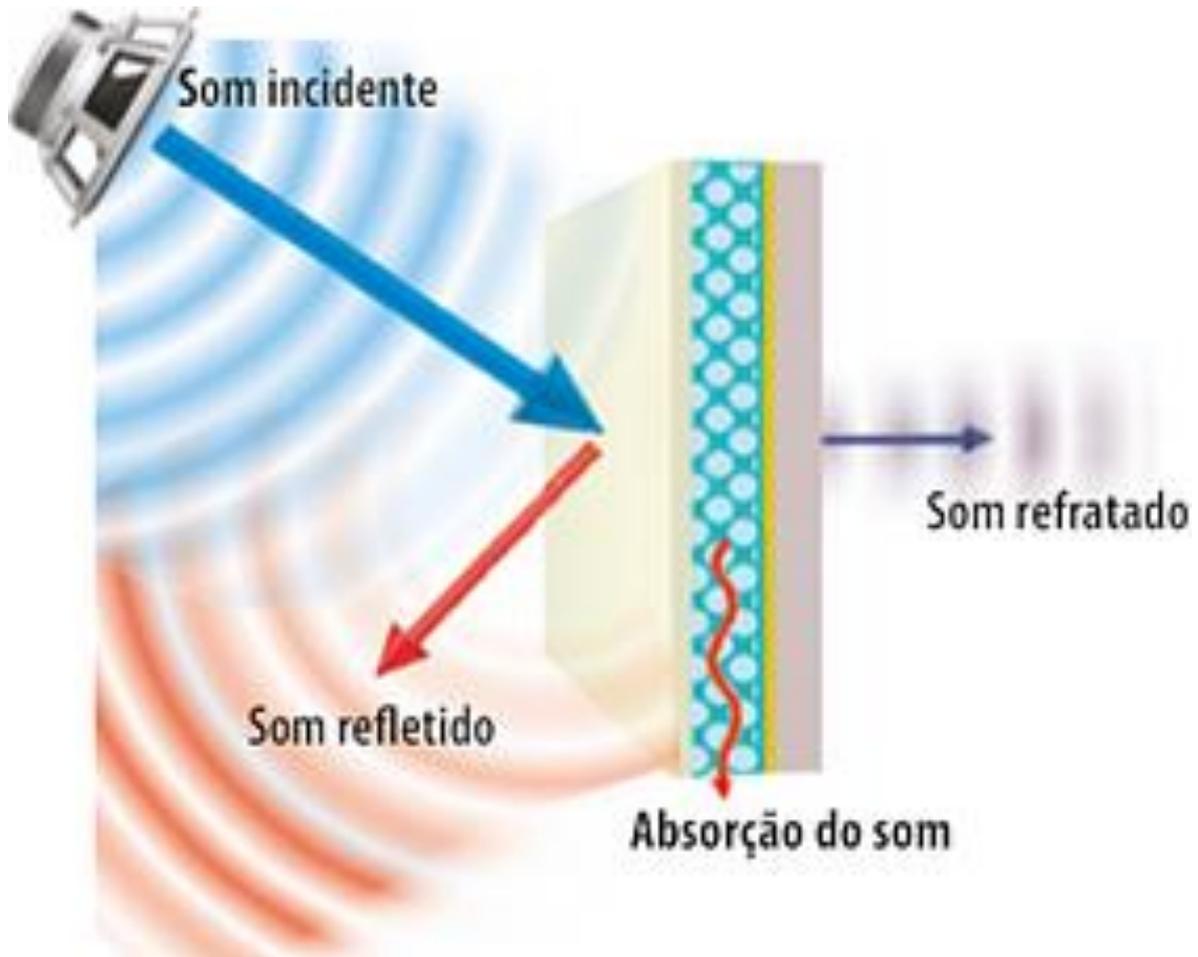
2.3 A AÇÃO DO SOM EM UM ESPAÇO LIMITADO

O som é uma onda capaz de propagar-se pelo ar e por outros meios a partir da vibração de suas moléculas. Nós conseguimos perceber os sons quando os mesmos atingem nosso aparelho auditivo onde acontece a conversão em estímulos elétricos que são direcionados diretamente para o cérebro.

Os sons são perturbações que se propagam em meios materiais gasosos, sólidos ou líquidos. 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).

Existem diversos fenômenos físicos que afetam a propagação do som. Com efeito, quando as ondas sonoras chocam, em sua trajetória, um obstáculo, tal como uma parede, constituída por um determinado tipo de material e, dependendo das características acústicas deste material, podem ocorrer vários tipos de fenômenos, como representados na Figura 1:

Figura 1 - Interação do Som com os Materiais



Fonte: EMAZE, 2010

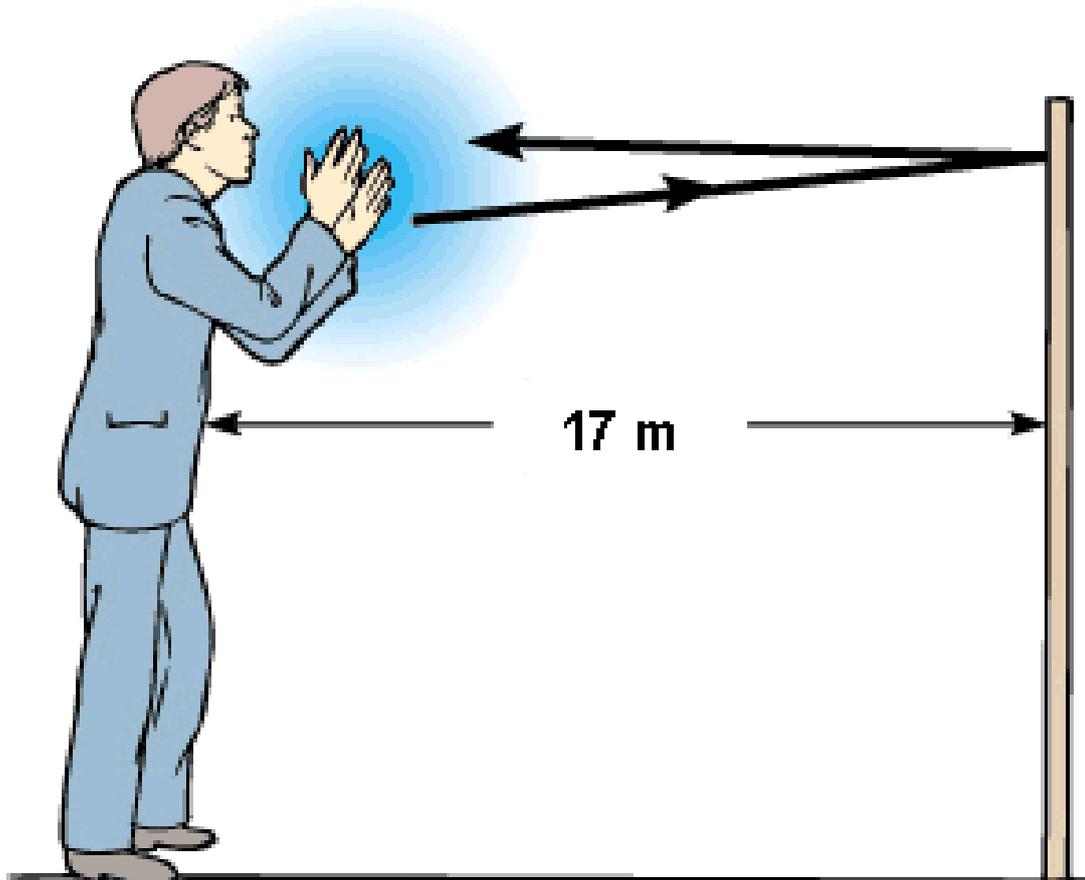
2.3.1 Reflexão do Som

As ondas sonoras obedecem às mesmas leis da reflexão da ondulatória. A reflexão de uma onda sonora acontece quando ela encontra um obstáculo em sua projeção e retorna para o meio de origem em que foi propagada. O acontecimento desse fenômeno pode dar origem a dois outros fenômenos, que são chamados de eco e reverberação.

