

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DANIEL CORRÊA GOMES
DÉBORA SALVADOR DE SOUZA
VINÍCIUS MENDES DA ROCHA**

**DISCUSSÃO TEÓRICO-MATEMÁTICA DO PROCESSO DE
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO EM REGIME
ESTACIONÁRIO**

**VOLTA REDONDA
2017**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO DE PESQUISA ACADÊMICA**

**DISCUSSÃO TEÓRICO-MATEMÁTICA DO PROCESSO DE
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO EM REGIME
ESTACIONÁRIO**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentada ao Curso de Engenharia Civil
do UniFOA como requisitos à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.

Alunos:

**DANIEL CORRÊA GOMES
DÉBORA SALVADOR DE SOUZA
VINÍCIUS MENDES DA ROCHA**

Orientador:

Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago

VOLTA REDONDA

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:
Daniel Corrêa Gomes
Débora Salvador de Souza
Vinícius Mendes da Rocha

Discussão teórico-matemática do processo de transferência de calor por condução
em regime estacionário

Orientador:
Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago

Prof.

Prof.

DEDICATÓRIA

Dedicamos a Deus, não somente esta conquista, mas também todas que tivemos no decorrer da faculdade, temos certeza que esteve conosco naqueles momentos de dúvida, quando achamos que íamos fracassar, mas que de alguma forma, fez dar certo para que estejamos aqui. Vamos continuar em busca de nosso crescimento profissional e pessoal, e somos muito gratos por cada conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, que sem dúvida esteve sempre conosco dando forças para concluirmos cada etapa nestes anos de curso. A nossos familiares, pela confiança, paciência e compreensão nas ocasiões de ausência, todo nosso conhecimento agradecemos a vocês que nos encaminharam até aqui. Nosso mestre e orientador Roberto de Oliveira Magnago, que com seu conhecimento e profissionalismo fez esta ideia, virar um projeto.

RESUMO

O estudo que será realizado neste trabalho tem como base, constatar como o isolamento térmico pode ser um diferencial em um assunto tão discutido hoje: inovação.

A responsabilidade que as empresas hoje em dia possuem com o tema “sustentabilidade” nos proporciona uma ideia de gerar um projeto envolvendo economia sem danificar ao meio ambiente.

A ideia é simular a construção de um galpão em alvenaria munido com material isolante térmico, onde os principais materiais que serão estudados: lã de rocha, lã de vidro, poliestireno expandido, cortiça e demonstrar o quanto o investimento vai proporcionar um retorno a médio prazo. A maioria dos recursos podem ser extraídos do meio ambiente, sem danificar o mesmo, escolhendo preferencialmente materiais cuja matéria prima seja característica da região, visando sempre o custo benefício da obra.

Será demonstrado neste trabalho dois tipos de análise sendo um com parede de alvenaria, considerando somente o tijolo, reboco e condutividade do material, e posteriormente a alvenaria revestida de diversos tipos de materiais isolantes. Após as análises mostraremos se o objetivo deste trabalho será atingido de forma confirmatória no investimento com isolantes térmicos no projeto.

Palavras-chave: redução de custo; técnica; sustentabilidade;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO.....	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	16
2.3 JUSTIFICATIVA	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ISOLANTES CONVENCIONAIS	20
3.1.1 Origem Vegetal	20
3.1.2 Origem Animal.....	21
3.1.3 Origem Mineral.....	21
3.1.4 Origem Sintética.....	21
3.2 TIPOS DE EFEITOS DOS ISOLANTES TÉRMICOS.....	22
3.2.1 Radiante.....	22
3.2.2 Resistivo.....	22
3.3 PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS	23
3.3.1 Absortividade.....	23
3.3.2 Refletividade.....	23
3.3.3 Transmissividade	23
3.3.4 Emissividade	24
3.3.5 Condutividade Térmica.....	24
3.4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS ISOLANTES.....	25
3.5 TIPOS DE ISOLANTES TÉRMICOS.....	26
3.5.1 Lã de Rocha.....	26
3.5.2 Lã de Vidro	27
3.5.3 Poliestireno Expandido (EPS)	28
3.5.4 Poliestireno Extrudido (XPS).....	29
3.5.5 Cortiça.....	30
3.5.6 Perlite	31
3.5.7 Vermiculite.....	32
3.5.8 Lã De Cânhamo	33

