



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

LAYSA MINELLE BANDEIRA LOPES

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ISOLANTES TÉRMICOS E  
ACÚSTICOS EM VEDAÇÃO E COBERTURA

Palmas  
2020

LAYSA MINELLE BANDEIRA LOPES

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ISOLANTES TÉRMICOS E  
ACÚSTICOS EM VEDAÇÃO E COBERTURA

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I (TCC I) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CELUP/ULBRA.

Orientador: Prof. Me Fernando Moreno Suart Junior

Palmas  
2020

## RESUMO

LOPES B, L.M. **ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ISOLANTES TÉRMICOS EM VEDAÇÃO E COBERTURA**. 2020, 61 pág. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano, Palmas, TO.

No que se trata de conforto térmico e acústico para a engenharia e arquitetura, deve servir ao homem e ao seu conforto, sendo uma de suas funções, oferecer condições térmicas e acústicas compatíveis ao conforto humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas.

Foram construídos três protótipos com composições diferentes, sendo o primeiro com lã de vidro e telha termoacústica, o segundo com poliestireno expansível (EPS) e com telha termoacústica, por último um protótipo de referência, que foi utilizado materiais de uso convencional nas construções, que são apenas os blocos cerâmicos para vedação vertical e para horizontal a telha de fibrocimento.

Os ensaios foram feitos com protótipos simulando uma situação real, os dados foram coletados em campo e foram aferidas as temperaturas em um dia típico de verão conforme a ABNT NBR 15.575:2013 estabelece e para o desempenho acústico foi utilizado uma fonte de ruídos e coletado os dados conforme a ABNT NBR 10152 e 10151 determina.

Após as coletas foram gerados gráficos e tabelas afim de realizar o estudo comparativos entre os materiais de cada protótipos, com isto foi possível ter o resultado sendo que, o material que obteve o melhor desempenho termoacústica foi o protótipo que utilizou a combinação de lã de vidro juntamente com a telha termoacústica.

**Palavras-chave:** Lã de Vidro. Telha Termoacústica. Poliestireno Expansível.

## ABSTRACT

**LOPES B, L.M COMPARATIVE STUDY OF THE PERFORMANCE OF THERMAL INSULATORS IN SEALING AND COVERAGE.** 2020, 61 p. Course Conclusion Paper (Bachelor in Civil Engineering). Lutheran University Center, Palmas, TO.

In terms of thermal and acoustic comfort for engineering and architecture, it must serve man and his comfort, being one of its functions, offering thermal and acoustic conditions compatible with human comfort inside buildings, whatever the weather conditions external.

Three prototypes with different compositions were built, the first with glass wool and thermoacoustic tile, the second with expandable polystyrene (EPS) and thermoacoustic tile, lastly a reference prototype, which was used materials of conventional use in the constructions, which they are only the ceramic blocks for vertical sealing and for horizontal the fiber cement tile.

The tests were made with prototypes simulating a real situation, the data were collected in the field and the temperatures were measured on a typical summer day according to ABNT NBR 15.575: 2013 establishes and for the acoustic performance a source and noise was used and the data according to ABNT NBR 10152 and 10151 determines.

After the collections, graphs and tables were generated in order to carry out the comparative study between the materials of each prototype, with this it was possible to have the result, being that the material that obtained the best thermoacoustic performance was the prototype that used the combination of glass wool along with the thermoacoustic tile.

**Keywords:** Glass wool. Thermoacoustic tile. Expandable polystyrene

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Fluxos de calor em coberturas e paredes.....	17
Figura 2 — Condição para transferência de Calor .....	18
Figura 3 — Sentido do fluxo de calor em função da diferença de temperatura externa e interna .....	19
Figura 4 — Modos de transferência de calor atuantes em uma parede.....	19
Figura 5 — Variação da intensidade da radiação solar, conforme a latitude .....	20
Figura 6 — Representação da radiação solar, incidente em A e B .....	21
Figura 7 — Cargas térmicas recebidas por residências térreas e isoladas.....	21
Figura 8 — Esquemas as trocas e calor e um telhado.....	22
Tabela 3 — Emissividade das superfícies.....	24
Figura 10 — Dissipação da energia sonora nos materiais porosos .....	31
Figura 11 — Dissipação da energia sonora nos materiais fibrosos.....	31
Figura 12 — Lã de vidro com felt .....	34
Figura 13 — Lã de vidro para Pisos .....	34
Figura 14 — Painel de Lã de vidro .....	35
Figura 15 — Lã de vidro em painel para parede .....	35
Figura 16 — Placas de EPS.....	38
Figura 17 — Aplicação do EPS .....	38
Figura 18 — Aplicação do EPS.....	39
Figura 19 — Modelos de telhas com EPS.....	40
Figura 20 — Composição da telha termoacústica .....	40
Figura 21 — Localização do Protótipo .....	41
Figura 22 — Telha TR 40 .....	42
Figura 23 — Figura 15: Stermo-Hidrometro HT-210 .....	48
Figura 24 — Figura 15: Decibelímetro Digital.....	49
Figura 25 — Montagem do protótipo 1 - Lã de Vidro + telha sanduíche .....	50
Figura 27-Protótipo fachada .....	51
Figura 28 — Protótipos .....	50
Figura 29 — Aferição de acústica .....	52
Gráfico 1 — Resultado Conforto Acústico .....	53
Figura 30 — Aferição de temperatura .....	55
Gráfico 2 — Coleta de dados (1º Dia) - Conforto Térmico .....	56
Gráfico 3 — Coleta de dados (2º Dia) - Conforto Térmico .....	57
Gráfico 4 — Coleta de dados (3º Dia) - Conforto Térmico .....	58
Gráfico 5 — Resultado Conforto Térmico .....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Características térmicas dos materiais, elementos e componentes construtivos. ....	14
Quadro 2 — Resistência Térmica superficial interna e externa.....	17
Quadro 3 — Níveis de Ruído .....	29
Quadro 4 — Propriedades do EPS .....	36
Quadro 5 — Composições dos Protótipos .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Condutividade térmica de alguns materiais construtivos .....	15
Tabela 2 — Propriedades Térmicas dos Materiais (condutividade) .....	23
Tabela 3 — Emissividade das superfícies.....	23
Tabela 4 — Absortividade de cores e superfícies. ....	27
Tabela 5 — Velocidade de propagação dos Materiais .....	30
Tabela 6 — Coleta de dados- Conforto Acústico .....	53
Tabela 7 — Temperaturas 1º Dia.....	56
Tabela 8 — Temperaturas 2º Dia.....	57
Tabela 9 — Temperaturas 3º Dia.....	58

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1	OBJETIVOS .....	10
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	10
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	11
1.2	JUSTIFICATIVA .....	11
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1	PAREDES E COBERTURAS .....	12
2.1.1	<b>Paredes de Vedação</b> .....	12
2.2	PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS ...	13
2.2.1	<b>Propriedades de Transmissão de Calor</b> .....	13
2.2.2	<b>Condutividade Térmica</b> .....	15
2.2.3	<b>Resistência Térmica</b> .....	15
2.2.3.1	Resistência térmica superficial .....	16
2.2.4	<b>Transmitância Térmica (U)</b> .....	17
2.3	DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES E COBERTURA .....	18
2.3.1	<b>Desempenho Térmico de Paredes</b> .....	18
2.3.2	<b>Desempenho Térmico de telhas</b> .....	19
2.4	MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR .....	22
2.4.1	<b>Condução</b> .....	23
2.4.2	<b>Convecção</b> .....	24
2.4.3	<b>Radiação</b> .....	24
2.4.4	<b>Troca de calor entre fluidos separados por uma parede opaca</b> .....	25
2.5	CONFORTO TÉRMICO .....	27
2.5.1	<b>Desempenho de isolamentos térmicos</b> .....	27
2.6	PARÂMETROS ACÚSTICOS .....	28
2.6.1	<b>Som e Ruído</b> .....	28
2.6.2	<b>Propagação Sonora</b> .....	29
2.6.3	<b>Absorção Sonora</b> .....	30
2.7	DESEMPENHO ACÚSTICO .....	32
2.8	ESTUDO DE MATERIAIS ISOLANTES E ACÚSTICOS .....	32
2.8.1	<b>Lã de Vidro</b> .....	32
2.8.2	<b>Poliestireno Expandido</b> .....	35
2.8.3	<b>Telha Sanduíche</b> .....	39
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	41
3.1	DESENHO DE ESTUDO .....	41
3.2	LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	41
3.3	OBJETO DE ESTUDO .....	42
3.4	FLUXOGRAMA .....	43
3.5	ETAPAS DA METODOLOGIA .....	43
3.6	EQUIPAMENTOS .....	47
3.6.1	<b>Aferidor de Temperatura</b> .....	47

3.6.2	<b>Medidor Sonoro</b> .....	48
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	50
4.1	CONFORTO ACÚSTICO NO INTERIOR DOS PROTÓTIPOS .....	52
4.2	TEMPERATURA NOS PROTÓTIPOS .....	54
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	62
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

Sabemos que estamos diante de um aumento populacional constante, conseqüentemente gerando mais poluições, tanto sonora quanto ambiental, fato que impacta diretamente no conforto térmico e acústico da população.

Em termos de desempenho termoacústico, é fundamental que a edificação satisfaça o morador, sendo que, o calor intenso e ruídos não seja um fator negativo. A uma variedade de matérias que possam ser utilizados, desde a cobertura com telhas com menos condutividade térmica, como em forros e paredes com o uso de lãs minerais e poliestireno expansível atuando com isolantes.

Bayer (2014, p. 2493) descreve que, com a crescente produtividade na construção civil, crescem as exigências com relação ao desempenho das edificações, principalmente residenciais. A concepção de uma obra na construção civil deve ser acompanhada de um projeto acústico para salientar a temática do controle de ruídos e vibrações.

Segundo Lamberts (2016), conforto térmico é o estado da mente que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. As variáveis que influenciam no conforto térmico que podem ser medidas diretamente são: a temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e a velocidade do ar.

Os materiais que serão comparados neste estudo são isolantes termo acústicos, sendo a lã de vidro, placas de EPS, e a telha sanduíche. Todos os materiais tem sua própria composição, mais com a mesma finalidade de proporcionar um ambiente mais confortável, com menos calor e ruídos.

As construções e análises dos protótipos serão conforme as normas da ABNT de desempenho térmico e acústico. A ABNT 15575:2013, que define os fatores de desempenho das edificações com requisitos para sistemas estruturais, sistemas de vedações verticais internos e externos, e requisitos para sistemas de coberturas. No desempenho térmico ela é complementada pela ABNT NBR 15220:2005 que abrange o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, além de apresentar os métodos de cálculo de algumas propriedades térmicas dos materiais que compõem as edificações.

Em termos de desempenho acústico a ABNT NBR 10151:2000, será aplicada para o procedimento de medição correta do ruído, ou seja, ela específica sob que circunstâncias técnicas podem-se mensurar a intensidade sonora em um determinado ambiente. A ABNT NBR 10152:1987 complementa com os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em diversos ambientes. A mesma estabelece a faixa limite de valores em decibéis ideais para cada tipo de localidade (bibliotecas, restaurantes, hospitais, apartamentos etc.).

Os estudos em conforto termoacústico visam principalmente analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente adequado às atividades e ocupação humanas. Conforme Lamberts (2016) a importância do estudo de conforto térmico está baseada principalmente em 3 fatores: A satisfação do ser humano ou seu bem-estar em se sentir termicamente confortável; A produtividade do ser humano sendo que as atividades intelectuais, manuais e perceptivas, geralmente apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico; A conservação de energia, pois devido à crescente mecanização e industrialização da sociedade, as pessoas passam grande parte de suas vidas em ambientes condicionados artificialmente.

Por esses motivos, se torna importante estudar a transferência de calor e a transmissão de ruídos em uma edificação. Portanto, foi realizado um estudo na cidade de Palmas situada no estado Tocantins, com três diferentes protótipos sendo, um composto de lã de vidro para vedação vertical e telha termoacústica de poliestireno expansível, outro, com poliestireno expansível nas paredes e telha termoacústica e por último um protótipo de referência constituído somente de blocos cerâmicos com reboco e telha de fibrocimento. Após a avaliação comparativa dos protótipos com seus devidos materiais, podemos concluir quais serão as melhores combinações utilizadas, buscando o conforto termoacústico adequado as condições humanas nas edificações. Sabendo que é importante saliente que o estudo em questão pode ser utilizado para racionalizar o consumo de energia.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo a análise comparativa sobre o desempenho do isolamento térmico da lã de vidro, placas de eps e a telha sanduíche, submetidos ambos a uma fonte de calor.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Construir protótipos para aplicação dos materiais e coletas de dados.
- Verificar o desempenho térmico e acústico dos diferentes tipos de materiais (lã de vidro, placas de eps e a telha sanduíche).
- Análise de dados do estudo comparativo, apresentando qual tem melhor desempenho.
- Comparar qual combinação de materiais tem uma eficácia maior para o quesito isolamento térmico e acústico.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este é um estudo que foi concebido pelo interesse da autora na melhoria do desempenho acústico e térmico das edificações. A poluição sonora causada pelo ruído urbano tem influência sobre a qualidade de vida dos indivíduos e diversas pesquisas relacionadas à métodos de isolamento acústico vêm sendo feitas com avanços significativos na área.

Conforme os dados da estação de Palmas- To SONDA, aponta que é uma cidade temperaturas elevadas que pode chegar em média a 35°C e com umidades baixas. O conforto térmico é de fundamental importância para a satisfação do usuário, e quando um edifício não proporciona conforto em seu interior influencia diretamente no consumo energético, considerando que os ocupantes tendem a tomar medidas para torná-lo confortável, por exemplo, o uso de ar- -condicionado (ROAF, CRICHTON e NICOL, 2009). Portanto o estudo será para avaliar qual dos materiais obterá um melhor desempenho termoacústico, a fim de desfrutar com um melhor conforto das edificações.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PAREDES E COBERTURAS

Vedações são elementos destinados a fechamentos interno ou externos de ambientes sendo um sistema construtivo utilizado na construção civil para a separação dos ambientes através de paredes. Segundo o Manual de Construção (2015) industrializadas -Estrutura e Vedação Vol.1 a escolha do tipo de vedação deve ser analisada cuidadosamente sendo precedida de estudo das características de cada sistema. No mercado existem diversos tipos como por exemplo os blocos estruturais que vedam os ambientes e contribuem como função estrutural, blocos cerâmicos que são os mais comuns nas construções, gesso acartonado para drywall usados para divisões internas, entre outros.