O fenômeno eco ocorre quando a reflexão do som retorna após o som original ser totalmente extinto. De acordo com Santos (2015), para que nossos aparelhos auditivos

consigam captar esse fenômeno, a distância entre a fonte sonora e a parede (objeto) obstáculo deve ser igual ou superior a 17 metros como demonstra a Figura 2. Assim, o som e o eco são reproduzidos com uma diferença de 0,1 segundos a uma velocidade de cerca de 340 metros por segundo, fazendo com que o nosso ouvido consiga distinguir os mesmos.

Figura 2 - Eco



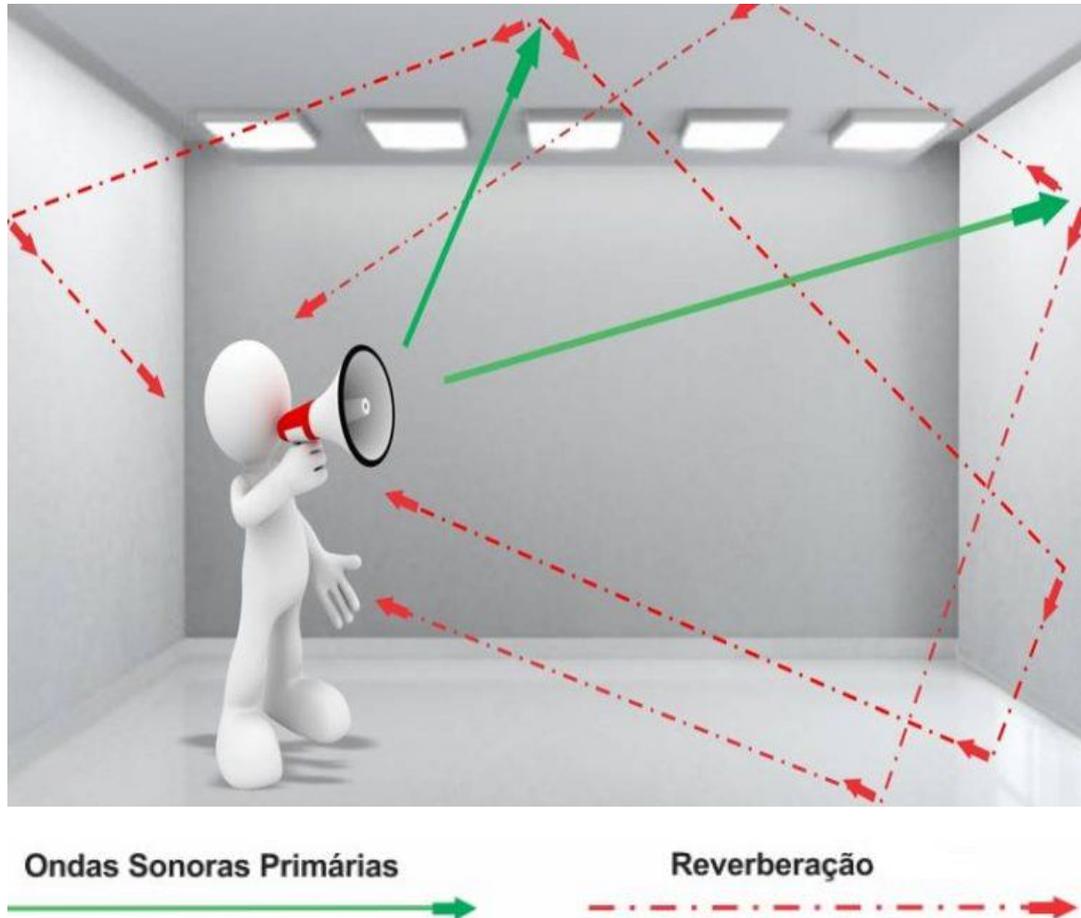
Fonte: CQF, 2011

Ao contrário do eco, o fenômeno reverberação é o prolongamento do som emitido. Esse é um efeito resultado das reflexões consecutivas do som emitido. Para Santos (2015) para que haja reverberação é preciso que o obstáculo refletor esteja a menos de 17 metros.

Portanto, a reverberação deve ser considerada tendo em vista o propósito do ambiente em questão, ela está diretamente relacionada a capacidade de reflexão dos materiais utilizados no ambiente e inversamente relacionada a absorção dos materiais, estando ambas características, reflexão e absorção, relacionadas a frequência do som.

Na Figura 3 está representando o fenômeno reverberação como falado no parágrafo anterior.