3.5.9 Argila Expandida	34
3.6 PAREDES DRYWALL	35
3.7 ISOLANTES TÉRMICOS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	37
4 METODOLOGIA A SER UTILIZADA.....	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 DIMENSÕES DO GALPÃO:.....	39
5.2 CALCULO DA TRANFERÊNCIA DE CALOR, CUSTO.....	40
5.3 CÁLCULO DO CUSTO DA CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA COM REVESTIMENTO	46
6 CONCLUSÃO.....	53
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de emissão de CO ₂ no planeta.....	18
Figura 2: Influência de muros vivos sobre o desempenho térmico de edifícios.....	19
Figura 3: Influência de muros vivos sobre o desempenho térmico de edifícios.....	19
Figura 4: Exemplo de lã de rocha.....	26
Figura 5: Exemplo de lã de vidro.....	27
Figura 6: Exemplo de poliestireno expandido.....	29
Figura 7: Exemplo de poliestireno extrudido	30
Figura 8: Exemplo de Cortiça	31
Figura 9: Exemplo de Perlite	32
Figura 10: Exemplo de Verculite	33
Figura 11: Exemplo de lã de cânhamo.....	34
Figura 12: Exemplo de argila expandida	35
Figura 13: Exemplo de drywall	36

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Valores de condutividade térmicas de alguns materiais.....	22
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Transferência de Calor	44
Gráfico 2: Custo da Alvenaria com Revestimento	48
Gráfico 3: Economia Mensal de Energia	52

LISTA DE SIGLAS

CO₂: Dióxido de Carbono

PVC: Policloreto de Polivinila

PEAD: Polietileno de Alta Densidade

PS: Poliestireno

XPS: Poliestireno Extrudido

EPS: Poliestireno Expandido

Kg: Quilograma

Pcond: Potência de Transferência de Calor

TQ: Temperatura Interna

TF: Temperatura Externa

A: Área da Placa

L: Espessura da Placa

K: *Kelvin*

C: *Celsius*

cm: Centímetro

W: *Watts*

BTU: *British Thermal Unit* ("unidade térmica britânica")

h: Hora

V: Volts

kWh: Quilowatt-hora

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1: Fórmula de Transferência de Energia.....	36
---	----

1 INTRODUÇÃO

O isolamento térmico como já diz, tem a função de isolar temperaturas, sejam elas altas ou baixas. E para que o isolamento ocorra de forma eficiente é fundamental utilizar materiais característicos, com os cuidados necessários, de forma correta, e ainda verificar a resistência, e se os mesmos se adaptam as necessidades, tais como custo, durabilidade, e diminuição do consumo energético. Cumprindo com estas condições, o investidor estará favorecendo o meio ambiente, e terá um retorno financeiro futuramente, mesmo que para isto tenha um gasto maior inicialmente. (WALKER, 2007)

Os processos de transferência de energia são: condução, convecção e radiação. Dentre estes será dado destaque na metodologia de transferência por condução, sucedido em materiais que são utilizados na construção civil. (GASPAR, 2000)

As ligações atômicas ou moleculares que existem na estrutura dos isolantes determinam se este material é um bom ou mau condutor térmico. Logo, a ligação dos elétrons na última camada dos metais, por exemplo, é tão fraca, que o torna um condutor de calor excelente, pois a energia é levada espontaneamente do metal para o meio. Em contrapartida, temos materiais que não conduzem calor rapidamente de um meio para o outro, designamos então isolantes térmicos, porque os elétrons em sua última camada estão fortemente ligados, bloqueando a passagem de corrente elétrica. (GASPAR, 2000)

Com a necessidade de crescimento econômico, investimento em sustentabilidade, juntamente com a indispensabilidade de rapidez nas construções, aumenta-se cada vez mais o emprego dos materiais isolantes no mercado em distintas áreas. Aceleradamente, aparecem mais tipos aplicações dos materiais como fibra cerâmica, cortiça, lã de rocha, poliestireno expandido, argamassa plástica, dentre outros. (MONTORO, 1998)

“No Brasil há uma intensa mobilização para alcançar o desenvolvimento sustentável em todos os setores produtivos que compõe sua economia, como soa acontecer em âmbito mundial. Aliar progresso econômico a ações sociais e conservação ambiental tem sido meta para o governo junto às empresas em uma busca pelo negócio sustentável. Atualmente as indústrias e empresas em qualquer parte do mundo têm como um dos maiores desafios à sustentabilidade”. (OLIVEIRA, 2002).

Uma das melhores formas de reduzir a emissão de gases gerados pelo efeito estufa é a utilização de materiais isolantes ou elaborar sistemas de isolamento térmico para uma edificação, isso resultará em uma grande economia no consumo energético. (SCATONIN, 1989)

Aplicar os isolantes térmicos na construção civil engloba efetivação de obras como casas, edifícios comerciais, edifícios residenciais, galpões industriais, barragens, etc. Porém, o objetivo nesse trabalho é mostrar o estudo dos materiais isolantes em uma indústria por serem muito eficazes em manter ou isolar temperaturas ambientes, podendo aplica-los em alvenarias, evitando a temperatura ambiente de crescer ou atenuar rapidamente. (CATAI, 2006)

2 OBJETIVO

2.1 GERAL

Tem-se como objetivo neste projeto encontrar modos mais eficientes de isolamento térmico, que podem aplicar-se a diversos tipos de construção, desde um simples edifício residencial, até grandes edifícios comerciais. Utiliza-se também em industrias, através de revestimento de fornos e estufas, para manter a elevada temperatura interior, e isolamentos térmicos em tubulações, que podem passar vapor ou gases quentes, etc.