#### 2.1.1 Paredes de Vedação

Conforme (PERALTA, G, 2006), as coberturas constituem parte fundamental em uma edificação, protegendo tanto a edificação quanto aos usuários de efeitos nocivos do clima. No entanto, esta proteção depende das propriedades térmicas dos elementos de cobertura que poderão gerar condições internas mais adversas do que a do meio externo. As coberturas devem responder com eficiência a diversos fatores, como desempenho estrutural, térmico e acústico, estanqueidade, proteção contra a chuva entre outros.

(PERALTA, G, 2006), ressalta ainda, que, a cobertura é responsável pelo acréscimo considerável parcela da carga térmica, já que, a sua exposição é permanente à radiação solar. Em relação aos componentes construtivos da cobertura, as telhas desempenham a função principal, visto que, são estas que recebem o ganho de calor, e está diretamente ligado ao conforto térmico dos ambientes e ao consumo de energia. Em coberturas simples, é fundamental analisar as propriedades dos materiais, pois como não existem outras camadas, a proteção contra o excesso de passagem de calor só pode ser realizada pela própria telha.

Segundo (DOMÍNGEZ, 1992), no projeto de uma cobertura devem ser considerados simultaneamente três fatores:

“Parcela de radiação que atravessa a cobertura em relação ao total que incide sobre ela (o que depende do tipo de cobertura e dos materiais utilizados)”

“A quantidade de calor absorvido e dissipado pela cobertura (o que depende do tipo de cobertura, da forma e da cor da superfície)”.

Para (PERALTA, G, 2006), uma correta especificação de cobertura depende, sobretudo, dos conhecimentos do profissional da construção civil acerca das exigências fundamentais, responsáveis por um bom desempenho (como impermeabilidade, resistência ao impacto, isolamento térmico e acústico, leveza e durabilidade). Contudo, é de suma importância conhecer as variáveis climáticas de cada região com as propriedades térmicas dos materiais

O mercado atualmente oferece cada vez mais, maior variedade de telhas, elaborado com diversos materiais. Com as campanhas de sustentabilidade as empresas desenvolveram também, telhas na categoria ecológicas, por serem compostos de resíduos e não desprenderem substâncias nocivas.

## 2.2 PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

As coberturas e paredes, ao mesmo tempo que recebe grande quantidade de calor, também irradiam este calor acumulado, à noite. Essa propriedade varia conforme as características térmicas dos materiais e deve utilizada conforme as estratégias climáticas mais adequadas em cada local.

Segundo (PERALTA, G, 2006), as propriedades termo físicas dos materiais construtivos que interferem nas formas de transmissão de calor são: Absortância, refletância e emissividade (características superficiais à radiação de onda longa); condutividade térmica; calor específico; transferência à radiação; resistência e condutância dos componentes; coeficiente de convecção superficial; características dos materiais em relação radiação solar e coeficiente global de transmissão térmica.

### 2.2.1 Propriedades de Transmissão de Calor

De acordo com (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014), os materiais e elementos construtivos se comportam termicamente em função de suas propriedades térmicas, dependendo assim da parcela de radiação solar incidente, assim como as

propriedades superficiais atingidas. Após a radiação solar incidir, as parcelas são absorvidas, refletidas e transmitidas, cujos valores dependerão respectivamente da refletividade ( $\rho$ ), da absorvidade ( $\alpha$ ), e da transmissividade ( $\pi$ ) do material. A soma destas três parcelas da radiação incidente corresponde a 100% do total, ou seja:

$$\alpha + \rho + \pi = 1 \quad (1)$$

Onde:

$\alpha$ = Coeficiente de absorção;

$\rho$ =coeficiente de reflexão;

$\pi$ =Coeficiente de transmissão;

Para (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014) , ao analisar a absorvidade, pode-se dizer os materiais de construção são seletivos à radiação de onda curta (radiação solar) e a principal determinante desta característica é sua cor superficial, sendo que, um material de cor escura absorverá a maior parte da radiação incidente, enquanto que um material claro absorverá menos. A propriedade térmica que rege a emissão da radiação para o ambiente interno é a emissividade ( $\epsilon$ )

Quadro 1 — Características térmicas dos materiais, elementos e componentes construtivos.

Grandeza	Definição
Emissividade	Quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura
Emitância	Taxa de emissão de radiação por unidade de área
Absortância à radiação solar	Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície
Refletância à radiação solar	Quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 15220-1 (2003)

### 2.2.2 Condutividade Térmica

Segundo (INCROPERA, 2008) a condutividade térmica é uma propriedade de transporte específica de cada material que indica a taxa em que a energia é transferida por meio de processo de difusão. (KAPUNO, RATHORE, 2011) enfatiza que, a taxa de transferência de calor é definida através da espessura do material pela unidade de área e a diferença de temperatura.

Para (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014) a condutividade térmica depende da densidade do material e representa sua capacidade em conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo.

Tabela 1 — Condutividade térmica de alguns materiais construtivos

Material	$\lambda$ (W/m.K)
Concreto normal, densidade de 2.200 a 2.400 kg/m <sup>3</sup>	1,75
Tijolo de barro, densidade de 1.000 a 1.300 kg m <sup>3</sup>	0,700
Madeira, densidade de 450 a 600 kg m <sup>3</sup>	0,150
Isopor, densidade de 25 a 40 kg/m <sup>3</sup>	0,035

Fonte: Lamberts, dutra, pereira (2014)

Portanto, podemos perceber que, conforme a densidade do material diminui, reduz também sua condutividade térmica.

### 2.2.3 Resistência Térmica

A resistência térmica de um material é sua propriedade em resistir a passagem de calor. Conforme (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014), quanto maior a espessura deste material maior será a sua resistência a passagem de calor. Além do que, quanto maior a condutividade térmica de um determinado material, maior será a quantidade de calor transferida entre as suas superfícies e, conseqüentemente, menor será a sua resistência térmica.

### 2.2.3.1 Resistência térmica superficial

(LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014) a resistência térmica superficial traduz os efeitos das trocas de calor por radiação e convecção entre a superfície do material sob análise e o meio que circunda. Quando a superfície a ser considerada está limitando o material e o meio exterior, a sua resistência superficial é considerada externa e quando a superfície limita o material e o meio interior, a resistência superficial é interna.

Segundo (LAMBERTS, GHISI, ABREU, CARLO, BATISTA, MARINOSKI, NARANJO, DUART, 2016) , supondo que uma superfície obtenha sua temperatura do meio exterior maior que a do meio interior, esta irá receber calor do meio por convecção e radiação, caracterizando a primeira fase de transmissão de calor. Além do que haverá um incremento da temperatura desta superfície, em uma proporção que dependerá da resistência superficial externa ( $R_{se}$ ), sendo um valor adotado conforme a velocidade do vento de 0,04 conforme a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2 (2003).

Para os mesmos autores, na fase final do processo de transmissão de calor, quando este já atravessou o material e está prestes a penetrar no ambiente interno, as trocas térmicas entre superfície do material limítrofe e o ar interno acontecem por convecção e radiação.

Segundo a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2, 2003) a resistência térmica superficial varia de acordo com vários fatores, tais como: emissividade, velocidade do ar sobre a superfície e temperatura da superfície, do ar e superfícies próximas. O quadro 2 apresenta valores médios recomendados pela norma e figura 1 demonstra os fluxos.

Quadro 2 — Resistência Térmica superficial interna e externa.

Rsi (m <sup>3</sup> .K/W)			Rse (m <sup>3</sup> .K/W)		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,1	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2 (2003)

Figura 1 — Fluxos de calor em coberturas e paredes



Fonte: LAMBERTS, R. DUTRA, L.PEREIRA, F. O. R (2004)

Na tabela e na figura demonstra, o fluxo de calor na direção horizontal em paredes e na direção vertical em coberturas, sendo ascendente quando o exterior está mais frio que interior (situação de inverno) e descendente quando o exterior está mais quente (situação de verão).

#### 2.2.4 Transmitância Térmica (U)

“Em uma edificação, as trocas de energia (luz ou calor) entre os meios exterior e interior têm como cerne o envelope construtivo, que envolve o ser humano” (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014).

(RORIZ, M, 2008) define a transmitância térmica como o fluxo de calor, que na unidade de tempo e por unidade de área, passa através do componente, para

uma diferença unitária entre as temperaturas do ar em contato com cada uma das faces desse mesmo componente. A transmitância é, portanto, um indicador do desempenho térmico (em regime término permanente) das edificações. Além do mais, deverá avaliar os comportamentos dos materiais diante a radiação solar.

De acordo com (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014) cada uma das camadas de um fechamento tem uma resistência térmica distintas. A transmitância térmica (U) é o inverso da resistência térmica incluindo as resistências térmicas superficiais. É a variável mais importante para avaliação do desempenho de fechamentos opacos. Através desta variável se pode avaliar o comportamento de um fechamento opacos frente à transmissão de calor, tendo subsídios inclusive par comparar diversas opções de fechamentos.

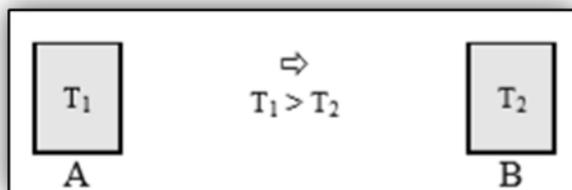
## 2.3 DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES E COBERTURA

### 2.3.1 Desempenho Térmico de Paredes

Conforme a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) , NBR 15220-1, 2003) , o quociente da quantidade de calor que atravessa a superfície durante um intervalo de tempo depende da duração deste intervalo.

De acordo com (LAMBERTS, GHISI, ABREU, CARLO, BATISTA, MARINOSKI, NARANJO, DUART, 2016) a condição essencial para a transmissão de calor é que os corpos tenham temperaturas diferentes.

Figura 2 — Condição para transferência de Calor

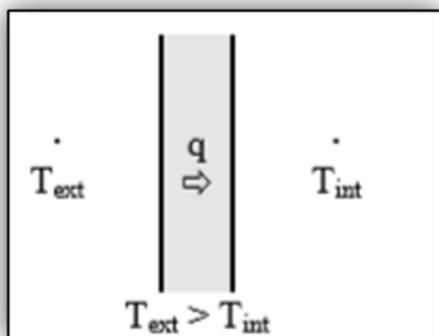


Fonte: Lamberts, Ghisi, Abreu, Carlo, Batista, Marinoski, Naranjo, Duart (2016)

De forma que o corpo A cede parte de sua energia térmica, provocando uma redução de sua temperatura, enquanto o corpo B, ao assimilar esta energia térmica,

aumentara sua temperatura. O processo continua até que as temperaturas igualem ( $T_1=T_2$ ).

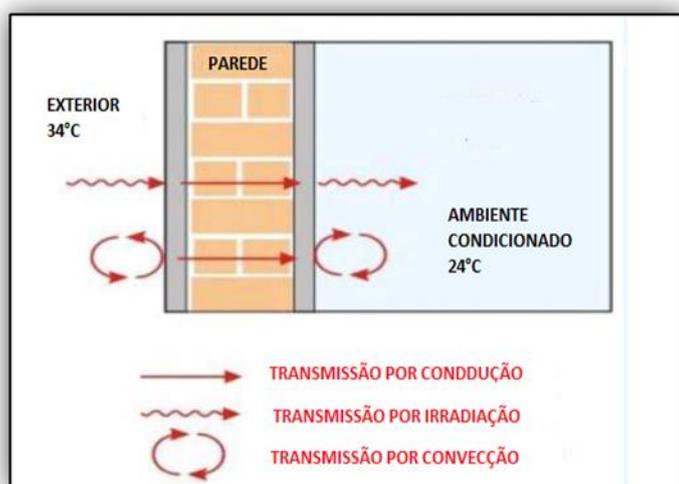
Figura 3 — Sentido do fluxo de calor em função da diferença de temperatura externa e interna



Fonte: Lamberts, Ghisi, Abreu, Carlo, Batista, Marinoski, Naranjo, Duart (2016)

Para (COSTA, E.C.D, 1974) a transmissão de calor pode efetuar-se de três maneiras diferentes. A figura 4 mostra tais maneiras atuando em uma parede. Embora cada uma delas obedece a leis próprias, admite-se em comum as seguintes características: necessidade de uma diferença de temperatura, o fluxo térmico sempre se verifica no sentido das temperaturas decrescentes.

Figura 4 — Modos de transferência de calor atuantes em uma parede.

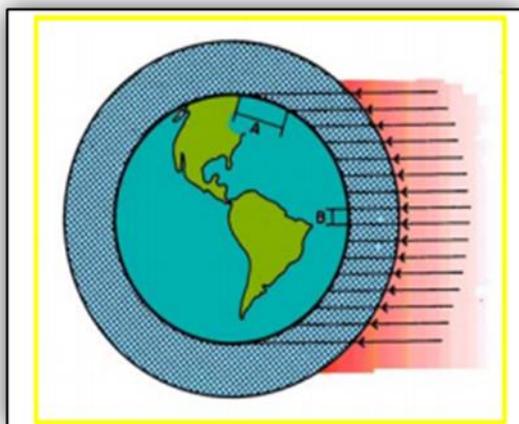


Fonte: PERALTA, G (2006)

### 2.3.2 Desempenho Térmico de telhas

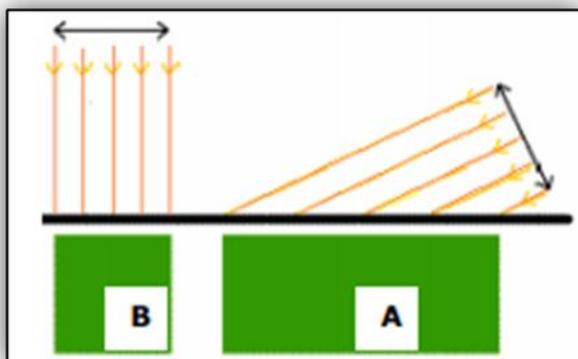
Segundo (PERALTA, G, 2006), os estudos de desempenho térmico de telhas devemos considerar a intensidade da radiação solar incidente, que pode variar conforme a latitude. Já que, latitudes próximas à superfície ao equador (figuras 5 e 6) podemos observar que os raios solares incidem ortogonalmente à superfície terrestre (B) e com um ângulo de incidência inferior a  $90^\circ$  em latitude elevadas (A). Além disso, observa-se que nestas latitudes (A), os raios solares tendem a atravessar a camada mais espessa da atmosfera, o que faz com que a radiação chegue até a superfície com menor intensidade. As variações na orientação e inclinação podem então, aumentar ou diminuir, os valores da radiação solar incidente nestas superfícies, sabendo que, a intensidade e ângulo, desta radiação variam conforme a época do ano.