Figura 3 - Reverberação

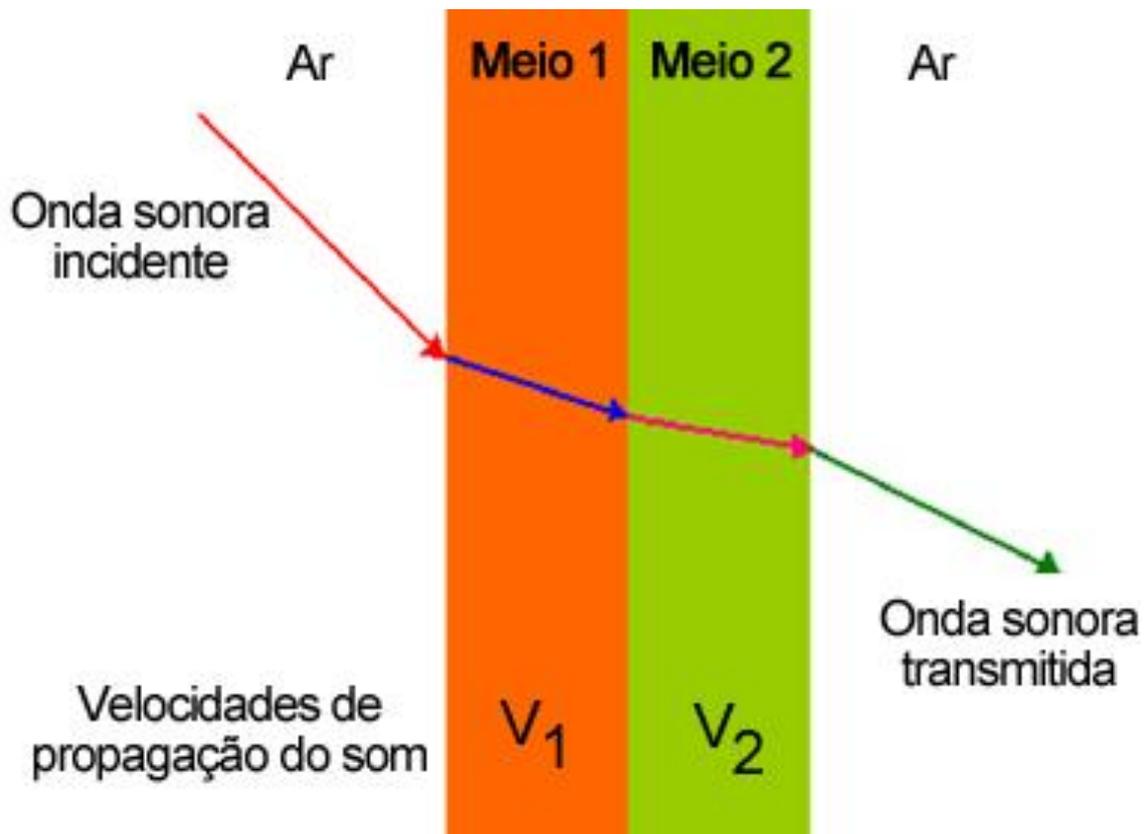


Fonte: VIBRASOM, 2015

2.3.2 Refração do Som

Refração é a mudança de direção que uma onda sonora sofre quando passa de um meio de propagação para outro. Esse fenômeno de refração sonora (Figura 4) provoca a variação da velocidade de propagação e a variação do comprimento de onda, mas nunca a variação da frequência, pois trata-se de uma característica da fonte emissora (FERNANDES, 2002).

Figura 4 - Refração



Fonte: CTBORRACHA, 2009

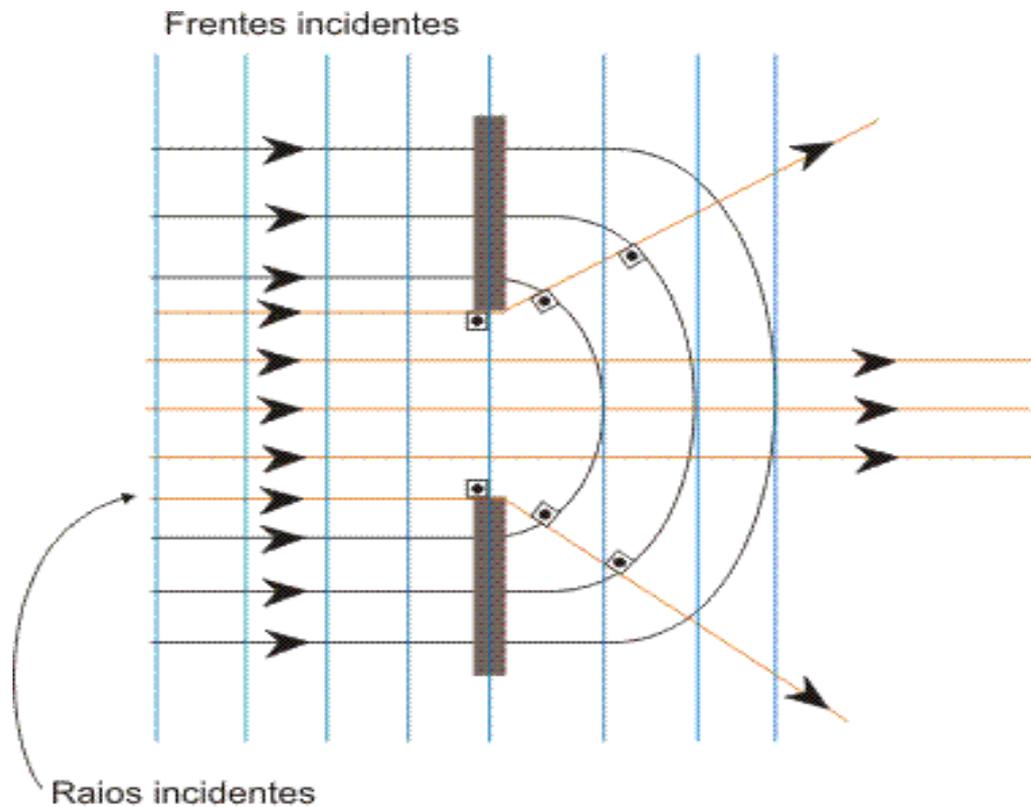
2.3.3 Difração do Som

Difração é o fenômeno que se dá quando uma onda sonora muda de direção desviando ou contornando um obstáculo encontrado no percurso em que a onda sonora foi emitida. O princípio de Huygens é utilizado para compreender este efeito, o qual afirma que todos os pontos de uma superfície da onda sonora no obstáculo podem ser considerados como fontes de vibrações da mesma.

Por meio da razão entre o comprimento de onda e a largura do obstáculo, podemos calcular o grau de difração de uma onda específica. Quanto maior for a razão, maior será a extensão da curva de difração. Esse é o fenômeno que explica o fato de podermos ouvir atrás da porta quando uma pessoa fala do outro lado dela, além de ser um acontecimento largamente aplicado nas montagens de sistemas de alto-falantes (SANTOS, 2015).

A Figura 5 mostra a ação das ondas no fenômeno de difração.

Figura 5 - Difração



Fonte: SÓ FÍSICA, 2017

2.4 REVESTIMENTO E CONFORTO ACÚSTICO

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento do setor industrial e demais setores da economia, a população das grandes e médias cidades tem, no entanto, mantido um grande aumento, o que remete ao crescimento da poluição sonora nestas áreas e conseqüentemente muito desconforto sonoro dos moradores.

Nesse trabalho foi apresentado alguns revestimentos afim de amenizar o desconforto acústico. Para isso, é necessário que seja aplicado o que diz a NBR 12179 (ABNT, 1992), o tratamento acústico do recinto é compreendido pelos critérios de isolamento acústico e condicionamento acústico.