O isolamento térmico tem como desígnio minimizar as trocas térmicas em demasiado entre o interior e o exterior de um edifício, neste trabalho iremos mostrar numericamente e teoricamente como reduzir essas trocas térmicas, evadindo que na estação fria ocorra a perda de calor para o ambiente externo, e na estação quente, o sobreaquecimento no interior deste edifício.

No desenvolvimento deste trabalho serão estudados materiais isolantes em uma aplicação direta na construção civil. O objetivo é avaliar um modelo físico matemático que simule diferentes paredes para um melhor conforto térmico sem gastos extras de energia, ou seja, será estudado a aplicação destes isolantes em paredes, podendo ser utilizados também em telhados, lajes e forros.

2.2 ESPECÍFICOS

- Ponderar os materiais disponíveis, e com isso avaliar os mais viáveis no mercado atual, para não ter um problema futuro com a compra, transporte, dentre outros.
- Demonstrar as vantagens e desvantagens, para que seja possível escolher o melhor a ser utilizado em cada construção.
- Simular a realização de um galpão e mostrar como um material isolante térmico pode fazer uma economia tanto energética, quanto aumentar a produtividade da mesma;
- Demonstrar o benefício que o investimento vai trazer futuramente, comparados aos materiais tradicionais;
- Conscientizar sobre a importância da construção sustentável.

2.3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, a natureza vem se degradando, e o que se espera da construção do futuro, é cada vez mais acrescentar conceitos sustentáveis.

Os isolantes térmicos são materiais que impactam positivamente o meio ambiente, e sua importância vai além de preservar energia elétrica, estes materiais contribuem também com o efeito estufa, e se investido corretamente, garante um retorno financeiro em poucos anos.

A maioria das pessoas não investem neste tipo de construção, pois acreditam que os isolantes térmicos são inviáveis, devido ao custo elevado, mão de obra escassa, ou dificuldade de encontrar comercialmente, sendo assim neste trabalho justifica-se que é sim viável construir com isolantes, e quanto os investidores devem aderir esse tipo de material em suas construções.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Milcent (2006) da Universidade Federal do Paraná sobre Acabamentos (coberturas): “Os acabamentos revestem o material isolante básico. Podem ter a finalidade de oferecer uma barreira à umidade do ambiente, bem como a vapores agressivos e ao tempo, dar um bom aspecto ao isolamento ou conferir-lhe resistência mecânica; dar-lhe proteção ao fogo, minimizar a transferência de calor por radiação no caso de superfícies metálicas mais ou menos polidas...”.

“A maioria dos isolantes usados industrialmente são feitos dos seguintes materiais: amianto, carbonato de magnésio, sílica diatomácea, vermiculita, lã de rocha, lã de vidro, cortiça, plásticos expandidos, aglomerados de fibras vegetais, silicato de cálcio.” [Instituto Federal de Santa Catarina - Prof. Carlos Boabaid Neto, M.Eng., 2009].

Devido ao aquecimento térmico da Terra, gerado pelo efeito estufa, as pessoas tendem a cada vez mais utilizarem ar condicionado, com isso gera-se mais energia, mais eletricidade e altos níveis de poluição na atmosfera. Conforme a figura abaixo, a falta de investimento em isolamento térmico, pode acarretar em altos níveis de liberação de CO₂, devido ao consumo excessivo de eletrodomésticos em residências e indústrias em geral. Exemplo do Ciclo de emissão de CO₂ na figura 01.



Figura 1: Ciclo de emissão de CO₂ no planeta.

Fonte: House-Energy.com, CasaMaisEficiente.com, CuriousStats.com

O aumento do consumo energético, utilização de automóveis, geram cada vez mais poluentes jogados na atmosfera, além disso, com a urbanização acelerada, surgem cada vez mais cidades, por outro lado encontram-se menos vegetações. A partir deste contexto é importante investir em outras técnicas, para tentar recuperar a intensa degradação que a população causa no meio ambiente. Uma solução nova que está sendo adquirida em grandes cidades é chamada de “living wall” (muro vivo). Uma pesquisa Realizada por Fernando Durso (2014) da Unicamp fala sobre a eficiência da utilização de muro vivo, devido ao alto conforto térmico que ele pode trazer, não só em dias mais gelados, detendo calor de até 3° C, mas ainda em dias mais quentes que segundo pesquisa amenizou a temperatura interna em até 6° C. A temperatura superficial da alvenaria amainou quase 19°C, em média, passando de 46°C para 27°C. A tecnologia, desenvolvida na Europa na década de 1980, foi examinada pelo arquiteto num prédio no campus da Unicamp, segundo mostra o exemplo da figura 2, o muro vivo também deixa o ambiente agradável. Exemplo da Influência de muros vivos nas figuras 2 e 3.