Figura 5 — Variação da intensidade da radiação solar, conforme a latitude



Fonte: Gonzalez (1986)

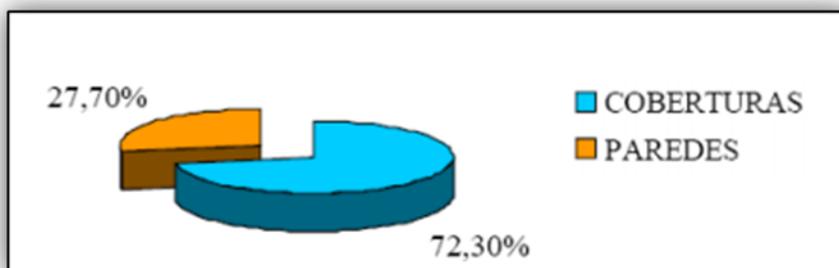
Figura 6 — Representação da radiação solar, incidente em A e B



Fonte: Gonzalez (1986)

(SILVEIRA, W.J.C., 2003) verificou que as coberturas recebem uma incidência solar maior que as paredes, por estarem mais expostas, já que as coberturas recebem 12 horas de insolação, conforme a época do ano, e as paredes 5,5 a 6 horas para latitude maiores. A figura 7, ilustra a diferença quando se comparam as parcelas de cargas térmica recebida pelas paredes e coberturas em habitações térreas

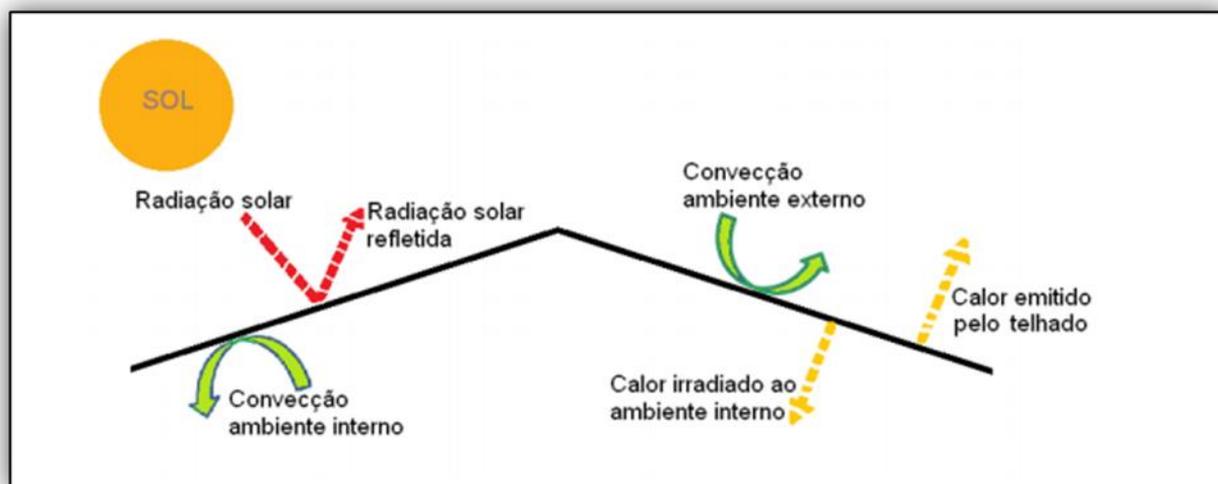
Figura 7 — Cargas térmicas recebidas por residências térreas e isoladas



Fonte: MASCARÓ (1992)

Segundo Peralta G (2006), a época do ano que mais tem um ganho de calor é verão, devido ao a grande incidência solar, ao incidir na edificação e ao seu entorno a radiação solar transforma-se em energia radiante na faixa do espectro correspondente ao infravermelho, contribuindo para a elevação da temperatura do ambiente interno da edificação.

Figura 8 — Esquemas as trocas e calor e um telhado



Fonte: PERALTA, G (2006)

Para (GIVONI, B, 1981), a cor da superfície externa influencia na transmissão da radiação solar, conseqüentemente altera o desempenho térmico da edificação, pois uma parcela da radiação absorvida é convertida em calor, e esta é transmitida para o interior da edificação.

## 2.4 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Segundo (ÇENGEL, GHAJAR, 2011) a, define-se calor como uma forma de energia que pode ser transferida de um sistema para o outro com o resultado de diferença da temperatura. Já uma análise da termodinâmica trata-se de uma quantidade de calor transferido quando um sistema passa de estado de equilíbrio para outro. A transferência de energia, como o calor, é realizada de forma que seja transmitida de um meio com maior temperatura para outro de menor temperatura até atingirem um equilíbrio térmico.

Segundo o mesmo autor, o Calor pode ser transferido de três formas: condução, convecção e radiação. Todos os modos de transmissão de calor exigem a diferença de temperatura e todos ocorrem da maior para o de menor temperatura.

### 2.4.1 Condução

De acordo com (ÇENGEL, GHAJAR, 2011) condução é a transferência de energia das partículas mais enérgicas de uma substância para outras menos energéticas, como resultado a interação entre elas. Este meio de transferência pode ocorrer em líquido, sólido e gases.

Conforme o mesmo autor, a taxa de condução de calor por meio depende da geometria, espessura do material e da diferença de temperatura a que o meio está submetido. Quando se utiliza um material como isolante térmico, como a lã de vidro, em um ambiente com elevadas temperaturas, reduzimos sua taxa de perda de calor. Quanto maior for o isolamento, menor será a sua perda de calor.

Segundo (ÇENGEL, GHAJAR, 2011), a Condutividade térmica de alguns materiais é medida da capacidade de o material conduzir calor. Um alto valor de condutividade indica que o material é bom condutor, enquanto um valor baixo indica que o material é um mau condutor de calor ou isolantes.

Tabela 2 — Propriedades Térmicas dos Materiais (condutividade)

Material	Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade Térmica	Calor Específico
Lã de rocha	20-200	0,045	0,75
Lã de vidro	10-100	0,045	0,70
Poliestireno			
Expandido moldado	15-35	0,040	1,42
Poliestireno estruturado	25-40	0,035	1,42
Espuma Rígida de Poliestireno	30-40	0,030	1,67

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2 (2003)

### 2.4.2 Convecção

Conforme (ÇENGEL, GHAJAR, 2011), a transferência por convecção ocorre entre a superfície de um sólido, líquido ou gás com o fluido em movimento, e, quanto mais rápida a movimentação dos fluidos, a transferência de calor por convecção aumenta. Esta pode ser caracterizada como forçada, quando os fluidos são forçados a fluir nas superfícies externas devido a um ventilador, uma bomba ou o vento. Definida, também, como convecção natural quando o movimento do fluido é causado pela densidade e pela variação de temperatura do fluido.

### 2.4.3 Radiação

(ÇENGEL, GHAJAR, 2011), ressaltam que a radiação é a energia emitida pela matéria sob a forma de ondas eletromagnéticas de átomos ou molécula, sendo que sua transferência de calor não exige a presença e um interveniente.

Um exemplo é radiação solar são nas coberturas de edificações, para Almeida; Garcia; Maldonado; Bragança, a intensidade da radiação solar incidente depende do local, o horário e da época do ano. Um outro fator que deve ser considerado é o tempo, pois este intervalo irá determinar a quantidade de calor armazenada.

Tabela 3 — Emissividade das superfícies

TIPO DE SUPERFÍCIE	$\epsilon$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25
Caiação nova	0,90
Concreto aparente	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,90 / 0,98
Vidro comum de janela	0,90 / 0,95
Pintura: - branca	0,90
- amarela	0,90
- verde claro	0,90
- "alumínio"	0,50
verde escuro	0,90
- vermelha	0,90
- preta	0,90

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2 (2003)

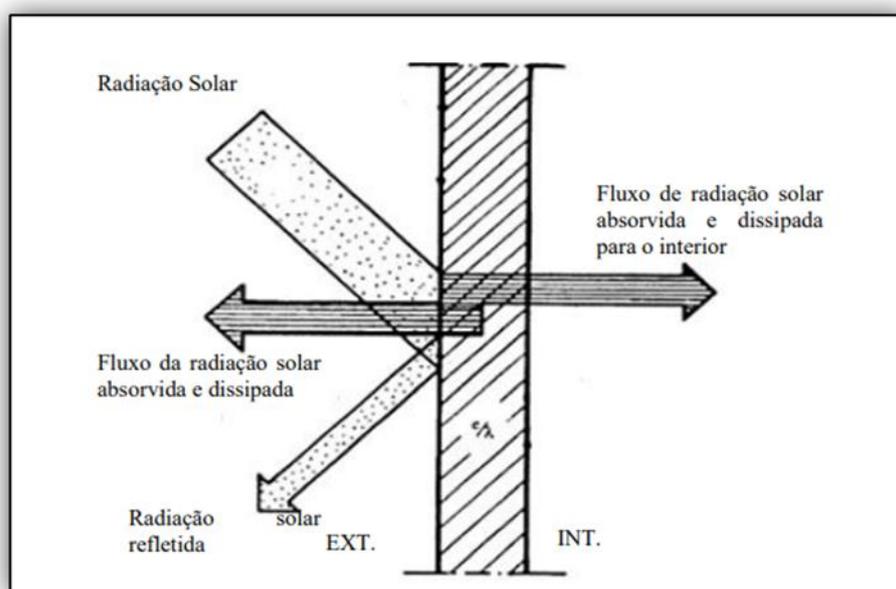
A emissividade de um material está correlacionada com a capacidade de absorção da superfície. De acordo com a lei de *Kirchhoff*, a emissividade ( $\epsilon$ ) de uma superfície à temperatura  $T$  é igual à absortividade ( $\alpha$ ) para uma radiação incidente originada de um corpo à mesma temperatura, ou seja, toda a energia que o material absorveu será emitida para o ambiente.

#### 2.4.4 Troca de calor entre fluidos separados por uma parede opaca

Segundo ( COSTA, E.C.D , 1974) quando dois fluidos, a temperaturas diversas, estão separados por uma parede, a transmissão de calor se propaga do fluido com a temperatura mais elevada por condutividade externa e radiação à parede, para, a seguir, atravessar a parede por condutividade interna e, finalmente, passar novamente da parede ao segundo fluido por condutividade externa e radiação.

De acordo com (FROTA, A. B. E SCHIFFER, S. R, 2001) o comportamento térmico da construção depende do desempenho dos elementos da envoltória, já que estes podem estar expostos a radiação solar ou próximos de elementos que transmitem calor por condução térmica, por isso, obtêm ganho térmicos que pode variar em função das características térmicas dos matérias e da intensidade da radiação solar incidente na edificação.

**Figura 9** — Intensidade do Fluxo



Fonte: Frota, A. B. e Schiffer, S. R (2001)

Após a análise de diferentes fontes bibliográficas para determinação de transferência de calor em paredes, foi considerada a equação de *Frota e Shichiffer* para aplicação do estudo, por ter em sua composição a intensidade da radiação incidente, possibilitando assim uma verificação mais real da situação de desempenho térmico da edificação quanto a sua localização e área de insolação.

Nesta equação, o fator  $I_g$ , - Intensidade da radiação solar incidente global - engloba parâmetros como a latitude do local e a época do ano em que está ocorrendo a insolação para produzir as tabelas de intensidade de radiação incidente (FROTA, A. B. E SCHIFFER, S. R, 2001) que são fatores relevantes na análise do desempenho térmico dos materiais.

Tabela 4 — Absortividade de cores e superfícies.

TIPO DE SUPERFÍCIE	$\alpha$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15
Concreto aparente	0,65 / 0,80
Telha de barro	0,75 / 0,80
Tijolo aparente	0,65 / 0,80
Reboco claro	0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98
Vidro comum de janela	(0,1 - 0,5)
Pintura:	
- branca	0,20
- amarela	0,30
- verde claro	0,40
- "alumínio"	0,40
verde escuro	0,70
- vermelha	0,74
- preta	0,97

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2 (2003)

## 2.5 CONFORTO TÉRMICO

No que se trata de conforto térmico para (FROTA, A. B. E SCHIFFER, S. R, 2001) , a engenharia e arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, sendo uma de suas funções, oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas.

Por outro lado, as intervenções da humanidade acarretam impactos relevante as condições climáticas locais, que por sua vez, também gera uma resposta térmica nas edificações.

Para (MAGGESSI VIOLA), as ações humanas têm alterado o equilíbrio do sistema acrescentando à atmosfera gases estufa em quantidades e taxas excessivas, afetando o equilíbrio do sistema. Portanto o aumento desses gases provoca um aumento na temperatura média da superfície da terra e dos oceanos, gerando o que se entende por aquecimento global.

### 2.5.1 Desempenho de isolamentos térmicos

O isolante térmico é constituído de um material ou estrutura que dificulta a dissipação de calor, seja esta por condução ou radiação térmica, visto que esse material irá esta estabelecer um empecilho para a propagação de calor que já que esses dois meios naturalmente tendem a se obter um equilíbrio térmico. As principais características desses materiais são as altas resistência térmica, alta reflexibilidade e baixa emissividade.

## 2.6 PARÂMETROS ACÚSTICOS

Os parâmetros acústicos definidos a seguir são importantes para compreensão da posterior análise dos resultados obtidos através dos protótipos

### 2.6.1 Som e Ruído

(COSTA, 2003) “som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações se verificam em determinados limites e frequências, relativas à audição humana”. (CARVALHO, 2010) enfatiza que “som requer um meio qualquer para se propagar (sólido, líquido ou gasoso). Dessa forma, pode-se concluir que o som não se propaga no vácuo”.

(DE MARCO, 1940) define o ruído como todo som que não é desejável ao receptor, conclui ainda que “ o ruído pode afetar em várias formas, pode ser forte que cause danos imediato ao ouvido, pode ser forte para causa dano permanente no ouvindo, caso a pessoa fique exposta a ele por muito tempo, ou pode ser perturbador.

Segundo (SEIP, 2007) a percepção de ruído e som é subjetiva, variando de pessoa a pessoa, dependendo de o ouvinte decidir se o som é agradável ou incômodo.

Portanto, ruído é tido como qualquer som que seja indesejado, como uma música, conversas, sons derivados do tráfego, indústrias e que cause prejuízo ao indivíduo.

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10152, 1997) fixa os níveis de ruídos em diversos ambientes, visando o conforto acústico. Os valores estão apresentados no Quadro 3 onde o valor inferior da faixa

representa o nível sonoro para conforto e o superior o nível sonoro aceitável. Quando ultrapassados os níveis superiores é considerado desconforto não necessariamente implicando em danos à saúde.