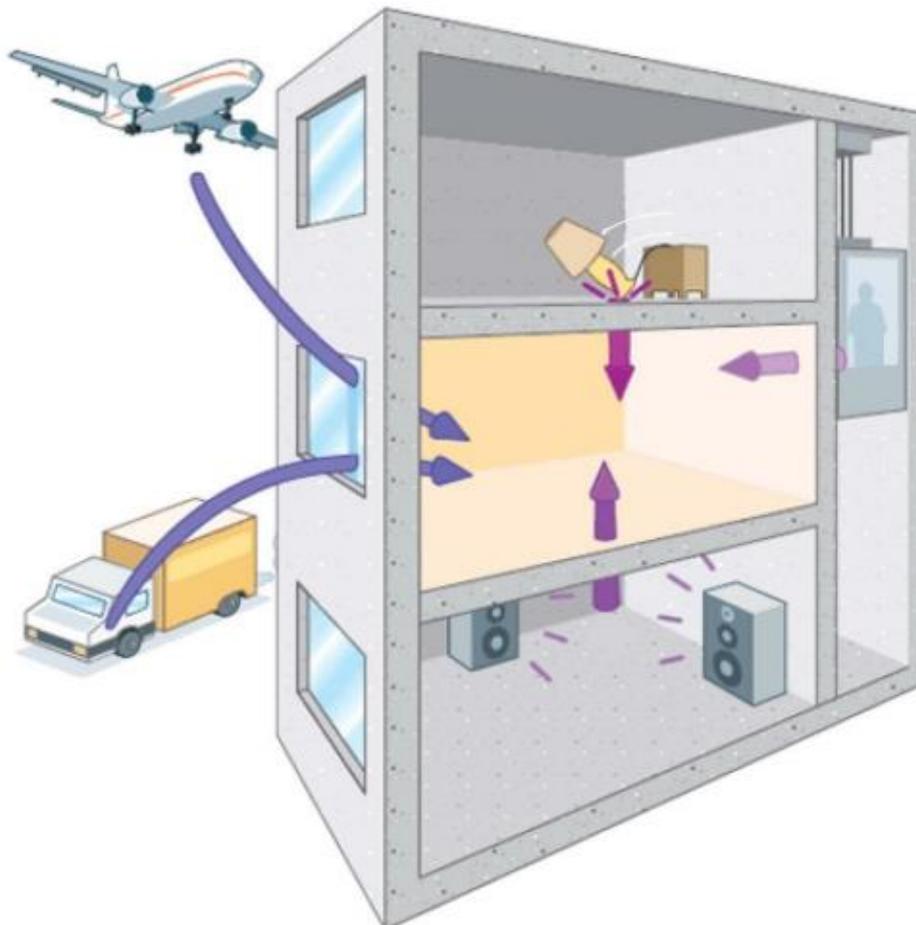
Isolamento acústico é o “processo pelo qual se procura evitar a penetração ou a saída, de ruídos ou sons, em um determinado recinto. O isolamento acústico compreende a proteção contra ruídos ou sons aéreos e ruídos ou sons de impacto.” (ABNT, 1992, p. 2). O condicionamento acústico segundo a NBR 12179 (ABNT, 1992, p. 2): “processo pelo qual se procura garantir em um recinto o tempo ótimo de reverberação e, se for o caso, também a boa distribuição do som.”.

2.4.1 Ruído ou Som Aéreo

De acordo com a NBR 12179 (ABNT, 1992) em conjunto com a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) é chamado de ruído aéreo ou sons aéreos toda e qualquer onda sonora emitida e transmitida através do ar. Caracterizado por vozes, construções, trânsito, aviões, fábricas ou música, o isolamento do ruído aéreo, geralmente é realizado com barreiras, como paredes, divisórias, portas ou janelas. Estima-se que quanto maior o peso ou a massa destes componentes, maior o seu índice de isolamento acústico.

A Figura 6 exemplifica alguns tipos de sons considerados como ruídos ou sons aéreos.

Figura 6 - Ruídos Aéreo



Fonte: FAU, 2013

2.4.2 Ruído ou Som de Impacto

O ruído ou som de impacto é caracterizado pela produção de ondas sonoras por percussão em um corpo sólido e transmitidas pelo ar. O isolamento deste tipo de barulho exige um sistema de amortecimento, como pisos flutuantes, evitando que o impacto “alcance” a estrutura principal. A utilização de forros no andar de baixo são pouco eficientes, pois atenuam parte do ruído proveniente do teto, permitindo ainda a passagem da parcela de ruído transmitida pelas paredes. (ABNT, 1992)

A Figura 7 exemplifica um ruído de impacto causado pelos passos.

Figura 7 - Ruído de Impacto



Fonte: AS ENGENHARIA, 2016

Seguindo os conceitos e as ideias citadas anteriormente, para realizar a melhor escolha do tipo correto de revestimento acústico da parede, de modo que esse revestimento tenha o efeito almejado no conforto acústico, deve-se levar todo o estudo em consideração. Todos os tipos de paredes são dotados de algum grau de insonorização, pelo que a melhor solução a escolher irá adequar-se à estrutura, para que o desempenho acústico seja realmente eficiente e confortável, (MARTINS; RAMOS, 2017).

2.5 TIPOS DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO ACÚSTICO E SUAS RESPECTIVAS CLASSIFICAÇÕES

A fim de obter um revestimento de isolamento acústico de alta qualidade, os materiais a serem utilizados devem ser selecionados corretamente. Primeiramente é classificado pelos materiais de tratamento de isolamento / isolamento acústico. Estes materiais podem ser inicialmente classificados em materiais convencionais e materiais não convencionais.

2.5.1 Materiais não Convencionais

São materiais especialmente desenvolvidos para isolamento acústico em ambientes diferentes. Normalmente, esses materiais também possuem algumas vantagens de refrigeração. Neste sentido se discutirá a propriedade e constituições de alguns destes materiais: fibra de coco (inovação ecológica), lã de vidro, lã de rocha, cortiça, vermiculita e espuma elastomérica (SALVADOR; SOFIA, 2001).

2.5.1.1 Fibra de Coco

A fibra de coco é um produto alternativo que atende aos requisitos de sustentabilidade, pois pode reduzir a geração de resíduos sólidos, limitando seu impacto no meio ambiente. O plantio de coqueiros é fácil e pode ser produzido por muito tempo. “O fruto do coqueiro. O coco é constituído por uma parte externa lisa (exocarpo); é composto por partes fibrosas e grossas que compõem o mesocarpo; o endocarpo, uma casca muito dura e lenhosa. Todas essas partes envolvem amêndoas.” (SENHORAS, 2005, p. 14)

Em seguida, a Figura 8 mostra com mais detalhes a composição do coco.

Figura 8 - Partes do Coco



Fonte: PASSOS, 2005

Depois de todo o processo de extração do mesocarpo, deriva o produto substrato de coco, que é usado para a fabricação de diversos materiais de isolamento acústico, sendo um deles placa de fibra de coco.

Como mostra nas Figura 9 e Figura 10.

Figura 9 - Substrato de Coco



Fonte: PROJETO DE COCO VIVO, 2011

Figura 10 - Placa de Fibra de Coco



Fonte: ENGEPLAS, 2005

As fibras de coco combinadas com aglomerados de cortiça expandida apresentam resultados significativos na absorção de ondas de baixa frequência difíceis de alcançar com outros materiais. Por ser um material de alta resistência e durabilidade, pode atender a demanda do mercado, na utilização térmico – acústico, (SENHORAS, 2005).

2.5.1.2 Lã de Vidro

A lã de vidro (Figura 11) é um material fibroso, feito de fibra de vidro e resina, com incríveis propriedades termoacústicas, sendo amplamente utilizada em construções civis. A lã de vidro fornece alto isolamento térmico e taxa de absorção de som, e as ondas sonoras em contato com a lã são facilmente absorvidas devido à porosidade da lã, (REFRATIL, 2017).