1. Parede com impermeabilização
2. Estrutura metálica
3. chapa de PVC
4. Fibra plástica
5. tubo de irrigação
6. Manta geotêxtil 100% poliéster
7. Estrutura em madeira cumaru
8. Lona plástica impermeabilizante
9. Módulo PEAD
10. Vaso PEAD com manta poliéster

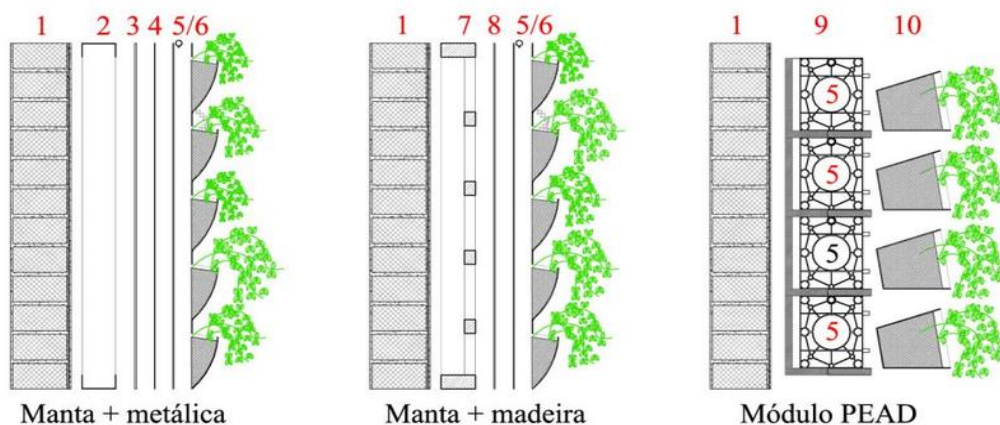


Figura 2: Influência de muros vivos sobre o desempenho térmico de edifícios
 Fonte: Jornal da Unicamp Campinas, 15 de setembro de 2014 - ano 2014 -Nº606



Figura 3: Influência de muros vivos sobre o desempenho térmico de edifícios
 Fonte: Jornal da Unicamp Campinas, 15 de setembro de 2014 - ano 2014 -Nº606

De acordo com o que mencionamos acima, “os isolantes térmicos têm a colocação de isolar temperaturas, sejam elas elevadas ou baixas”. Recentemente não existe material que isole ou evite completamente a passagem de calor do

ambiente para o local, contudo existem alguns materiais que possuem a capacidade de atingir próximo ou até superar a necessidade de isolamento do mesmo, atuando na retardação desta troca. Esses materiais são bons isolantes térmicos, e possuem algumas características e propriedades que vão ser faladas neste tópico. (BONJORN, 1992)

Para o uso dos materiais isolantes, precisamos levar em conta as condições climáticas, como a edificação irá responder diante delas, uma vez que podem abrandar ou crescer a troca de calor entre o meio exterior e interior. (BONJORN, 1992)

3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ISOLANTES CONVENCIONAIS

O melhor tipo de isolante térmico é aquele constituído por vácuo, porém esta característica é muito difícil de ser trabalhada e mantida, principalmente nos casos da construção civil. Os isolantes possuem esta característica de conservar temperaturas porque a maioria dos materiais tem propriedades porosas e fibrosas, onde o ar seco e retido dentro das partículas sem contato com a umidade para que não haja perda de suas características isolantes. (MENDES, et al, 2002).

Os isolantes térmicos convencionais podem ser classificados de origem natural (mineral, vegetal e animal) ou sintético. (MENDES, et al, 2002).

3.1.1 Origem Vegetal

Os isolantes deste tópico têm composição de fibras vegetais, por isso podem ser encontrados em grande abundância e causarem um menor impacto ambiental dentre os demais isolantes térmicos. (MENDES, et al, 2002). Exemplos:

- Fibras de madeira;
- Fibras de cânhamo;
- Fibras de coco;
- Cortiça;
- Palha;

- Fibras de linho;
- Fibra de algodão.

3.1.2 Origem Animal

Os isolantes deste tópico são derivados de penugem de animais, assim como os isolantes de origem vegetal, igualmente podem ser encontrados em ampla abundância, e causarem um menor impacto ambiental dentre os demais isolantes térmicos. (MENDES, et al, 2002). Exemplos:

- Lã de ovelha;
- Penas de pato;

3.1.3 Origem Mineral

Os isolantes deste tópico são compostos de matérias-primas naturais, tais como areia, rocha vulcânica, e vidro reciclado que são encontrados com grande abundância no planeta, possuem uma ótima resistência a altas temperaturas. (MENDES, et al, 2002). Exemplos:

- Lã de rocha;
- Lã de vidro;
- Argila expandida;
- Vermiculite;
- Perlite;