Quadro 3 — Níveis de Ruído

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

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10152 (1997)

### 2.6.2 Propagação Sonora

O som se propaga por meio de impulsos ocasionados ao meio em torno do corpo sonoro, provocando deformações transitórias que se movimentam longitudinalmente, de acordo com a onda de pressão criada (COSTA, 2003).

Para (GERGES., 2000) o som se propaga em forma de ondas esféricas a partir de uma fonte pontual. Podendo haver algumas situações que dificultam essa propagação, sendo a presença de obstáculos na trajetória e não uniformidade do meio, causa por ventos e gradientes de temperaturas em campo aberto.

A velocidade depende, sobretudo, do meio de propagação. Quanto mais rígido for o material, maior será a velocidade de propagação. A tabela 3 mostra alguns materiais empregados na construção civil e sua velocidade de propagação.

Tabela 5 — Velocidade de propagação dos Materiais

Meio de propagação	Valor em m/s
Aço	4.700 a 5.100
Água	1.460
Alumínio	5.200
Ar	340
Concreto	4.000
Madeira	1.000 a 5.000
Tijolo	3.700
Vidro	5.000 6.000
Zinco	3.400

Fonte: TAMIOSSO, Larissa. (2017)

### 2.6.3 Absorção Sonora

Conforme a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 16373, 2015) descreve que a absorção acústica é a “capacidade de certos materiais de minimizar a reflexão das ondas sonoras em um mesmo ambiente, ou seja, diminuir ou eliminar o nível de reverberação”.

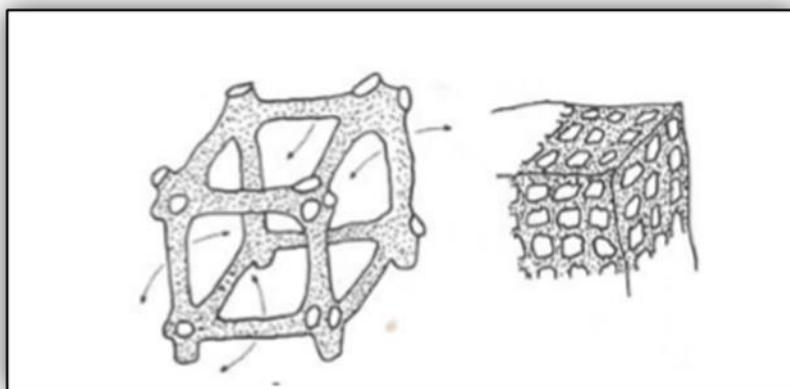
Para (COSTA, 2003) quando uma onda sonora bate em um sólido, uma parte da energia sonora é absorvida no atrito e viscosidade do ar, convertendo-se em calor. Esta parte de energia específica o coeficiente de absorção característica do material. Ou seja, o coeficiente de absorção e o NRC (Coeficiente de Redução de Ruído) são empregados para caracterizar a possibilidade de determinado material ou dispositivo absorver o som.

A absorção acústica existente nas construções é proporcionada por diversos tipos de materiais porosos e fibrosos. Materiais que detêm coeficientes de absorção elevados possuem estrutura porosa e fibrosos. Materiais que detêm coeficientes de

absorção elevados possuem estrutura porosa como tecidos, feltros, plásticos porosos, madeira aglomerada, segundo ressalta (COSTA, 2003).

Gerges (2000, p.314), afirma que materiais porosos ou fibrosos detêm de alta absorção sonora acústica. Nos elementos poros, a energia acústica incidente penetra nos poros e dissipa-se através de múltiplas reflexões e do atrito viscoso, convertendo-se em energia térmica, conforme a figura 10

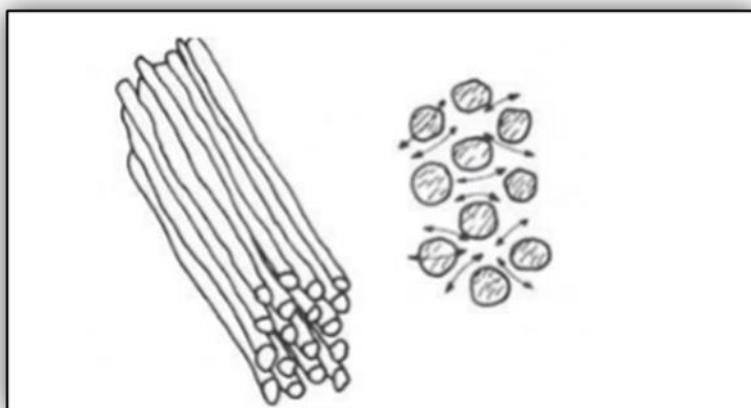
Figura 10 — Dissipação da energia sonora nos materiais porosos



Fonte: GERGES. (2000)

Já para os elementos fibrosos, a energia incidente entra através dos interstícios das fibras, com isso elas vibram junto com o ar, dissipando-se assim por transformação em energia térmica entre as fibras excitada, conforme indicado a figura 11 (GERGES., 2000).

Figura 11 — Dissipação da energia sonora nos materiais fibrosos



Fonte: GERGES. (2000)

## 2.7 DESEMPENHO ACÚSTICO

Os materiais isolantes se bem empregados podem minimizar quase todo o problema, trazendo para seu usuário total satisfação. O ruído é um efeito incomodo e nocivo para o ser humano. Então para reduzir os efeitos causados pelo mesmo, inúmeras técnicas foram criadas dentro do ramo da construção civil, onde o objetivo principal é adequar os ambientes das edificações as exigências de qualidade ou conforto acústico requeridos, sempre buscando garantir o bem-estar de seus usuários (LUCA, 2015).

Segundo (LUCA, 2015) o som “Ocorre quando um meio elástico é perturbado, excitando o sistema auditivo, gerando o fenômeno da audição”. Um ouvido humano percebe frequências entre 20 e 20.000 hertz (Hz). O número de vibrações por segundo podem ser: graves que variam de 125 a 250 Hz, sons médios que vão de 250 a 1.000 Hz ou sons agudos que vão de 1.000 a 4.000 Hz. A voz humana fica entre 500 a 2.000Hz.

## 2.8 ESTUDO DE MATERIAIS ISOLANTES E ACÚSTICOS

### 2.8.1 Lã de Vidro

Segundo (FERRARI, 2015) a lã de vidro é muito utilizada devido ao seu ótimo desempenho em relação a absorção sonora e térmica, devido a porosidade da lã. É um componente obtido através da sílica e sódio juntados por resinas sintéticas em alto forno (CATAI PENTEADO DALBELLO, 2006). O mesmo autor ressalta ainda que devido ao ótimo coeficiente de absorção sonora em função a porosidade da lã, a onda entra em contato lã e é rapidamente absorvida.

De acordo com (LAMBERTS, GHISI, ABREU, CARLO, BATISTA, MARINOSKI, NARANJO, DUART, 2016).

- a) Massa: 65 kg/m<sup>3</sup>
- b) Espessura: 50mm
- c) Condutividade térmica em W/ (m.k) a 24°C: 0,045
- d) Resistência térmica m<sup>2</sup>. (k/w): 1,52

As vantagens segundo (Fabricante.):

- O material possui excelente conforto acústico, reduzindo os ruídos gerados por ambientes vizinhos;
- Melhora a manutenção da temperatura interna do ambiente;
- Pela sua capacidade de compactação o material ocupa até 4 vezes menos espaço, melhorando assim o transporte e armazenagem;
- A maioria dos fabricantes utilizando material reciclado, diminuindo os impactos ambientais;
- Material inquebrável e bastante estável;
- Evita a proliferação de fungos e bactérias;
- Fácil instalação;

O material pode apresentar a desvantagem de causar coceira e incômodo. (CATAI PENTEADO DALBELLO, 2006) o mercado oferece em forma de manta do tipo manta ensacada com polietileno, manta aluminizada, manta revestida com feltro para construções metálicas e manta de fibro-cerâmica para tubulações e equipamentos com temperaturas elevadas.

A lã de vidro é um dos mais tradicionais isolantes termoacústicos utilizado na construção civil. Como isolante térmico possibilita a redução dos gastos com energia, principalmente nos sistemas de ar-condicionado. O material é comercializado de várias formas diferentes, tanto para coberturas quanto para paredes, como as figuras abaixo mostram.

A lã de vidro é um dos mais tradicionais isolantes termoacústicos utilizado na construção civil. Como isolante térmico possibilita a redução dos gastos com energia, principalmente nos sistemas de ar-condicionado. O material é comercializado de várias formas diferentes, tanto para coberturas quanto para paredes.

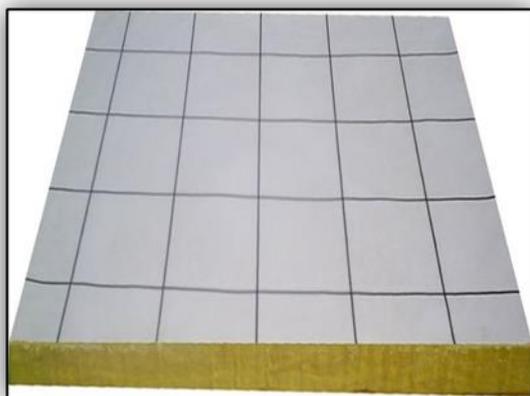
Alguns modelos disponíveis no mercado:

Figura 12 — Lã de vidro com felt



Fonte: Hemeisolantes

Figura 13 — Lã de vidro para Pisos



Fonte: Hemeisolantes...

Figura 14 — Painel de Lã de vidro



Fonte: Hemeisolantes.

Aplicação da lã de vidro em paredes é utilizada para reduzir a entrada de calor pelas paredes externas, pode ser inserida entre paredes duplas de alvenarias, madeiras ou e em *drywall*.

Figura 15 — Lã de vidro em painel para parede



Fonte: Teia (2013)

### 2.8.2 Poliestireno Expandido

O Poliestireno expandido (EPS) mais conhecido como isopor foi descoberto em 1949 na Alemanha em um laboratório da Basf pelos químicos Fritz Stastny e Karl

Buchholz. Conforme a norma DIN ISO 1043/78 o EPS é composto por plástico celular rígido resultante da polimerização da água e do poliestireno.

Para (SILVEIRA.J.LGROTE.Z.V. TRAVASSOS S.E.P, 1998) o EPS é constituído de 98% de ar e 2% de matéria prima em massa, que pode ser utilizado de diversas maneiras como por exemplo no ramo de embalagens para alimentos, para proteção de equipamentos, e também usual na construção civil para isolamento térmico entre outras finalidades.

Com passar dos anos cada vez mais o poliestireno expandido vem sido utilizado na construção civil, pois além de ser um isolante térmico, é um material leve, de fácil manuseio sendo assim facilitando a aplicação e com baixo custo, sendo também um material com baixa absorção de umidade, versatilidade pois por ser fabricado em placas pode ser ajustado no tamanho e geometria desejada.

Contudo podemos salientar que:

“dentre as possibilidades no uso do EPS, observou-se que em todo o mundo, a mais utilizada ainda tem sido a produção de painéis de vedação e divisórias. Isso ocorre em função das propriedades de isolamento termo acústico que o mesmo oferece”. (MORAES, p. P 05).

De acordo com (COMISSÃO SETORIAL, 2007) a espuma rígida de EPS é comprovadamente um material isolante que pode suportar variações de temperaturas de  $-50^{\circ}$  a  $+80^{\circ}$  Celsius, sendo assim um material isolante, capaz de suportar variações de temperaturas.

Quadro 4 — Propriedades do EPS

PROPRIEDADES	VANTAGENS	SUSTENTABILIDADE
Baixa condutividade térmica	A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao isopor um grande poder isolante.	Conforto termo acústico; Redução do consumo de energia.
Baixo peso	As densidades do isopor variam entre os 10-30 kg/m <sup>3</sup> , permitindo uma redução substancial do peso das construções quando utilizado como sistema construtivo.	Redução do uso de materiais em canteiro; redução de peso e materiais na fundação

Resistência a intempéries	O EPS está ausente de qualquer valor nutritivo, por isso fungos ou microrganismos não podem crescer com EPS.	Durabilidade do material
Resistência mecânica	Apesar de muito leve, o isopor tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária	
Baixa absorção de água	O isopor não é higroscópico. Mesmo quando imerso em água o isopor absorve apenas pequenas quantidades de água. Tal propriedade garante que o isopor mantenha as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade.	Durabilidade do material; Conforto hidrotérmico.
Facilidade de manuseio	O baixo peso do isopor facilita o manuseamento do mesmo em obra.	
Versatilidade	Flexibilidade na forma e facilmente cortado e moldado. Possui resistência química capaz de ser compatível com a maioria dos materiais usados na C.C	Integração no processo de produção da edificação; redução de desperdício e resíduos em canteiro de obra

Fonte: A autora (2020) Adaptação ABRAPEX (2000)

O EPS é fabricado em diversas formas e tamanhos, sendo em blocos placas ou bolas, para o estudo foi utilizado em placas como a imagem a seguir:

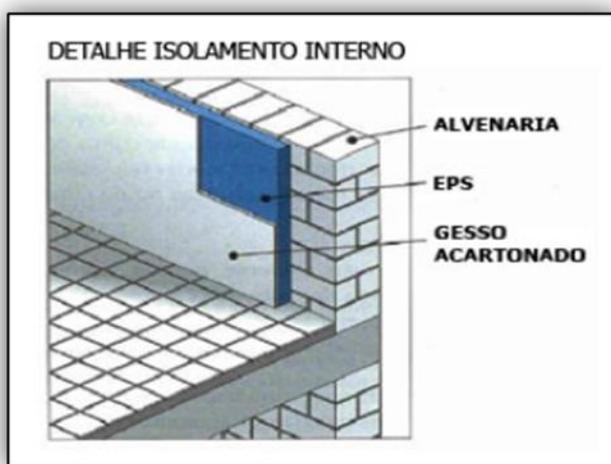
Figura 16 — Placas de EPS



Fonte: Isoplast

Conforme especificações do fabricante ISOPLAST, o poliestireno expandido (EPS) pode ser aplicado tanto em paredes quanto em coberturas, nas figuras 17 e 18 pode-se observar a utilização do material para vedação vertical em paredes.