O mercado oferece mantas, mantas de polietileno, mantas aluminizadas, mantas de feltro para estruturas metálicas e mantas de fibra cerâmica para tubos e equipamentos de alta temperatura, (ISAR, 2006).

- é leve e de fácil manipulação;
- é incombustível, ou seja, não propaga chamas;
- não deterioram;
- não favorece a proliferação de fungos ou bactérias;
- não tem desempenho comprometido quando exposto à maresia;
- não é atacada nem destruída pela ação de roedores.

Figura 11 - Rolo de Lã de Vidro



Fonte: TERAC, 2015

2.5.1.3 Lã de Rocha

A lã de rocha (Figura 12) pode ser usada para tetos, divisórias, tubos de ventilação Ar condicionado, faixa de temperatura de 50 ° C a 750 ° C, (SALVADOR; SOFIA, 2001). Esse material é feito de basalto e outros minerais, aquecido a 1500 ° C e convertido em filamentos por centrifugação. As fibras são unidas com resinas e aditivos especiais para garantir o controle de espessura e repelindo água e poeira, tem o produto final em chapa, rolo, painel, tubo, (DUARTE; IMAI; NII, 2009).

As principais características deste material são:

- Incombustibilidade;
- Resistência ao fogo (Figura 13);
- Segurança;
- Absorção acústica elevada;
- Boa resiliência a temperaturas de até 750°C;
- Facilidade de manuseio;
- Imputrescível, inodora e quimicamente neutra;
- Possui baixo nível de condutividade térmica.

Figura 12 - Rolo de Lã de Rocha



Figura 13 - Lã de Rocha Resistindo ao Fogo de 200°C



Fonte: TERMOLAN, 2015

2.5.1.4 Cortiça

De acordo com pesquisa no site da Cortiarte (2017), a cortiça é um produto extraído de um sobreiro, que é uma árvore cultivada principalmente em Portugal, Espanha e norte da África. A cortiça é um material totalmente reciclável e também pode ser utilizada para expectativas de sustentabilidade. Muito usada também na fabricação de rolhas para bebidas fermentadas.

Na Figura 14, mostra o descortiçamento da capa do sobreiro com o auxílio de um machado.

Figura 14 - Sobreiro

Fonte: APCOR, 2011

A cortiça é a casca do sobreiro, papel vegetal totalmente natural, feito de um favo de mel de células microscópicas, o gás é o mesmo que o ar e é principalmente Lignina (APCOR, 2017). A Figura 15 mostra um exemplo de cortiça expandida.

Figura 15 - Granulado Expandido Cortiça

Fonte: APCOR, 2011

Seu material granulado de cortiça expandida é leve com propriedades de isolamento acústico, podendo ser utilizado em paredes, contra piso, entre outros.

2.5.1.5 Vermiculita

É um mineral do grupo mica (ferro hidratado, aluminossilicato e magnésio), que consiste em uma superposição de uma lâmina de vidro fina. Quando exposta a alta temperatura (cerca de 1000 ° C) expande para vinte vezes seu volume, assim deixando um grande vazio dentro, (OLIVEIRA; UGARTE, 2004).

A principal característica deste material é: baixa densidade, faixa de 80 a 120kg / m³, baixa condutividade, não corrosivo, insolúvel em água, não tóxico, não abrasivo, inodoro, não decomposto, não apodrece ou deteriora.

Dentro da construção civil, segundo Oliveira *et al.* (2004), a vários tipos de usos e aplicações desse material, tais como: enchimento de pisos, divisórias, isolamento térmico e acústico de tetos, placa e parede, à prova de fogo, sala à prova de som, sala à prova de fogo, gesso isolante, entre outros.

Na Figura 16, mostra a vermiculita fina antes de sua expansão.

Figura 16 - Vermiculita Antes da Expansão



Fonte: MANUAL DA JARDINAGEM, 2011

Na Figura 17, a vermiculita se apresenta em seu estado expandido.

Figura 17 - Vermiculita Expandida



Fonte: MANUAL DA JARDINAGEM, 2011

Sua condutividade térmica é baixa, podendo ser utilizada com objetivos termoacústicos através de reboco. Tendo característica principal em:

- Baixa condutividade acústica e densidade, até 62% de redução de ruídos;
- Baixa condutividade térmica;
- Atóxica (não apresenta risco a saúde);
- Praticamente incombustível.

Existe também o tijolo de vermiculita expandida que possui propriedade de isolamento acústico, como mostra na Figura 18.

Figura 18 - Tijolo Isolante de Vermiculita em Estado Expandido



Fonte: REFRAATIL REFRAATORIOS, 2018

2.5.1.6 Espuma elastomérica

O material é uma espuma de poliéster poliuretano autoextinguível com as seguintes características:

- Após tratamento retardador de chamas para melhorar sua resistência ao fogo;
- Evitar fungos e bactérias.

A espuma elástica é usada principalmente para acústica em escritórios, auditórios, salas de treinamento e estúdios de gravação. Esse tipo de material está disponível no mercado na forma de placas de diferentes espessuras e tamanho. Não exige um preparo especial para seu acabamento, o próprio produto pode ser o acabamento final, sendo dessa forma tendo uma fácil aplicação, (GROTTA, 2009).

Espuma elastomérica sendo usada em uma sala acústica, como mostra na Figura 19.

Figura 19 - Sala Isolada com Espuma Elastomérica



Fonte: VIBRASOM, 2017

2.5.2 Materiais Convencionais

São materiais de vedação comumente usados em edifícios civis. Uma vantagem desses materiais é o efeito razoável de isolamento acústico, adequado para uso geral. Porém não garante uma diminuição suficientemente de ruídos.

Alguns exemplos são:

- Blocos cerâmicos, blocos de concreto/concreto areado;
- Bloco de sílica calcária;
- Madeira;
- Vidro, entre outros.

Entretanto os mais usados em edificações no Brasil atualmente são os blocos cerâmicos e blocos de concreto. (SILVA, 2014)

2.5.2.1 Bloco Cerâmico

O bloco cerâmico utilizado para a vedação é uma parte oca com orifício horizontal, que tem a função de resistir ao peso da alvenaria e ocupar pouco espaço, como pias, armários, TVs entre outros. Para ser utilizado deve, também, atender às normas da NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

Nas Figura 20 e Figura 21 mostram, respectivamente, um exemplo de bloco cerâmico e uma alvenaria de vedação com o mesmo.