3.1.4 Origem Sintética

Os materiais isolantes deste tópico são provenientes de matérias-primas que não podem ser recicladas e não renováveis, sua fabricação é prejudicial ao meio ambiente, porém são recicláveis. Tem como principais características ser impermeáveis ao vapor de água e grande duração. (MENDES, et al, 2002). Exemplos:

- Poliestireno expandido;

- Poliestireno extrudido;
- Poliuretano;

3.2 TIPOS DE EFEITOS DOS ISOLANTES TÉRMICOS

Os isolantes térmicos têm como característica dois tipos de efeitos: radiante e resistivo. (WALKER, 2007)

3.2.1 Radiante

Importados de outros países, os isolantes possuem decorrências radiantes, que é a capacidade do material em absorver, ou refletir a radiação solar, por possuir baixa emissividade, além de resistir a intempéries. Devido não ter uma norma nacional específica sobre este assunto, apareceu no mercado materiais propriedades inadequadas para funcionarem como isolantes térmicos, todavia utilização do mesmo tem crescido significativamente no Brasil. (WALKER, 2007)

Exemplos de materiais radiantes:

- Tintas refletivas;
- Mantas aluminadas;
- Camada metálica entre filmes de polietileno aderidos a espuma plástica também de polietileno;
- Filme plástico com camada metálica aderida por deposição a vácuo.

3.2.2 Resistivo

Os isolantes resistivos têm a característica de “isolar termicamente”, ou seja, resiste à condução de calor e a absorve por possuírem baixa condutividade térmica. Porém em contato com a humidade a maioria dos materiais resistivos podem perder suas características isolantes. (WALKER, 2007)

Como o ar é um elemento que oferece ampla resistência à condução, os melhores isolantes resistivos são aqueles que limitam o ar em pequenas células no seu interior de modo a eliminar movimentos de convecção. (WALKER, 2007)

Exemplos de materiais resistivos:

- Mantas e painéis constituídos de fibras minerais;
- Espumas plásticas rígidas de poliuretano ou poliestireno expandido;
- Vermiculita expandida;
- Lã de vidro;
- Lã de rocha;
- Poliestireno expandido.

3.3 PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS

3.3.1 Absortividade

Pode-se chamar de poder de absorção a fração absorvida de radiação solar incidente sobre uma superfície. A maior fonte responsável absorção de uma superfície é o sol que provoca radiação eletromagnética em nosso planeta. (WALKER, 2007)

3.3.2 Refletividade

É a capacidade de filtrar a radiação solar através da reflexão. Relação entre a taxa de radiação solar incidente em uma superfície pela taxa de reflexão dessa radiação na mesma. (WALKER, 2007)

3.3.3 Transmissividade

Quando o sol incide sobre uma determinada superfície devido a radiação, ocorre uma transmissão de calor da área externa para interna. (WALKER, 2007)

3.3.4 Emissividade

A emissividade de um material é a capacidade de emitir energia por radiação que atua em sua superfície. Pode-se chamar de absorvidade, ou seja, material que irradia energia também absorve radiação com a mesma dimensão de ondas. (WALKER, 2007)

3.3.5 Condutividade Térmica

É a propriedade que define a eficiência do material de transferir calor em forma de energia. Cada material tem seu valor de condutividade podendo ser condutor bom condutor ou um ruim, como por exemplo, o metal é um bom condutor de calor, por isso entendemos que é um mal isolante térmico. (WALKER, 2007)

A condutividade térmica nos materiais de construções age de forma que, a quantidade de calor que atravessa uma parede é inteiramente proporcional a área da parede e a diferença de temperatura entre o interior e o exterior da edificação, sendo inversamente proporcional a espessura da parede. (WALKER, 2007)

Segue abaixo uma tabela com valores de condutividade térmicas de alguns materiais:

Materiais	Massa específica (kg/m³)	Condutividade Térmica (W/m.K)
Alumínio	2800	204
Cobre	9000	372
Aço, Ferro	7800	52
Zinco	7200	110
Tijolo Maciço	1600-1900	0,6-0,7
Tijolo de areia-cal	1900	0,9
Tijolo furado	1200	0,47
Concreto de cascalho	2300-2500	2
Lã de vidro	150	0,04
Lã de rocha	32-200	0,04
Argila Expandida	290-700	0,105
Vermiculite	110	0,07
Perlite	80-120	0,047
Cortiça	200	0,06-0,07
Lã de Cânhamo	20-30	0,039
Poliestireno Expandido	10-40	0,035
Poliestireno Extrudido	10-40	0,035
Telha	2000	1,2
Cimento	1900	0,9
Argamassa de Reboco	1870	0,72
Cal	1600	0,7
Gipsita	1300	0,5
Madeira leve	550	0,14

Quadro 1: Valores de condutividade térmicas de alguns materiais

Fonte: Aipex, 2012

3.4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS ISOLANTES

- Resistência e deformação;
- Estabilidades dimensionais e juntas;
- Exclusão de água e vapor;
- Resistência ao fogo;
- Durabilidade;
- Propriedades Térmicas;
- Propriedades Acústicas.