Figura 17 — Aplicação do EPS



Fonte: A autora (2020)

Figura 18 — Aplicação do EPS



Fonte: Isoplast (2020)

### 2.8.3 Telha Sanduíche

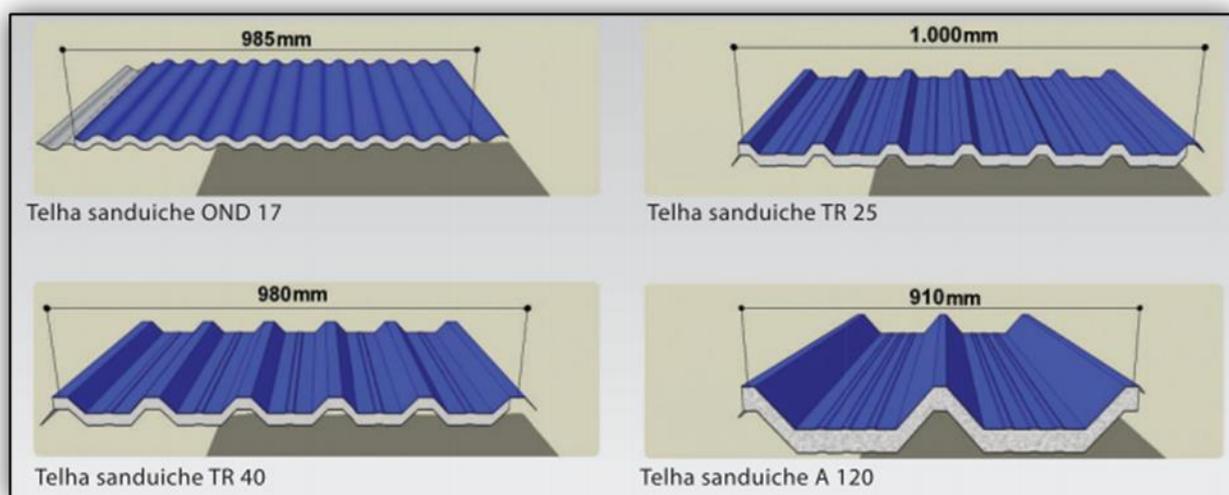
Segundo (TAMIOSSO, LARISSA, 2017) , as telhas metálicas compostas, conhecidas como telhas sanduíche ou termoacústicas, são matérias que tem a função de cobertura e fechamento de locais, além de reduzir a passagem de calor e ruído para o espaço interno. São formadas por materiais isolantes térmico e acústico colocados entre duas chapas de aço ou alumínio. Utilizam diferentes materiais como o poliestireno, a lã de vidro e a lã de rocha. Desta formação vem o nome popular “sanduíche”.

A (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 16373, 2015) descreve os painéis termoacústicos como “conjunto formado por uma ou mais telhas metálicas, com camada de materiais termo isolantes e/ou acústicos, produzidas na unidade fabril ou montadas na obra”. Os materiais termo isolantes e/ou acústicos, de acordo com a Norma, são os “ materiais com características definidas de resistência térmica, de barreira acústica, de absorção acústica e de reação ao fogo” , sendo que os principais são a lã de rocha, lã de pet, poliisocianurato (PIR), poliuretano (PUR), poliestireno expandido (EPS) e poliestireno extrudado (XPS).

Conforme (TAMIOSSO, LARISSA., 2017), os formatos de telhas vendidos no mercado apresentam perfil ondulado ou trapezoidal, onde são recomendados para coberturas com formatos de arco ou que demande sobrecarga concentradas.

Abaixo estão alguns modelos da telha sanduíche, com o material de poliestireno expandido (EPS).

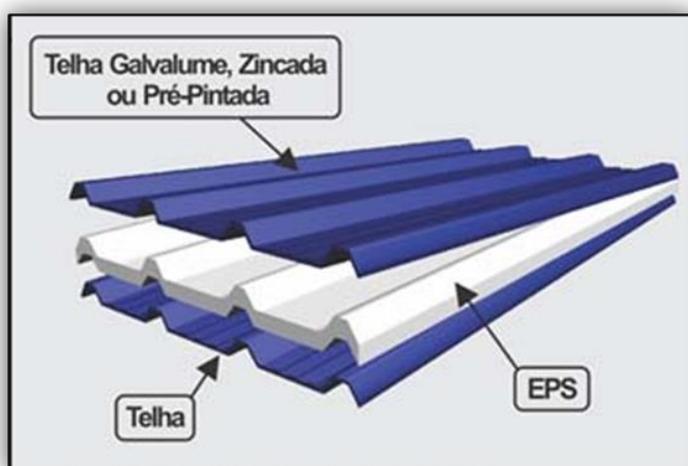
Figura 19 — Modelos de telhas com EPS



Fonte: Fabricante Sandre (2020)

A figura abaixo ilustrada exemplifica a composição da telha termoacústica

Figura 20 — Composição da telha termoacústica



Fonte: Fabricante Sandre (2020)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DESENHO DE ESTUDO

O presente estudo se enquadra no âmbito de uma pesquisa de campo, com natureza aplicada. A pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. Ela está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções. Responde a uma demanda formulada por “clientes, atores sociais ou instituições” (THIOLLENT, 2009). A técnica de investigação da pesquisa é comparativa, pois avaliou quais dos materiais estudados obtém o melhor desempenho de conforto termoacústico para edificações. Para (GIL, 2008) o método comparativo volta-se investigação de indivíduos, classes, fenômenos ou fatos, com vistas a ressaltar as diferenças e as similaridades entre eles.

#### 3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no município de Palmas no estado do Tocantins, no qual coletou-se os dados entre os meses de setembro e outubro dos protótipos exposto a altas temperatura e ruídos excessivos.

Figura 21 — Localização do Protótipo



Fonte: A autora (2020) Google Maps

### 3.3 OBJETO DE ESTUDO

Segundo autores mencionados no presente estudo comprovam que elevadas frequências sonoras e as altas temperaturas que possam ser transmitidas as edificações influenciam diretamente no conforto dos usuários, portanto, o estudo obtém-se com o objetivo principal a redução desses efeitos através da utilização de materiais isolantes.

Para o estudo realizou-se construções de três protótipos simulando assim uma situação real, lembrando que, além dos protótipos com materiais isolantes foi separado um como referência para os demais. Com base em pesquisas bibliográficas e artigos, foi definido que os protótipos terão as dimensões de 1.00x1.00 m e com altura de 1.47 m, com telhado com inclinação de 18 % para telhas sanduíches e fibrocimento.

Segundo (SANTO ANDRÉ) a empresa fornecedora da telha sanduíche, especifica que a inclinação mínima para coberturas é de 5% para trapezoidais e 15% para onduladas e 3% para A 120.

Figura 22 — Telha TR 40

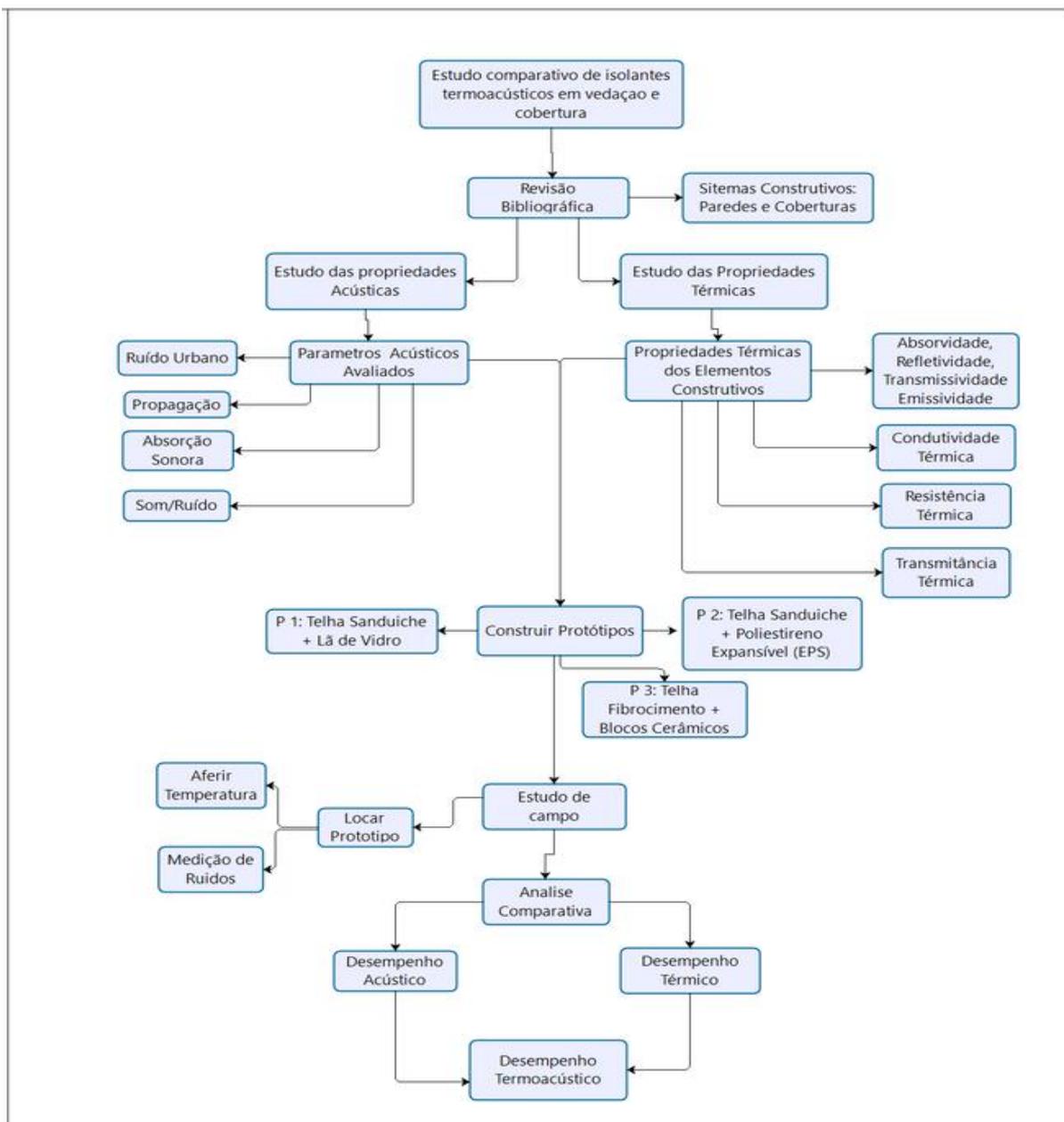


Fonte: A autora (2020)

### 3.4 FLUXOGRAMA

Para melhor entendimento de todas as etapas do estudo foi realizado um fluxograma no qual mapeou-se os processos que foram seguidos.

Fluxograma 1 — Fluxograma



Fonte: A autora (2020)

### 3.5 ETAPAS DA METODOLOGIA

### **Delimitação do tema, Objetivos e hipóteses**

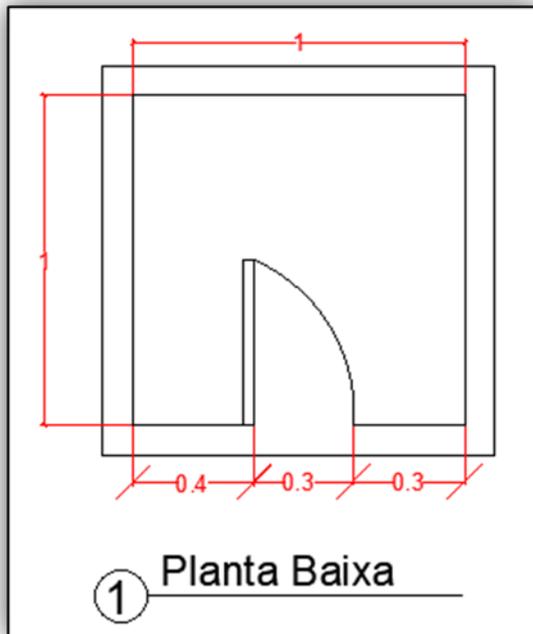
O surgimento do tema foi obtido através de informações por um morador de um apartamento situado na cidade de Palmas -TO, no qual relatou que a temperatura estava sempre elevada em um ambiente de sua edificação, gerando assim um grande desconforto térmico, sabendo a que parede do ambiente estava exposta a incidência solar a maior parte do dia, com isto, discorreu-se sobre a temática afim de buscar soluções viáveis para o problema citado. Através de um levantamento no mercado de materiais de isolantes térmicos foi possível constatar uma grande demanda e variedades de diferentes materiais comercializados termoacústicos. Posteriormente, foi feito um levantamento de conteúdos mais recentes sobre o tema, com a finalidade de delimitar o tema para assim, definir os objetivos e hipóteses.

### **Confecção e avaliação dos protótipos**

Após estudos a próxima etapa foi a definição dos protótipos, para a construção foi definido as dimensões 1.00x1.00 m e com altura de 1.47 m, com telhado com inclinação de 18 %, construído com mão de obra especializada, com tijolo convencional de 6 furos 14x19x29 assentados argamassa de cimento e areia sobre um lastro de concreto de 8mm de espessura conforme especificações recomendadas. Foram revestidas as fachadas externas com camada única sem chapisco de 2,0 cm e reboco de argamassa, e para o telhado utilizou-se as telhas termoacústica e fibrocimento.