Figura 20 - Bloco Cerâmico de Vedação



Fonte: OBRAMAX, 2011

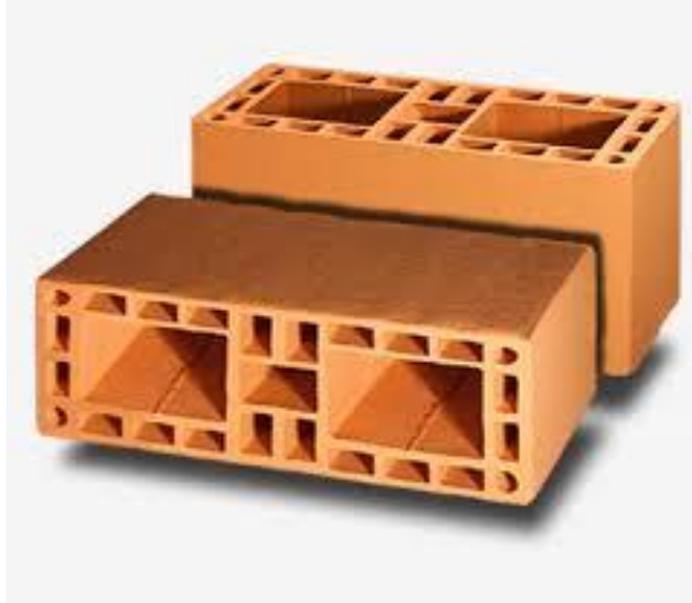
Figura 21 - Alvenaria de Vedação com Bloco Cerâmico



Fonte: REVISTAADNORMAS, 2013

Já na Figura 22 e Figura 23, temos, respectivamente, um exemplo de bloco cerâmico estrutural e o mesmo sendo usado em uma edificação.

Figura 22 - Bloco Cerâmico Estrutural



Fonte: CERAMICAPALMADEOURO, 2016

Figura 23 - Edificação Construída com Bloco Cerâmico Estrutural



Fonte: CERAMICAPALMADEOURO, 2016

2.5.2.2 Bloco de concreto

O bloco de concreto é, basicamente, uma peça desenvolvida a partir da mistura de água, cimento e agregados miúdos e graúdos. Os materiais constituintes do bloco de concreto devem ser especificados e utilizados de acordo com suas propriedades, para que o produto final esteja em conformidade com as metas projetadas, (FILHO, 2007).

Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016) afirma “os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto, [...]” NBR 6136, (ABNT, 2016, 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).

A Figura 24 trata-se de uma edificação construída com bloco de concreto.

Figura 24 - Edificação com Bloco de Concreto Estrutural



Fonte: TOTALCONSTRUCAO, 2013

Atualmente, tem ganhado muita visibilidade, onde são utilizadas principalmente em empreendimentos industriais e edificações. Essas peças contam com inúmeras vantagens que têm atraído, cada vez mais, os profissionais da área. (BARROS, 2017)

Quando finalizado, esse material é utilizado como o alicerce da obra, dando forma e suportando todos os pesos da construção.

Confira abaixo, um pouco mais sobre a sua composição:

- Os agregados mais utilizados são: areia natural, pedriscos, pó de brita, areia industrial;
- Após serem misturados, esses materiais passam por um equipamento de prensagem;
- Por fim, o concreto vai para etapa de cura, que é ideal para impedir a diminuição da umidade dos blocos para o ambiente. Essa fase também serve para aumentar a resistência do produto.

Desta forma proporcionando proteção acústica ao espaço e abrigando os sistemas elétricos e hidráulicos.

3 METODOLOGIA E TÉCNICAS EXECUTADAS NA CONFECÇÃO DAS PAREDES E SEUS DEVIDOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO E CAPTAÇÃO DE RUÍDOS SONOROS

A fim de debater as técnicas e a metodologia empregadas para as análises prática realizadas neste trabalho, é importante enfatizar, das normas técnicas brasileiras, os limites de nível de som para o conforto acústico.

Este capítulo apresenta as normas relacionadas com o desempenho acústico e logo após, a apresentação dos métodos e técnicas utilizadas no ensaio realizado.

3.1 NORMAS RELACIONADAS AO CONFORTO ACÚSTICO

Existem no Brasil, normas específicas com métodos de avaliação dos níveis de ruído acústico. A NBR 10151 (ABNT, 2020, p. 1) tem o objetivo que “[...] especifica um método para a medição de ruído [...]”, a mesma estabelece uma metodologia de avaliação acústica onde o nível máximo de ruído é fixado e os níveis de pressão sonora são definidos em decibéis para locais dentro de um município.

A Tabela 1 (ABNT, 2020, p. 3) e a Tabela 2 (ABNT, 2020, p. 2) a seguir apresentam, respectivamente, os níveis de pressão sonora em determinados tipos de áreas divididos em horário diurno e noturno e os valores em decibéis permitidos nos locais apresentados.

Tabela 1 - Nível de critério de avaliação de ruído sonoro em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas 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, 2020) adaptado.

Tabela 2 - 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, 2020)

A NBR 12179 (ABNT, 1992, p. 1) tem como objetivo principal fixar “[...] os critérios fundamentais para execução de tratamentos acústicos em recintos fechados.”. A mesma apresenta valores referentes ao isolamento acústico de diversos materiais conforme Tabela 3 (ABNT, 1992, p. 5).

Tabela 3 - Valor do isolamento acústico de diversos materiais

Material	Isolamento acústico em decibéis (500Hz) (dB)
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 10 cm)	45
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 20 cm)	50
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 30 cm)	53
Alvenaria de tijolo maciço (espessura de 40 cm)	55
Alvenaria de tijolo furado (espessura de 25 cm)	10
Chapa de fibra de madeira tipo “Soft-Board” (espessura de 12mm)	18
Chapa de fibra de madeira tipo “Soft-Board” com camada de ar intermediária de 10 cm	30
Chapas ocas de gesso (espessura de 10 cm)	24
Compensado de madeira (espessura de 6,0 mm)	20
Compensado de madeira (espessura de 6.0 mm) duas placas com camada de ar intermediária de 10 cm	25
Concreto - laje entre pavimentos	68
Vidro de janela (espessura de 2.0 a 4.0 mm)	20 a 24
Vidro grosso (espessura de 4,0 a 6,0 mm)	26 a 32
Vidro de fundição (espessura de 3 a 4 mm) uma placa	24
Vidro de fundição (espessura de 4 a 6 mm) duas placas com camada de ar intermediária	36

Fonte: NBR 12179 (ABNT, 1992)

3.2 CONSTRUÇÃO DAS PAREDES PARA ANÁLISE PRÁTICA

Para a análise prática experimental, foram construídas quatro paredes com dimensões acabadas iguais, sendo 1 metro de comprimento, 80 centímetros de altura e 14 centímetros de espessura. Foram utilizados blocos cerâmicos de dimensões 9x19x19 assentados com argamassa com o traço de 1:3 (cimento, areia), em uma base lisa, auxiliados com um prumo e sem desvio de nível.

As Figura 25 e Figura 26 mostram o início do processo experimental.

Figura 25 - Produção da Argamassa



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 26 - Levantamento das Paredes



Fonte: AUTORES, 2021

Uma das paredes foi utilizada como modelo (Figura 27), tendo em sua composição apenas argamassa mista de cimento, areia e cal, tendo seu traço 1:1:3. Já as demais foram construídas com o traço 1:1:3:1 tendo os seguintes materiais adicionados na argamassa:

- Grânulos de vermiculita expandida (Figura 28).
- Grânulos de poliestireno expandido ou EPS (Figura 29).
- Grânulos de cortiça (Figura 30).