3.5 TIPOS DE ISOLANTES TÉRMICOS

3.5.1 Lã de Rocha

As lãs de rocha provem das fibras de rochas vulcânicas e outros minerais, que são formados a altas temperaturas e em contato com uma temperatura mais baixa se solidifica. Para a criação da lã, esta rocha é aquecida a cerca de 1500 °C e são aglomerados a solução de resina orgânica. (SALVADOR, 2001)

Algumas das fundamentais vantagens é que este material não se altera com o passar dos anos, tem um baixo custo no mercado e devido sua composição química apresenta resistência a altas temperaturas. (SALVADOR, 2001)

Temos como desvantagens alguns fatores como ter um recurso não-renovável, sem uma proteção adequada, causa impacto na saúde ocasionando inflamações diversas, desde irritações de caráter alérgico até problemas brônquicos e no sistema respiratório, além de impacto ambiental devido a extração mineral, que resulta no contínuo consumo de recursos não renováveis, além de apresentar danos mecânicos e mau desempenho térmico na presença de umidade, e proteção necessária para a sua aplicação. (SALVADOR, 2001)

Aplicação: Paredes interiores, coberturas, proteção anti-incêndios, barreiras corta-fogo, correções acústicas, indústria automóvel. (SALVADOR, 2001) Exemplo do material na figura 04.



Figura 4: Exemplo de lã de rocha
Fonte: Isotran, 2015

3.5.2 Lã de Vidro

A lã de vidro é um componente obtido industrialmente e sua obtenção é originada em alto forno quando o vidro ainda está em condição de líquido, é contido a altas temperaturas, e com isso é obtido vários fios em diâmetro e tamanhos esperados. É composto de areia (sílica) que causa o efeito de vitrificação, sódio, e aglomerado por resinas, e distintos componentes orgânicos, desenvolvidas exclusivamente para aprimorar o isolamento acústico do edifício. (SILVA, 2013)

Suas vantagens são bem parecidas com a lã de rocha, resiste bem ao fogo, e não se altera com o passar dos anos, possui baixo custo, sendo também mais achado no mercado devido ser um material derivado de areia. (SILVA, 2013)

Já como desvantagens, se submetido ao contato com a água, suas características de durabilidade são drasticamente reduzidas, em caso de incêndio a proteção é limitada, é um recurso não-renovável, impacto na saúde e ambiental são semelhantes ao da Lã de Rocha. (SILVA, 2013)

Aplicação: Na maioria das vezes, em paredes e lajes, e a lã de vidro é muito utilizada em coberturas, com o fácil manuseio e a simples instalação de lã de vidro sob as telhas na forma de mantas ou de forro, diminui substancialmente a transferência de calor ao ambiente (SILVA, 2013). Exemplo do material na figura 05.



Figura 5: Exemplo de lã de vidro
Fonte: Metálica, 2013

3.5.3 Poliestireno Expandido (EPS)

O EPS faz parte dos materiais isolantes sintéticos sendo composto de um plástico celular e rígido, econômico e respeitador do meio ambiente, é um material 100% reciclável e se apresenta numa amplitude de maneiras de se utilizar. É uma espuma moldável constituída por aglomerado de grânulos. O poliestireno (PS) é a matéria prima e é obtido através do petróleo um polímero de estireno que é responsável pela sua expansão (E) através de diversas transformações químicas. (GROTE et al, 2002)

São muitas as vantagens, por ser um material leve chegando a pesar 10-30 kg/m³ permite uma redução do peso nas construções, tem uma resistência mecânica alta, sendo impassível a água (baixa absorção), seu manuseio é simples, tem uma resistência quimicamente combinada a diversos materiais utilizados na construção civil como cimento, gesso, cal, água, dentre outros, versátil, resistente ao envelhecimento e baixa condutividade térmica que é umas das características fundamentais. (GROTE et al, 2002)

Os problemas que este material pode causar é na sua fabricação, pois o método é altamente poluente, é um mal isolador acústico, é um material combustível e na sua utilização é aconselhável que tenha um revestimento a prova de fogo pois em caso de incêndio libera gases tóxicos. (GROTE et al, 2002)

Aplicações: Pode ser utilizado como forro para cobertura, fôrmas de escoramento, placas isolantes, lajes, por ter uma pequena absorção de água ajuda muito no fator **ÁGUA x CIMENTO**, sendo constante tornando a cura mais adequada etc (GROTE et al, 2002). Exemplo do material na figura 06.



Figura 6: Exemplo de poliestireno expandido
Fonte: Abrapex, 2010

3.5.4 Poliestireno Extrudido (XPS)

Este material que é conhecido também como XPS é um produto sintético proveniente do petróleo e derivado da natureza, assim como o vidro, cerâmica e metais. Sua matéria-prima é o poliestireno, um polímero de estireno, após ser extraído passa de um estado sólido a um estado fundido, que depois regressa ao estado sólido devido às elevadas pressões que são submetidas mediante a um molde. (SILVA, 2013).