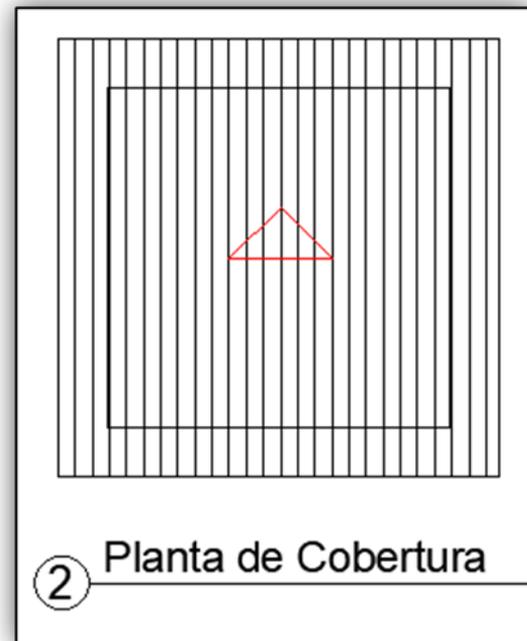
Logo abaixo podemos observar o croqui dos protótipos:

Planta baixa



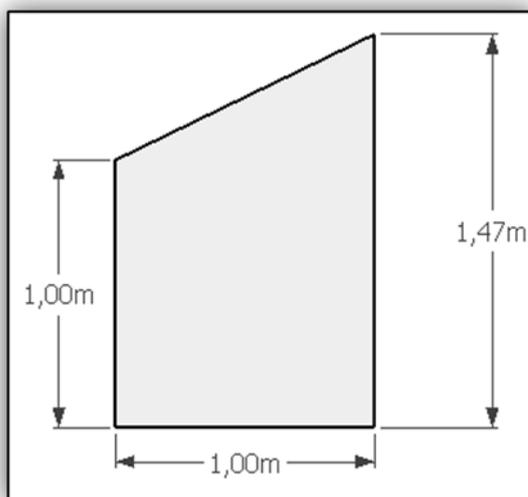
Fonte: A autora (2020)

Planta Cobertura



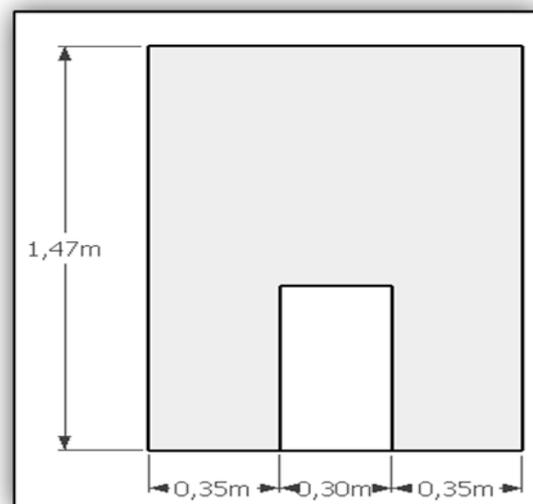
Fonte: A autora (2020)

Vista Lateral



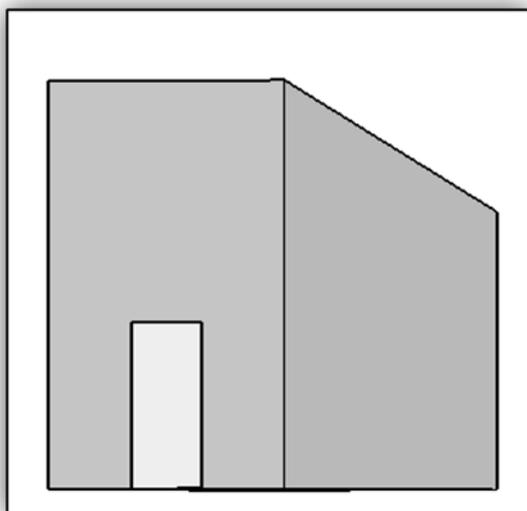
Fonte: A autora (2020)

Vista Frontal



Fonte: A autora (2020)

### Perspectiva Isométrica



Fonte: A autora (2020)

O quadro 5 apresenta as combinações que foram utilizadas para as composições de cada protótipo.

Quadro 5 — Composições dos Protótipos

Protótipo	Cobertura	Parede
1	Telha Sanduíche	Lã de Vidro + Blocos Cerâmicos
2	Telha Sanduíche	EPS + Blocos Cerâmicos
3	Telha Fibrocimento	Blocos Cerâmicos

Fonte: A autora (2020)

Seguindo as orientações de construção foi realizado a limpeza do terreno, posteriormente iniciou a construção com as dimensões e composições citadas acima, para a montagem dos isolantes considerou-se 3 cm de lã de vidro e 3 cm de EPS.

Após a construção os protótipos foram expostos a altas temperaturas e a sons elevados. Por fim os dados foram coletados em campo de cada protótipo e analisados através de um tratamento de dados com gráficos e planilhas.

Para verificação do desempenho térmico dos protótipos foi estudado as normas vigentes no quais estabelecem parâmetros para edificações, embora

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15575, 2013) descreve métodos através de fórmulas para calcular as temperaturas, foi utilizado um aferidor de temperatura para definir as variações.

Através da (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2, 2003), define valores mínimos para desempenho térmico do sistema de vedação vertical, sendo intervalos de mínimo, intermediário e superior, analisada em função da diferença entre o valor máximo diário da temperatura externa e interna, sendo que, quanto maior a diferença, melhor o desempenho da edificação. Para o nível de desempenho superior considera-se, ainda, a relação entre os valores mínimos diários de temperatura externa e interna.

Para o desempenho acústico foram consideradas duas normas, a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10151, 2000) que foi aplicada para o procedimento de medição correta do ruído, ou seja, ela especifica sob que circunstâncias técnicas podem-se mensurar a intensidade sonora em um determinado ambiente. A segunda norma é ABNT NBR (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10152, 1997) tem como principal finalidade fixar os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em diversos ambientes. Estabelece a faixa limite de valores em decibéis ideais para cada tipo de localidade (bibliotecas, restaurantes, hospitais, apartamentos etc.).

## 3.6 EQUIPAMENTOS

### 3.6.1 Aferidor de Temperatura

Para uma aferição mais exata foi levado em consideração os índices meteorológicos da cidade.

O equipamento utilizado para aferição das temperaturas foi o *STERMO-HIGROMETRO HT-210*, conforme o manual do fabricante *instrutherm*, o equipamento demonstra o excelente desempenho e facilidade de uso dos sensores de umidade e temperatura. Sendo capaz de os resultados no visor do equipamento.

A figura abaixo mostra o aparelho utilizado para a aferição de temperatura.

Figura 23 — Figura 15: Stermo-Hidrometro HT-210



Fonte: A autora (2020)

A apuração de dados ocorreu seguindo alguns parâmetros da ABNT NBR 15575:2013, pois foi utilizado o equipamento citada acima para aferir as temperaturas e não os formulários que a norma estabelece, porém foi realizado as medições que segundo a norma deverão ser em um dia típico de projeto, sendo no verão ou no inverno, levando em consideração as zonas climáticas para cada região.

O equipamento foi cedido pela faculdade Ceulp/ulbra, para aferição das temperaturas interna e externa do ambiente. O equipamento foi posicionado no centro do ambiente, nos horários de 8:00 h, 13:00 h e 18:00 h, considerado para todos os experimentos, visto que no início do dia a fachada leste estava com uma maior incidência solar, já no período vespertino foi considerado o horário das 13:00 h, e no final da tarde onde a fachada oeste é a mais solicitada. Por fim, os dados foram transferidos para planilhas com a finalidade de tratar os dados e gerar gráficos

### 3.6.2 Medidor Sonoro

Para medir os níveis sonoros dos ambientes foi utilizado o aparelho Decibelímetro Digital DEC 490. Segundo o manual do fabricante *INSTRUTHERM*, o medidor de nível sonoro pontual foi desenvolvido para atuação na área de segurança do trabalho, assim como para outras áreas do conhecimento, o

equipamento pode ser utilizado para verificar o nível de intensidade de ruído dos ambientes de trabalho, verificar a intensidade do ruído em condomínios, comercial e residencial, máquinas operando, tráfego de veículos, máquinas agrícolas, isolações acústicas, estúdios de gravações aeroportos, entre outros etc.

A figura abaixo mostra o aparelho utilizado para a aferição sonora.

Figura 24 — Figura 15: Decibelímetro Digital



Fonte: Google Imagens

A apuração dos dados foi realizada seguindo os parâmetros ABNT NBR 10151:2019 e a ABNT NBR 10152:2017, no qual estabelece procedimento para execução de medições de níveis sonoros em ambientes internos da edificação.

Portanto a aferição foi realizada com o aparelho calibrado para a leitura de nível de pressão sonora equivalente ( $L_{eq}$ ), em decibels ponderados em “A” [dB (A)], sendo assim foi realizado o procedimento para medição do conforto acústico

O aparelho foi posicionado no centro do protótipo com o microfone voltado para a fachada leste, posteriormente foi ligada uma betoneira a 2,0 metro de distância, assim foi realizada a coleta da leitura a cada 30 segundos em um intervalo de 3,0 minutos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As construções dos protótipos foram realizadas conforme descrito na metodologia com diferentes combinações em busca da melhor combinação para o desempenho termoacústico para vedação e coberturas. Através das imagens abaixo podemos observar as etapas dos processos construtivos dos protótipos.

No primeiro protótipo aplicou-se a lã de vidro em todas as paredes com auxílio perfis metálicos para sustentação das lãs e placas.

Figura 25 — Montagem do protótipo 1 - Lã de Vidro + telha sanduíche



Fonte: A autora (2020)

No segundo protótipo foi utilizado o poliestireno expandido em todas as paredes do protótipo sendo aplicado entre a parede de alvenaria e as placas de gesso acartonado.

Figura 26 — Montagem do protótipo 2 – EPS + telha



sanduíche

Figura 27-Protótipo fachada frontal



Fonte: A autora (2020)

Figura 28 - Protótipos



Fonte: A autora (2020)

#### 4.1 CONFORTO ACÚSTICO NO INTERIOR DOS PROTÓTIPOS

Sabemos que a acústica nos ambientes é um fator cada vez mais requisitado, visando isto, foi ensaiado em campo dois tipos de materiais com diferentes composições, com a finalidade de buscar melhor material para conforto acústico.

Para avaliação da acústica dos protótipos considerou-se uma situação de ruídos excessivos, com o uso de uma betoneira de grande porte com britas no seu interior, posicionado próximo ao protótipo.

Figura 29 — Aferição de acústica



Fonte: A autora (2020)

As tabelas e gráficos abaixo consta os dados colhidos dos protótipos no intervalo de 30 em 30 s durante 3 minutos.

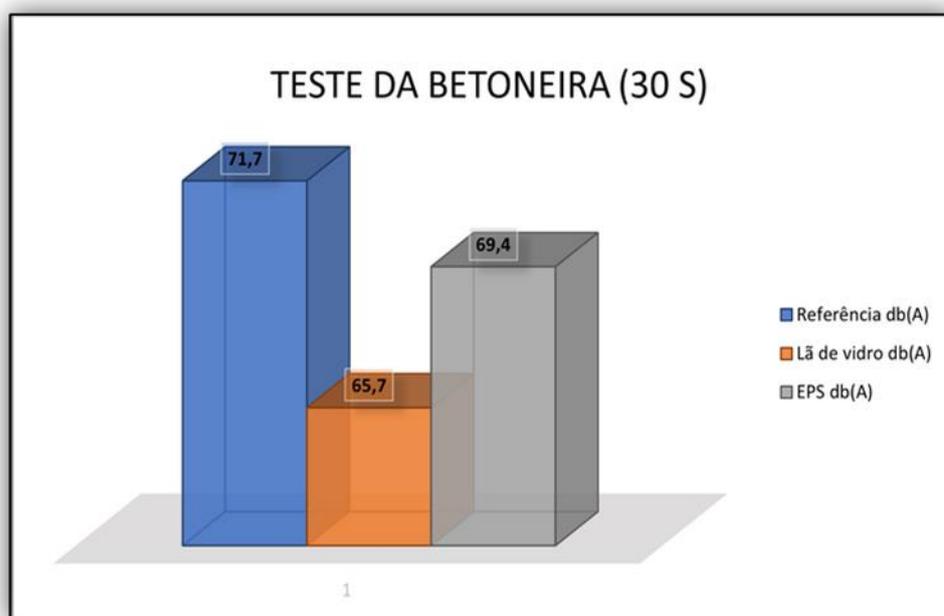
Tabela 6 — Coleta de dados- Conforto Acústico

Tempo (S)	Blocos cerâmicos+ telha fibrocimento [dB (A)]	Prot. EPS + telha sanduíche [dB (A)]	Prot. Lã e vidro + telha sanduíche [dB (A)]
00:00:30	70,4	68,4	66,9
00:01:00	71,6	70,4	63,5
00:01:30	70,8	69,8	69,8
00:02:00	73,2	69,7	64,1
00:02:30	72,7	71,0	62,9
00:03:00	71,5	67,2	66,8

Fonte: A autora (2020)

O ensaio com os protótipos foi utilizado um aparelho com a base na medição sonora do decibel, que consiste numa grandeza logarítmica de base 10 e não expressa uma quantidade, uma relação de grandeza. Segundo BISTAFA (2011), o db(A), é um valor ponderado que leva em consideração os valores correspondentes de igual a sensação sonora do aparelho auditivo humano. Portanto para medição do nível do som, foi utilizado um equipamento denominado decibelímetro, que, por meio de filtros (A, B e C), simula o comportamento do ouvido humano.

Gráfico 1 — Resultado Conforto Acústico



Fonte: A autora (2020)

Após a análise dos ensaios de conforto acústico podemos verificar que o material que obteve melhor desempenho foi a lã de vidro com a média do coeficiente de 65,7 [dB (A)], enquanto o eps obteve o índice de 69,4 [dB (A)] e o protótipo referência com materiais convencionais ficou em torno de 71,7 [dB (A)].

Com base na (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10152, 1997) determina os níveis de ruídos para os ambientes, no qual o valor inferior das faixas apresentadas conforme o quadro 03 representa que o ambiente obtém um valor aceitável para conforto acústico sendo para residência uma faixa de 35 a 50 db(A). Embora os resultados não estarem no nível de aceitação para um ambiente de residência o isolamento com lã de vidro + telha termoacústica obteve um resultado de 6 db (A) em relação o protótipo sem isolante acústico, conseqüentemente houve uma redução dos ruídos causados pela betoneira, já o eps com a telha termoacústica obteve uma redução de 2,3 db(A)

No entanto é possível salientar que os resultados obtidos podem ser confirmado através do estudo de, (BURKO ,ZENERATO, 2016) que mostram resultados que afirmam que o índice de redução acústica foram superiores nos corpos de prova em que a lã foi utilizada, quando comparados aos demais que não haviam a lã, pois a presença do material favorece o amortecimento, além do aumento de massa.

Apesar dos resultados obtidos para a escolha do melhor material a ser utilizado deve-se levar em consideração vários outros fatores, como o custo de cada material, a quantidade, a espessura, o tipo de edificação entre outros.

## 4.2 TEMPERATURA NOS PROTÓTIPOS

De acordo com (MASCARÓ, 1992) o isolamento térmico de uma edificação é determinado pela resistência térmica dos materiais que compõem o teto, piso e as fachadas, ou seja, pela dificuldade imposta a troca de calor entre ambientes internos e externos.

Em concordância com mesmo autor, o isolamento térmico pode ser utilizado em todos tipos de clima, a principal diferença é que cada região deve ser analisada para se utilizar o material correto. A região que os protótipos foram construídos é um

clima predominante quente e seco, no qual se indica a utilização de isolamentos por inércia térmica, visto produzir o efeito de atraso térmico, no qual o calor é armazenado durante o dia e liberado ao ambiente interno a noite, quando as temperaturas tendem a diminuir consideravelmente. Sabendo disto, foi utilizado os materiais com lã de vidro, poliestireno expansível e telha termoacústica.