Figura 27 - Parede com Revestimento Simples em Construção



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 28 - Parede Revestida com Vermiculita Expandida



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 29 - Parede Revestida com EPS



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 30 - Parede Revestida com Cortiça em Construção



Fonte: AUTORES, 2021

Para paredes internas o revestimento admissível em argamassa deve ter espessura entre 5 e 20 milímetros. Já para parede externas o revestimento admissível deve estar entre 20 e 30 milímetros (ABNT, 2013).

Seguindo essas instruções, em todas as paredes da análise experimental foi utilizado 20 milímetros de espessura de argamassa revestida.

Logo após a fase de construção das paredes, foi realizado a confecção da caixa acústica.

3.3 CONFECÇÃO DA CAIXA ACÚSTICA

Para a construção da caixa acústica, foi utilizado MDF cru nas seguintes dimensões: 1,05 metro de largura, 80 centímetros de altura, 1,05 metro de comprimento e 8 centímetros de espessura. Para o isolamento acústico dos ruídos externos, utilizou-se cartelas de embalagens de ovos coladas com selante PU.

As Figura 31 e Figura 32 mostram o processo de construção da caixa, já a Figura 33 apresenta a mesma finalizada.

Figura 31 - Confeção da Caixa Acústica



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 32 - Colagem das Embalagens de Ovo



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 33 - Caixa Acústica Finalizada



Fonte: AUTORES, 2021

O objetivo da caixa acústica é isolar o som da análise experimental dos sons externos, fazendo assim a parede como a única barreira para o ruído emitido pelo equipamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ensaio experimental foi utilizado como emissor de ruído uma caixa de som portátil de potência média 10 W. Como medidor de pressão sonora foi utilizado um aplicativo de smartphone cujo nome é Decibelímetro. Com auxílio do aplicativo, foi captado os ruídos sonoros que atravessaram a parede e anotado o resultado.

O teste foi realizado em uma zona urbana, onde há interferências sonoras que podem influenciar nos resultados.

A caixa de isolamento acústico criada não foi suficiente para isolamento dos ruídos externos, porém amenizou os mesmos e assim foi possível realizar o experimento interno tendo resultados providos da interferência da parede em questão.

Como recomendado pela NBR 10151 (ABNT, 2020), foi realizado a medição do ruído externo e o valor obtido foi de 85 dB de pressão sonora conforme Figura 34 e Figura 35.

Figura 34 - Pressão Sonora Externa Captada



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 35 - Pressão Sonora Externa Captada



Fonte: AUTORES, 2021

Seguido da medição de pressão sonora externa, foi realizado a medição de isolamento acústico das paredes para verificar sua eficiência acústica sendo as mesmas inseridas no interior da caixa acústica. O resultado da pressão sonora captada foi anotado e comparado com o valor da pressão sonora externa.

A Figura 36 a seguir apresenta a preparação para o ensaio experimental das paredes.

Figura 36 - Preparação da Caixa Acústica para Ensaio



Fonte: AUTORES, 2021

4.1 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS

A fim de verificar qual dos materiais utilizados tem uma eficácia melhor em relação ao custo benefício, foi realizado uma pesquisa de valores em três estabelecimentos diferentes na cidade de Anápolis Goiás, onde obteve uma média conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Média de Valores dos Materiais na Cidade de Anápolis-GO

Material	Valor
Grânulos de vermiculita expandida	R\$0,78 / Litro
Grânulos de poliestireno expandido – EPS	R\$0,58 / Litro
Grânulos de cortiça (matéria prima)	R\$10,66 / Litro

Fonte: AUTORES, 2021

Foi encontrado uma média no valor de R\$78,00 o saco (100 litros) de vermiculita expandida o que resulta em R\$0,78 o litro.

Para o poliestireno expandido, a média dos valores encontrado foi de R\$58,00 o saco de 100 litros ficando assim R\$0,58 o litro.

Já a cortiça granulada foi encontrada em apenas um estabelecimento tendo seu valor de R\$106,60 o saco com 100 litros retornando um valor de R\$10,66 o litro. Pela dificuldade de sua oferta na cidade de Anápolis, percebemos o valor mais elevado em relação aos outros materiais tornando assim inviável para este fim.

A partir do processo experimental realizado em todas as paredes, obteve-se os resultados informados na Tabela 5 apresentada:

Tabela 5 - Resultado da Pressão Sonora Captada Através das Paredes

Tipo de parede	Pressão sonora interna captada (dB)	Pressão sonora externa (dB)
Parede com revestimento de argamassa convencional	80	85
Parede com revestimento de argamassa com adição de grânulos de vermiculita expandida	74	
Parede com revestimento de argamassa com adição de grânulos de poliestireno expandido	73	
Parede com revestimento de argamassa com adição de cortiça	74	

Fonte: AUTORES, 2021

Obteve-se na parede revestida com argamassa convencional uma pressão sonora captada de 80 dB, logo o som absorvido pela parede acabada foi de 5 dB.

Nas paredes preenchidas com grânulos de vermiculita expandida obteve-se um nível de pressão sonora de 74 dB que resulta em 11 dB de absorção.

Para a parede com adicional de grânulos de poliestireno expandido (EPS) o valor de nível de pressão sonora obtido foi de 73 dB, logo, comparado as outras paredes desse ensaio experimental, o material em questão demonstra mais eficiência acusticamente que as demais, tendo absorvido um valor total de 12 dB.

E por fim, a parede em que foi adicionado a cortiça, obteve-se um valor de captação sonora de 74 dB, onde houve uma absorção de 11 dB.

Mesmo com a caixa não isolando completamente os ruídos externos, possivelmente pelos materiais utilizados, que não são ideais pra este fim, foi possível ter parte dos ruídos isolados o que auxiliou nos dados obtidos para comparação.

O resultado obtido pela parede com argamassa convencional sem adições foi utilizado como referencial para as demais.

No entanto, o conjunto alvenaria/argamassa mais eficiente para isolamento acústico, nessas condições, foi a parede com adicional de poliestireno expandido (EPS) e assim, relacionado com o custo benefício dos materiais, conclui-se que o EPS é o mais viável para utilização como material adicional na argamassa para fins acústicos.

Com base nos resultados obtidos na tabela anterior, foi realizado a relação da redução dos ruídos internos que cada parede obteve. Na Tabela 6 foi apresentado o resultado dessa relação.

Tabela 6 - Relação da Redução dos Ruídos Internos das Paredes

Tipo de paredes	Redução sonora (%)
Parede com revestimento de argamassa convencional	6
Parede com revestimento de argamassa com adição de grânulos de vermiculita expandida	13
Parede com revestimento de argamassa com adição de grânulos de poliestireno expandido	14
Parede com revestimento de argamassa com adição de grânulos de cortiça	13

Fonte: AUTORES, 2021

Tendo como comparação a pressão sonora externa, tivemos na parede com revestimento de argamassa convencional uma redução de 6% dos ruídos sonoros.

A parede com revestimento de argamassa adicionado vermiculita expandida granulada e grânulos de cortiça, tiveram uma redução de 13% cada, nos ruídos.

Com a adição de grânulos de poliestireno expandido, a redução do som foi de 14%, sendo assim o material que obteve a maior redução sonora.