Similar ao EPS, o XPS é uma espuma ríspida de poliestireno que tem alta resistência a compressão, mas o que torna a ser diferente é que o mesmo é obtido pelo processo de extrusão em continuidade e no uso de gases expansores na sua fabricação. (SILVA, 2013).

Tem como fundamental característica evitar a passagem de calor devido a ser combinado por 2% de poliestireno e 98% de ar, o que o torna um isolante térmico com elevado potencial variando com a espessura empregada. (SILVA, 2013).

A vantagem de usar esse material não se diferencia do EPS, pois são materiais que possuem mesmas características. Tem elevada resistência mecânica, reduz o peso em construções, é impermeável a água, pode ser reciclado, não tem

valor nutritivo a roedores ou insetos e se aplicar corretamente a vida útil deste material pode ser estimado igualmente da construção. (SILVA, 2013).

Mesmo tendo um processo de fabricação diferente do EPS, ainda sim é muito agressivo ao meio ambiente cooperando diretamente na destruição da camada de ozônio, em contato com o fogo este material perde a sua forma rapidamente, pois é altamente inflamável podendo gerar gases tóxicos em um incêndio, por isso é recomendável que a localidade de aplicação deste material não ultrapasse 75°C. (SILVA, 2013).

Aplicações: Pode ser aplicado em lajes, paredes, coberturas, forros, sistemas frigoríficos, escoramento etc. (SILVA, 2013). Exemplo do material na figura 07.



Figura 7: Exemplo de poliestireno extrudido
Fonte: Scfonseca, 2000

3.5.5 Cortiça

A cortiça é um material de origem vegetal, totalmente natural e renovável extraída da casca de uma árvore com nome de Sobreiro ou Chaparro da família do Carvalho que se encontra no sul da Europa. O grande motivo da cortiça ser um material com grande potência de isolamento térmico e acústico é a presença em sua composição de uma substância denominada Suberina, indiferente da intensidade de uso ou do período de tempo a cortiça sempre manterá sua elasticidade. (GIL ET AL, 2012)

As vantagens de usar a cortiça são as seguintes: suporta elevadas temperaturas, durabilidade muito alta, sua aplicação pode permanecer em edifícios com mais de 50 anos e é um material totalmente reciclável podendo ser usado novamente em construções, não libera gases tóxicos em caso de incêndios, não apresenta risco para saúde humana, fácil colocação, se encontra em abundância. (GIL *et al*, 2012)

O inconveniente de utilizarmos a cortiça é que este material tem um elevado custo, um índice alto de energia incorporada e balanço de CO₂. (GIL *et al*, 2012)

Aplicações: Usamos a cortiça em paredes (isolamento para interior, revestimento decorativo, divisória composta com isolamento e outros), fachadas, forros, coberturas, caixas de ar, etc. Exemplo do material na figura 08.



Figura 8: Exemplo de Cortiça
Fonte: HEMAD, 2011

3.5.6 Perlite

A perlite expandida é um produto de origem dos minerais vulcânicos triturados e aquecidos a 1200 °C, assim suas partículas de água se evaporam transformando-se em lâminas de rocha dando origem as moléculas de ar, sua coloração é um branco acinzentado e tem baixa densidade. (SILVA, 2013).

Na presença de umidade, esse material não possui um comportamento térmico de adequada qualidade, pois quando ocorre uma absorção de água, sua

capacidade térmica diminui. Não é inflamável, inodora, não atrai insetos (traças, cupins, formigas), e como principal característica é um isolante térmico e acústico.

Temos como umas das principais vantagens deste material ser reaproveitado várias vezes como um isolante, também é incombustível, tem um baixo custo, e sua vida útil é de grande capacidade. (SILVA, 2013).

Aplicações: Podemos usar em argamassas (contrapisos leves, cargas de tetos e terraços, rebocos isolantes ou corta-fogos, peças pré-moldadas de qualquer tamanho), isolamento térmico, blocos leves, a transmissão de calor pode reduzir de 60 a 80% no isolamento acústico de som de um ambiente para outro, refratários etc. Exemplo do material na figura 09. (SILVA, 2013).



Figura 9: Exemplo de Perlite
Fonte: Gardensure 2008

3.5.7 Vermiculite

A Vermiculite é um mineral parecido com a mica formado principalmente pelos silicatos hidratados de alumínio e magnésio, sua coloração varia de acordo com sua extração. Bem como submetido ao calor às águas que tem em suas lâminas transformam-se em vapor fazendo com que suas partículas se tornem flocos sanfonados, aprisionando ar dentro de suas células virando um excepcional isolante térmico. As características da Vermiculita são conhecidas há muitos anos, porém sua utilização na construção civil se solidificou a uns 60 anos. (SILVA, 2013).