Figura 30 — Aferição de temperatura



Fonte: A autora (2020)

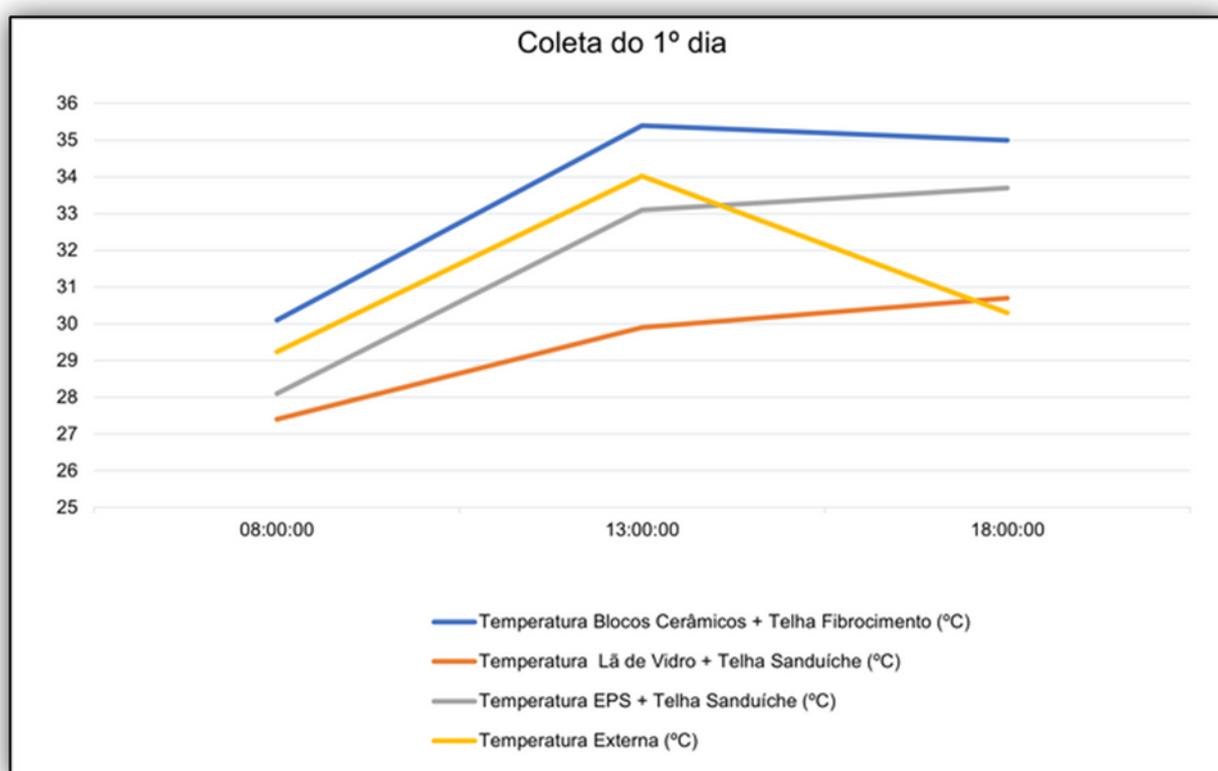
A coleta de dados foi realizada nas datas dos dias 30/09, 01/10 e 02/10 com o equipamento citado acima, no intervalo de 10 em 10 segundos durante 5 minutos consecutivamente no qual foram aferidas as temperaturas de cada um, posteriormente para uma análise mais detalhadas foram feitas planilhas e gráficos como mostrado abaixo.

Tabela 7 — Temperaturas 1º Dia

Horário	Prot. blocos cerâmicos+ telha fibrocimento (°C)	Prot Lã de vidro + telha sanduíche (°C)	Prot. EPS+ telha sanduíche (°C)	Externo (°C)
08:00:00	30,10	27,40	28,10	29,24
13:00:00	35,40	29,90	33,10	34,02
18:00:00	35,52	30,70	33,70	30,30

Fonte: A autora (2020)

Gráfico 2 — Coleta de dados (1º Dia) - Conforto Térmico



Fonte: A autora (2020)

Com base dos resultados acima podemos verificar que no período da manhã tivemos uma temperatura externa de 30,1 °C, prevalecendo a maior temperatura do protótipo com blocos cerâmicos, no intervalo das 13:00:00 a 18:00:00 observamos que houve um aumento de temperatura considerável, sendo que no maior pico de temperatura o protótipo de lã de vidro + telha sanduíche obteve um melhor desempenho térmico em relação aos demais com uma temperatura de 30,70,

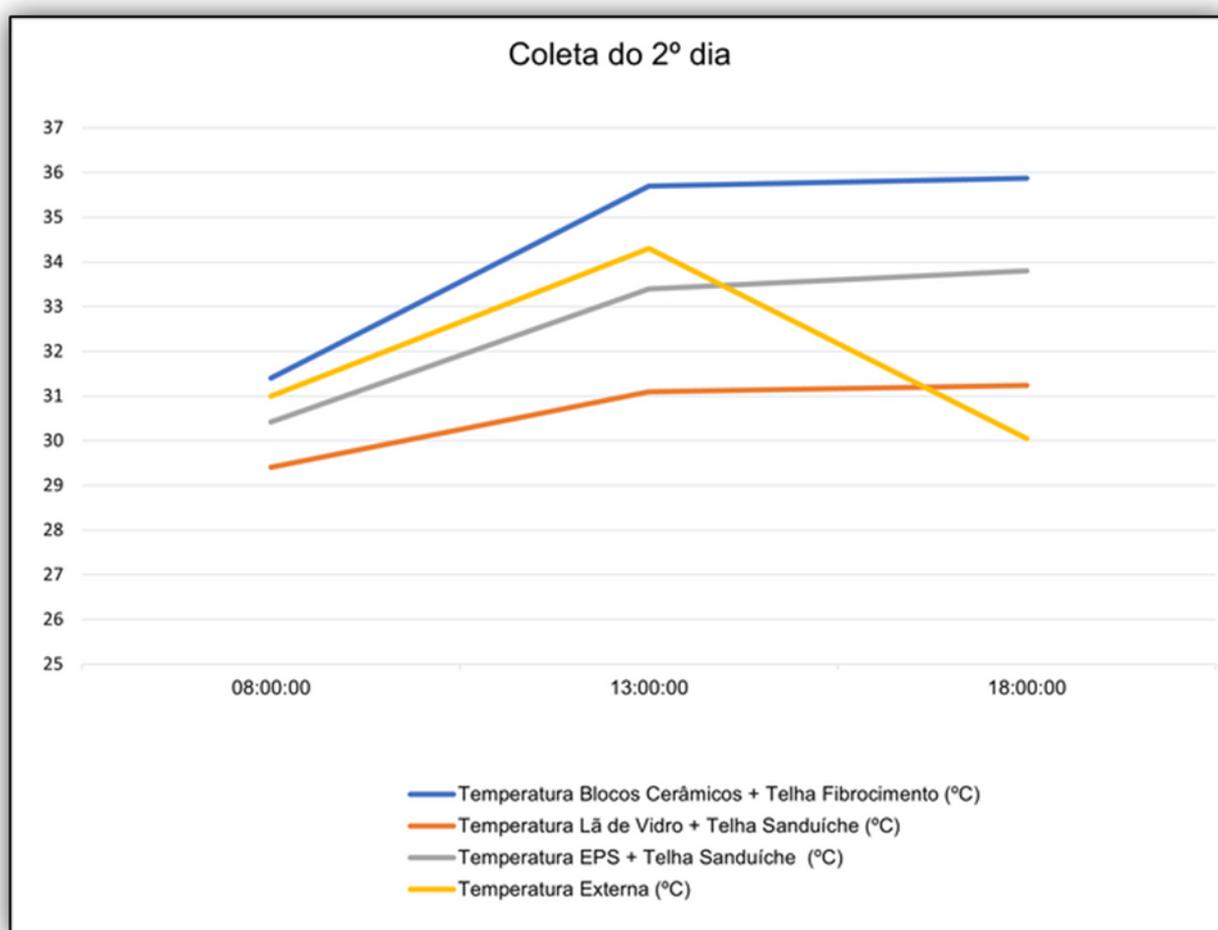
enquanto o de blocos + telha fibrocimento estava com 35,52 e o de eps + telha termoacústica com 33,7 °C.

Tabela 8 — Temperaturas 2º Dia

Horário	Prot. blocos cerâmicos+ telha fibrocimento (°C)	Prot Lã de vidro + telha sanduíche (°C)	Prot. EPS+ telha sanduíche (°C)	Externo (°C)
08:00:00	31,4	29,4	30,4	31,0
13:00:00	35,7	31,1	33,4	34,3
18:00:00	35,87	31,2	30,8	30,05

Fonte: A autora (2020)

Gráfico 3 — Coleta de dados (2º Dia) - Conforto Térmico



Fonte: A autora (2020)

No ensaio do segundo dia tivemos um aumento de temperatura desde o primeiro horário da coleta, com a maior temperatura no período da tarde, com uma temperatura externa de 34,30 °C e interna do blocos cerâmico + telha fibrocimento

com 35,70 °C, o protótipo com eps + telha termoacústica com 33,40 °C e com lã de vidro + telha termoacústica com 31,10 para o horário das 13 horas, visando que a partir deste horário a temperatura interna dos ambientes aumentaram e a externa diminuiu.

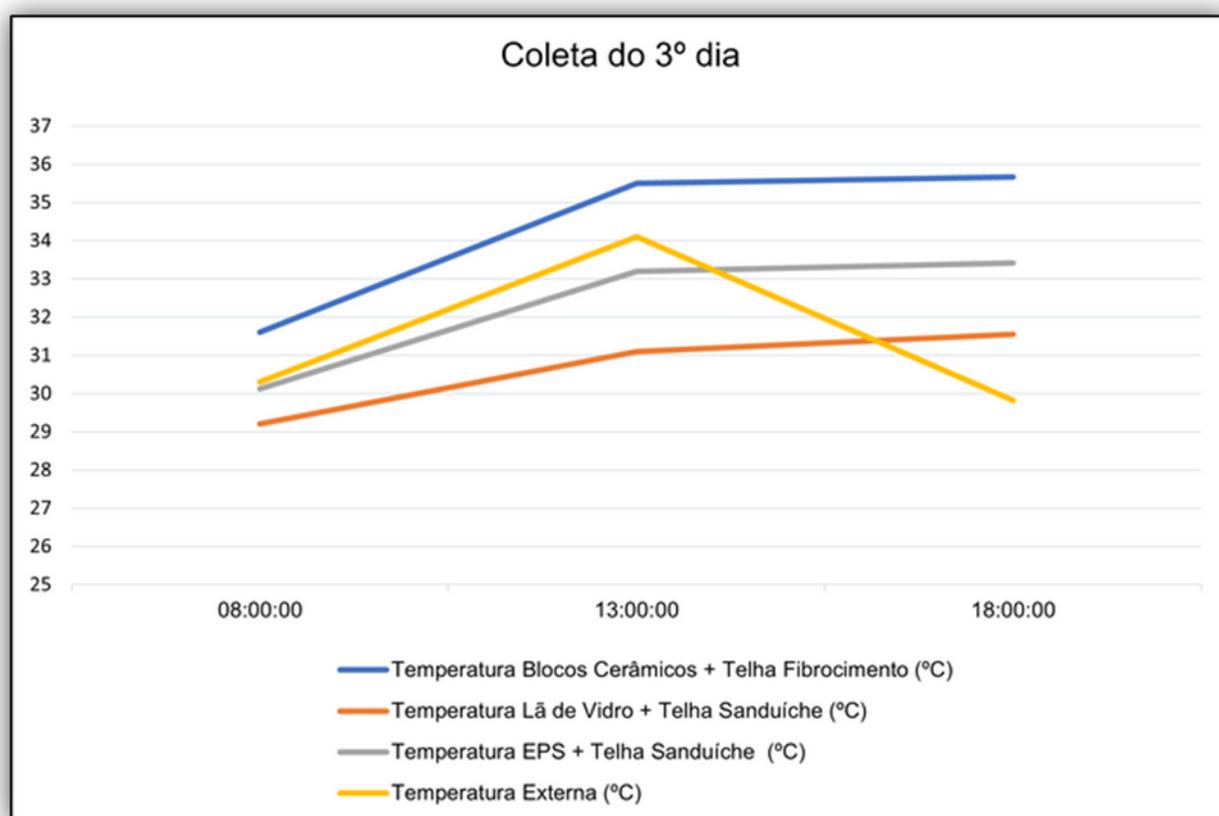
Tabela 9 — Temperaturas 3º Dia

Horário	Prot. blocos cerâmicos+ telha fibrocimento (°C)	Prot Lã de vidro + telha sanduíche (°C)	Prot. EPS+ telha sanduíche (°C)	Externo (°C)
08:00:00	31,6	29,2	30,1	30,3
13:00:00	35,5	31,1	33,2	34,1
18:00:00	35,6	30,5	33,4	29,82

Fonte: A autora (2020)

Gráfico da coleta de dados do 3º dia

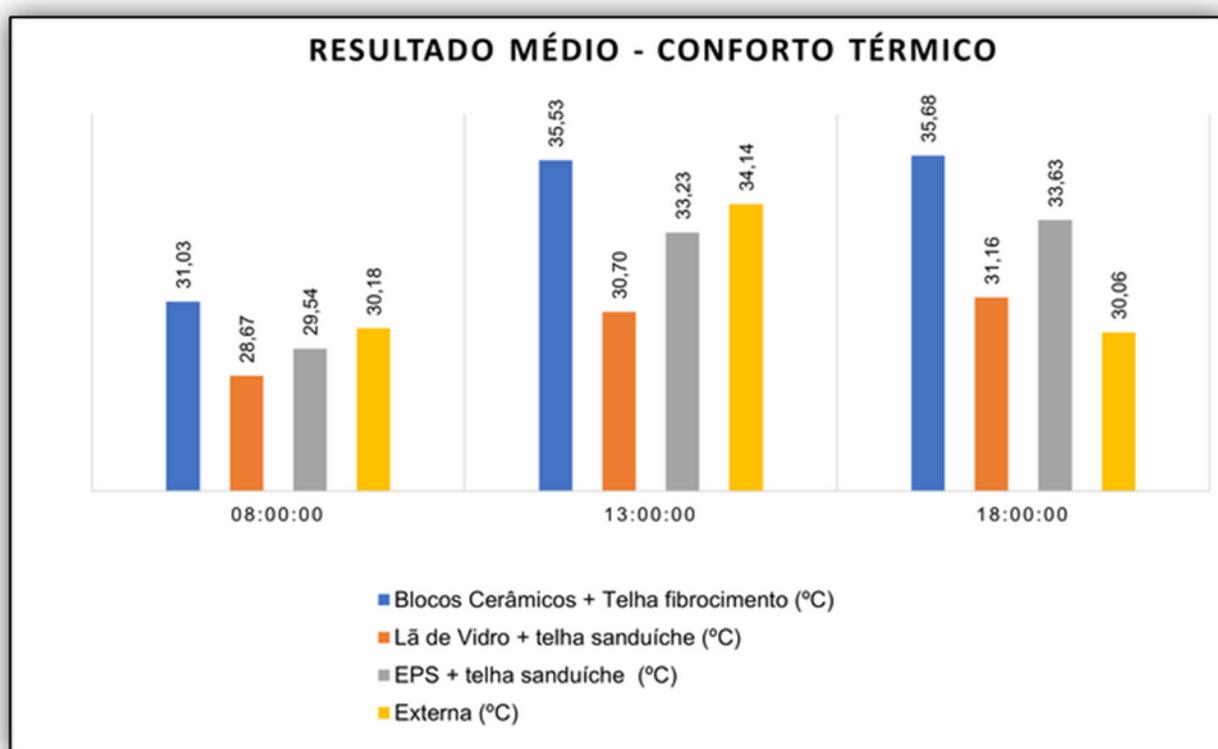
Gráfico 4 — Coleta de dados (3º Dia) - Conforto Térmico



Fonte: A autora (2020)

Segundo a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15575, 2013), relata que para uma edificação apresentar condições térmicas o interior das edificações deve-se apresentar uma temperatura melhor ou igual a do ambiente externos, a sombra, para um dia típico de projeto de verão. Com base na norma e os resultados apresentados verificamos que para os horários das 8:00:00 horas e 13:00:00 horas os materiais utilizados atenderam a normas, pois tanto a lã de vidro + a telha sanduiche e o eps+ telha sanduíche estavam abaixo da temperatura externa, embora que no período das 18:00:00 a temperatura externa estava mais baixa que as demais, fato explicado pelas propriedades de transmissão de calor, pois após a radiação solar incidir, as parcelas são absorvidas, refletidas e transmitidas, cujos valores dependerão respectivamente da refletividade ( $\rho$ ), da absorvidade, e da transmissividade do material.