4.2 APLICAÇÃO DO MATERIAL ESCOLHIDO EM UMA PAREDE DE UMA CASA EM ANÁPOLIS GOIÁS

Após a análise e discussões dos resultados do ensaio experimental, foi aplicado o conjunto alvenaria/argamassa de poliestireno expandido (EPS), que obteve melhor resultado em relação ao isolamento acústico e custo benefício, em uma parede de uma casa localizada em Anápolis-GO.

As Figura 37 e Figura 38 mostram a aplicação do revestimento com EPS na alvenaria.

Figura 37 - Argamassa com EPS Aplicada em um Parede



Fonte: AUTORES, 2021

Figura 38 - Fotografia Ampliada da Parede com Revestimento de EPS



Fonte: AUTORES, 2021

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos estudos realizados neste trabalho e nas normas que tratam deste assunto verificou-se a importância do tratamento acústico dentro da construção civil, onde o objetivo principal é garantir conforto e qualidade de vida.

Com o constante crescimento das cidades conseqüentemente elevou-se o nível de ruídos e desta forma novas regras devem ser aplicadas para garantir o conforto acústico no isolamento de ruídos das edificações civis. Embasando-se nessa informação, foram aplicadas medidas de isolamento acústico desde o projeto inicial até nos materiais utilizados como revestimento da construção civil, onde a escolha do mesmo é de extrema importância para trazer benefícios aos seus indivíduos que desfrutarão do ambiente.

Este trabalho apresenta uma redução sonora mínima de 6 dB e máxima de 7 dB em relação a parede convencional sem adição de material isolante conforme estudo apresentado. Vale lembrar que a unidade de medida decibel é usada para medir unidades sonoras onde 1 bel corresponde a 10 decibéis e esse valor é o que percebemos o volume com relação a intensidade do som.

De forma geral, o limiar da audição humana começa em 10 dB que é representado pelo som da respiração e vai até a alta intensidade 140 dB onde a partir deste ponto já fica insuportável pela alta intensidade do som. Para se ter uma ideia de quanto é ensurdecedor, um show com caixas de som potentes pode atingir até 120 dB. O nível de pressão sonora em um local predominante industrial é de no máximo 70 dB no período diurno, segundo NBR 10151 (ABNT, 2020).

5.1 SUGESTOES DE TRABALHOS FUTUROS

Para pesquisas futuras, considerando as placas de MDF utilizada na confecção da caixa acústica, sugere que seja utilizada um MDF com uma espessura maior, vedações de melhor qualidade como por exemplo a espuma elastomérica ao invés da embalagem de ovo de papelão e equipamentos profissionais de emissão e captação de pressão sonora. Desta forma, terá resultados mais próximos da realidade do isolamento em uma residência.

Espera-se que este trabalho atual colabore para expandir o conhecimento sobre a inovação das técnicas construtivas do conforto acústico, onde a qualidade e o bem-estar das pessoas deve ser priorizado nas edificações do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed.** São Paulo. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados.** Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, p. 11. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas - Especificação.** Rio de Janeiro. 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho: Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, p. 71. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 13529. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia.** Rio de Janeiro, p. 13. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos.** Rio de Janeiro, p. 9. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento.** Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de ruídos para conforto acústico.** Rio de Janeiro. 2020.

APCOR. **Cortixa Versátil e Única.** [S.l.]. 2017.

BARROS, Iris Vargas. **Utilização do bloco de concreto em construção de empreendimento: um estudo de caso nas empresas a&b na cidade de Manaus.** Universidade Federal do Pará. Bélem. 2017.

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

CARASEK, Helena ; COSTA, E. B. C.. Influência dos parâmetros de ensaio na determinação da resistência de aderência de revestimento de argamassa. **Ambiente Contrído v.9, n 4,** 2009.

CARDOSO, F. A. *et al.* **Caracterização física de argamassa de revestimento do mercado nacional.** In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, VIII, In: ANTAC.** Curitiba. 2009.

CAVALCANTE, Zedequias Vieira ; SILVA, Mauro Siqueira. **A Importância da Revolução Industrial no Mundo da Tecnologia.** Maringá. 2011.

CERVO, A. L. ; BERVIAN, P. A.. **Metodologia Científica.** São Paulo. 1983.

CORTIARTE. História da Cortiça. **Site Institucional da Empresa Cortiarte**, 2017. Disponível em: www.cortiarte.com.br/conteudo/show/id/3. Acesso em: 24 Nov 2020.

DENGE. **Notas de aula da disciplina construção civil.** Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2002.

DUARTE, Denise ; IMAI, Estela Mari; NII, Patricia Megumi. **Fibras naturais e sua aplicação na arquitetura.** USP. São Paulo. 2009.

FERNANDES, João Candido. Acústica e ruídos. **Bauru:** Unesp, 25 Nov 2002. Disponível em: <https://temseguranca.com/wp-content/uploads/2015/06/AC%daSTICA-E-RU%cdDOS-APOSTILA-1%ba-PARTE-Jo%e3o-Candido-Fernandes.pdf>.

FERREIRA, Beatriz B. D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados.** UFMG. Belo Horizonte, p. 192. 2010.

FILHO, Jose Americo Alves Salvador. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas.** São Carlos. 2007.

GROTTA, Danubia de Lima. **Materiais e técnicas contemporâneas para controle de ruído aéreo em edifícios de escritórios: subsídios para suas especificações.** Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos. [S.l.]. 2009.

ISAR. Isolamentos Térmicos. Lã de vidro - Isolamento Acústico. **Site Institucional da Empresa Isar**, 2006. Disponível em: <https://www.isar.com.br/isolamento-termico/la-de-vidro-para-isolamento-termico>. Acesso em: 1 Dez 2020.

LOQUES, Rafael. **Avaliação do ciclo de vida simplificada do cimento portland.** Rio de Janeiro. 2013.

MARTINS, Lauro Fernando Ferreira ; RAMOS, Rogério Campos. **Estudo de isolamento acústico de materiais aplicados no revestimento de paredes de alvenaria.** [S.l.]. 2017.

OLIVEIRA, Lucas Santos Menezes e; UGARTE, José Fernandes de Oliveira. **Utilização da vermiculita como adsorvente de óleo da indústria petrolífera.** Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. [S.l.]. 2004.

RAMOS, Telma *et al.* **Granitic quarry waste in mortar: Effect on strength and durability.** *Construction and Building Materials.* [S.l.], p. 1001-1009. 2013.

REFRATIL. Isolamentos. Lã de vidro. **Site Institucional da Empresa Refratil Refratários - Isolamentos**, 2017. Disponível em:
<http://www.refratil.com.br/produto/vermiculita-expandida2017>. Acesso em: 19 Nov 2020.

SALVADOR ; SOFIA. **Inovação de produtos ecológicos em cortiça**. INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Lisboa. 2001.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. **Reflexão e Refração do Som**. [S.l.]. 2015.
SENHORAS, Elói Martins. Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde. **Urutágua n° 05**, Maringá-PR, 2005.

SILVA, A. S.. **A evolução dos edifícios em alvenaria auto-portante**. USP. São Paulo. 2014.