Gráfico 5 — Resultado Conforto Térmico



Fonte: A autora (2020)

Através do gráfico podemos constatar que no período da manhã as 8:00:00 horas a temperatura externa está uma média de 30,18 °C sendo mais baixa que o protótipo de blocos de alvenaria e mais elevada em relação ao eps e a lã de vidro

com telha termoacústica, em relação aos três protótipos construídos tivemos uma maior eficiência com a lã de vidro e telha termoacústica com uma diferença de 2,4 °C comparado ao de blocos, já com o eps foi de 1,5 °C.

Já no horário das 13 horas a temperatura está mais elevada em todos ambientes do que a parte da manhã, com isto tivemos os seguintes resultados: a temperatura externa com 34,14 °C, a dos blocos cerâmicos com 35,53 °C, com a lã tivemos 30,70 °C e com o eps 33,23 °C, com isto entendemos que o protótipo com material de lã de vidro e telha termoacústica tem um melhor desempenho, sendo uma diferença de 4,8 °C comparado ao de blocos e 2,3 °C comparado ao eps.

Por fim foram coletados as temperaturas do último horário 18:00:00 horas, ao analisar verificamos que neste horário a temperatura externa diminui consideravelmente em relação aos protótipos, sendo a temperatura mais baixa entre os 4 resultados, enquanto isto o protótipo de alvenaria está com a temperatura mais elevada entre todos, com a temperatura de 35,68 °C aumentando 0,15 °C do horário de maior temperatura das 13:00:00 horas, já o protótipo de lã de vidro obteve um aumento de 0,46 °C e o eps 0,40 °C. Com base nas informações podemos verificar que todos os materiais tem um grau de absorvência à radiação solar, por isto há um aumento de temperatura ao decorrer do dia.

De acordo com (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014), os materiais e elementos construtivos se comportam termicamente em função de suas propriedades térmicas, dependendo assim da parcela de radiação solar incidente, assim como as propriedades superficiais atingidas.

Contudo é possível constatar que o material que obteve o melhor desempenho térmico foi o protótipo com lã de vidro juntamente com a telha sanduíche, por se tratar de materiais que alta resistência térmica, baixa condutividade e baixa emissividade.

Através de um estudo realizado com diferentes tipos de materiais (CUNHA, 2018), relata em seu estudo que os materiais com maior eficiência para isolamento são as lãs, sendo a de rocha e lã de vidro, porém devido ao seu custo mais elevado, grande parte das edificações utilizam o XPS e EPS.

Para uma melhor análise dos materiais foi feito um orçamento local afim de ressaltar a importância do custo benefício que dever ser avaliado com cautela para a escolha do isolante.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO PROJETO					
TEMA:	ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ISOLANTES TÉRMICOS EM VEDAÇÃO E COBERTURA				
DATA: 15/09/2020			LOCAL: PALMAS- TOCANTINS		
ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	LÃ MINERAL				
1.1	LÃ DE VIDRO	M <sup>2</sup>	1	R\$ 90,00	R\$ 90,00
1.2	POLIESTIRENO EXPANSÍVEL	M <sup>2</sup>	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
2	TELHAS				
2.1	TELHA FIBROMENTO	M <sup>2</sup>	1	R\$ 13,76	R\$ 13,76
2.2	TELHA SANDUICHE	M <sup>2</sup>	1	R\$ 90,50	R\$ 90,50

Fonte: A autora (2020)

Com base nas informações da planilha orçamentária é possível verificar que há uma discrepância nos valores, ou seja, ao se escolher o material deve ser analisado também o fator do custo.

## 5 CONCLUSÃO

Sabemos que com a constante alterações do microclima e macroclima das regiões e o aumento da populacional gera um impacto direto no desempenho térmico e acústico das edificações, com isto o presente trabalho obteve o estudo comparativo da lã de vidro, poliestireno expansivo e a telha sanduíche, em busca dos melhores materiais mais comercializados com intuito de um conforto termoacústica.

Após os ensaios e coletas de dados, podemos concluir que os materiais que obtiveram o melhor desempenho termoacústica foi o protótipo construído com a lã de vidro para vedação de paredes juntamente com a telha termoacústica mais conhecida com telha sanduíche para vedação de cobertura.

Embora o melhor material para este experimento foram a lã de vidro e telha sanduíche, devemos nos atentar para as todas situações decorrentes, visto que ao propor ambientes com isolamento termoacústica deve ser levado em consideração o melhor custo benefício, levando em consideração a localização que será aplicado os materiais, a região, o em torno da edificação, a temperatura externa da região, o orçamento disponível entre outros fatores.

No mercado existe uma grande variedade de materiais que possam ser utilizados para isolamentos, com base nas pesquisas já realizadas para o estudo, foi verificado que existe uma grande demanda de materiais que são descartadas, como por exemplo as embalagens de tetraPak que são utilizadas para conservação de alimentos, sendo que estes materiais podem ser reciclados e utilizados para fabricações de painéis ou telhas para isolamentos térmicos, visto que o material tem uma refletância. Portanto é um tema que pode ser abordado para trabalhos futuro, já que contribui com a sustentabilidade e poderá proporcionar as edificações um bom desempenho térmico. Outro tema sugerido é o estudo comparativo com a telha termoacústica e ecológica.

Enfim, concluímos que existe umas grandes variedades de materiais para com a mesma finalidade, materiais estes que devem ser estudados e analisados buscando sempre o melhor custo benefício para os consumidores.

## REFERÊNCIAS

. **Google Maps**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 4 nov. 2020.

. **Hemeisolantes**. Disponível em: <https://www.hemeisolantes.com.br/la-de-vidro.html>. Acesso em: 20 abr. 2020.

. **Teia Design**. 2013. Disponível em: <http://teiadesign10.blogspot.com/2013/01/isolamento-termico-e-acustico-la-de.html>. Acesso em: 20 abr. 2020.

: t. **Santo André**. Disponível em: . Acesso em: 4 nov. 2020.

ABRAPEX, Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O EPS na Construção Civil**: características do poliestireno expandido para utilização em edificações. São Paulo, 2000.

ALTIDES. **Avaliação mecânica e físico**: química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares.. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 2008.

ARAÚJO. **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável . Aplicweb**. Disponível em: <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23235.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) , NBR 15220-1. **Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15220-2. **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15575. **Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 16373. **Telhas e painéis termoacústicos – Requisitos de desempenho**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10152. **ABNT NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), NBR 10151. **Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento.** 2000.

BEER, F.P. . **Resistência dos Materiais.** São Paulo: Pearson Educativos do Brasil LTDA, 1995.

BURKO ,ZENERATO , KATRICIÊ,THAIS. **COMPARATIVO DE DESEMPENHO ACÚSTICO DE MDF E DRYWALL E SUAS COMPOSIÇÕES COM LÃ DE VIDRO E LÃ DE ROCHA .** CURITIBA , 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - .

CARVALHO, R.P. **Acústica Arquitetônica.** 2. ed. Thesaurus, 2010.

CATAI PENTEADO DALBELLO. Materiais, Técnicas e Processos para Isolamento Acústico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS. 17º CBECIMat . ed, Foz do Iguaçu-PR, 2006.

COMISSÃO SETORIAL . **EPS- Poliestireno Expansível.** 2007.

COSTA, E.C.D . **Física aplicada à construção: Conforto térmico.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 1974.

COSTA, E.C. **Acústica Técnica .** 1. ed. São Paulo : Edgard Blucher, 2003.

CUNHA , LUCAS. **CONFORTO TÉRMICO EM APARTAMENTOS POENTES: UMA ANÁLISE SOBRE O USO DE MATERIAIS PARA ISOLAMENTO TÉRMICO EM MACEIÓ - AL .** MACEIÓ - AL, 2018.

DE MARCO, C.S.. **Elementos Acústica na Arquitetura.** São Paulo: Nobel, 1940.

DOMÍNGEZ. **Control Climático em Espacios Abiertos-El Proyecto Expo 9:** Grupo de Termotecnia. Depto. De ingeniería Energética y Mecânica de Fluidos. Svilla, 1992.

ECO PRESERVE. **Telha Ecológica . Eco Preserve.** Disponível em: <https://www.ecopreserve.ind.br/>. Acesso em: 22 abr. 2020.

FABRICANTE de isolantes acústicos. **Isover .** Disponível em: <https://www.isover.com.br/>. Acesso em: 4 nov. 2020.

FABUTE . **“Fundamentals of Building: Physics and Fundamentals of solar Architecture:** Faculty of Architecture of Budapest University of Technology and Economics . Budapest, 2003.

FERRARI, Fernando Henrique. **Comparativo acústico entre o sistema construtivo Drywall e alvenaria convencional**. Chapecó, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó.

FROTA, A. B. E SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GERGES., Samir Nagi Yousri. **Ruído: Fundamentos e controle**. Florianópolis: NR, 2000.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIVONI, B. **Man, climate and Architecture**. 2. ed. London: Applied Science, 1981.

GONZALEZ. **ARQUITETURA LATINO AMERICANA: PROYECTO CLIMA Y ARQUITECTURA**. 3. ed. Universidade de Zulia, 1986.

IBAPLAC. **Telhas Ecológicas. Ibaplac**. Disponível em: <http://www.ibaplac.com.br/telhas-ecologicas-e-termicas>. Acesso em: 19 mai. 2020.

INCROPERA, F. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro, 2008.

ISOPLAST. **Placas EPS isolantes térmicas**. Disponível em: <http://isoplast.ind.br/16/produtos/placas-eps-isopor/>. Acesso em: 17 set. 2020.

KAPUNO, RATHORE, R. R. A. M. M. **Engineering heat transfer**. 2. ed. Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 2011.

LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, Roberto, Luciano, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.

LAMBERTS, GHISI, ABREU, CARLO, BATISTA, MARINOSKI, NARANJO, DUART. **DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES**. Florianópolis: LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2016.

LAMBERTS, R. DUTRA, L.PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2 Revisada. ed. São Paulo, 2004.

LUCA, Carlos Roberto. **Desempenho acústico em sistemas de drywall. Drywall**. 2015. Disponível em: <http://www.drywall.org.br>. Acesso em: 24 abr. 2020.

MAGGESSI VIOLA, Flavio . **ANÁLISE DO AQUECIMENTO GLOBAL ATRAVÉS DE UMA PERSPECTIVA DINÂMICA**. Rio de Janeiro . Tese (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) - , Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

MASCARÓ, Juan Luís, Lúcia Elvira. **Incidência das Variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios** . Porto Alegre: Sangra-dc Luzzatto, 1992.

MORAES, Carolina Brandão; BRASIL, Paula de Castro. **Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental**. 4º Seminário Nacional de construções sustentáveis e 1º fórum desempenho de edificações.

PERALTA, G . **Desempenho Térmico de Telhas: Análise de Monitoramento e Normalização Específica**. São Carlos, 2006. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RORIZ, M. **Conforto térmico e desempenho térmico de edificações**. . São Carlos: Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, 2008.

Santo André. **Distribuidora Industrial Ltda** . <https://www.sandre.com.br/index.php>.

SANTO André: Distribuidora Industrial Ltda. Disponível em: <https://www.sandre.com.br/index.php>. Acesso em: 12 abr. 2020.

SEIP, Clare Elizabeth. **Multipurpose room interior noise control for owners and facility managers**. Kansas State University, 2007.

SENGER, S. . **Determinação das propriedades térmicas de materiais de construção através do método do regime regular e sua aplicação na transferência de calor de paredes**. Unijuí , 2012. Dissertação (Pós Graduação) - Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul.

SENGER, Sandra. **DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO DO REGIME REGULAR E SUA APLICAÇÃO NA TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE PAREDES** . Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, 2012. Dissertação (Pós Graduação) - .

SILVEIRA, W.J.C. . Habitação de interesse social em Florianópolis (SC): critério para definição de coberturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7º CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANO SOBRE

CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES. 3. ed, Curitiba , 2003.

SILVEIRA.J.LGROTE.Z.V. TRAVASSOS S.E.P. **Análise comparativa entre materiais empregados na construção de uma câmara frigorífica:** Stryroblock e Alvenaria de tijolos maciços: Transferência de Calor. Argentina: Salta: INIQUI-Instituto de investigaciones para la industria química, 1998, p. 476-480.

T. Disponível em: . Acesso em: 4 nov. 2020.

TAMIOSSO, LARISSA. . **Caracterização Acústica de telhas sanduíche ou compostas e seus componentes: Estudo de caso.** Santa Maria, RS, 2017. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria.

THIOLLENT, M. **Metodologia de Pesquisa-ação.** São Paulo: Saraiva , 2009.

ÇENGEL, GHAJAR . **Transferência de Calor e Massa- Uma abordagem Prática.** 4. ed. . New York, 2011.