Este material é incombustível, inodoro, não conduz eletricidade, isolante térmico e absorvente acústico, não deteriora, não atrai insetos e absorve água. Na

construção civil podemos usar como agregado fazendo com que fique mais leve o concreto reduzindo peso dos edifícios. (SILVA, 2013).

O problema que podemos ter usando a vermiculita é que uma das suas principais propriedades é ter um potencial de absorção de água, podendo concentrar aproximadamente 5 (cinco) vezes o seu peso, com isso pode atrair répteis que usam locais úmidos para depositarem seus ovos. (SILVA, 2013).

Aplicações: Concretos ou argamassas com objetivo de leveza, isolamento térmico e acústico; agregado para concretos leve de enchimentos de rebaxos de lajes e piso; agregado para argamassa leve para isolamento térmico e acústico de paredes, isolamento térmico em blocos de alvenarias, painéis de isolamento etc. (SILVA, 2013). Exemplo do material na figura 10.



Figura 10: Exemplo de Vermiculite
Fonte: Threeposthomeinspectioninc, 2009

3.5.8 Lã De Cânhamo

A Lã de Cânhamo é um material proveniente da *Cannabis Ruderalis*, por ser uma matéria-prima renovável, ter capacidade de capturar CO₂ (Cada kg de cânhamo usado pode-se recuperar 1.4kg de CO₂) presentes da atmosfera durante seu crescimento e ser reciclável, gera pontos nas construções de edifícios no quesito de construção sustentável. (SILVA, 2013).

Este material é encontrado no mercado em formas de rolos, painéis semirrígidos, com o intuito de usar na isolação de tetos, paredes, coberturas etc. (SILVA, 2013).

O uso deste material é uma grande solução para que evitemos a poluição no planeta, pois geralmente as pessoas procuram Poliestireno extrudido ou expandido para fazer a isolação térmica de algum ambiente e esses produtos não são nada favoráveis ao meio ambiente. As coberturas ecológicas a base de Lã de Cânhamo pode reduzir em torno de 40% a 50% do consumo energético de um edifício. (SILVA, 2013).

Aplicações: Isolamento térmico e acústico de paredes (externas e internas), tetos, forros, telhados, chão etc. (SILVA, 2013). Exemplo do material na figura 11.



Figura 11: Exemplo de lã de cânhamo
Fonte Isover, 2012

3.5.9 Argila Expandida

Fazendo parte dos materiais que são de origem mineral, existe a Argila Expandida sendo um agregado leve que se apresenta em formato de bola de cerâmica arredondada com uma estrutura interna composta por uma espuma cerâmica com micropóros e externamente resistente. (SILVA, 2013).

Para a produção da Argila Expandida, as argilas são levadas a um forno rotativo em uma temperatura de 1100 °C a 1250 °C com aditivos para sua expansão, depois, passa por um processo de calcinação onde há um resfriamento controlado para que sua vitrificação seja adequada adquirindo melhor resistência. (SILVA, 2013).

Este material tem como principais características a leveza podendo reduzir o peso das construções, alta durabilidade podendo ter um longo prazo de vida útil, alta resistência mecânica para compressão ou tração, devido a ser microporosa aprisionando grande quantidade de ar no seu interior se torna um excelente material termo acústico, inerte quimicamente não reagindo com outros materiais de construção e não deteriorando com o tempo, alta resistência ao fogo, possui um coeficiente de condutividade baixo e colabora para o desenvolvimento sustentável de qualquer construção.(SILVA, 2013).

Apesar de a Argila Expandida ter amplo número de propriedades positivas, esse material tem um elevado custo mesmo que sua matéria-prima se encontre de forma tão abundante no planeta. (SILVA, 2013).

Aplicações: Podemos usar a Argila Expandida em enchimentos (leves, soltos e mistos), concreto leve, Steel Deck, pré-moldado, geotecnia, paisagismo, telhado verde, forros etc. (SILVA, 2013). Exemplo do material na figura 12.



Figura 12: Exemplo de argila expandida

Fonte: Dtmb, 2006

3.6 PAREDES DRYWALL

Quando pensamos em fazer uma construção de uma parede logo pensamos em uma superfície robusta, rígida e resistente, feita de tijolos ou blocos assentados, com revestimento de massa feita com cimento, mais conhecido como a famosa alvenaria. (LAI, 2013)

Mas nos dias de hoje temos como fugir dessa opção com os novos empreendimentos imobiliários que são as paredes Drywall que vem substituindo as paredes internas. (LAI, 2013)

Esse sistema Drywall são paredes feitas de estrutura metálica de aço galvanizado que nelas prendemos chapas de gesso acartonado aparafusados em ambos os lados. (LAI, 2013)

Essas placas podem variar espessura de 48mm até 90mm, prendemos uma, duas ou três de cada lado, podendo no interior da parede estabelecer materiais termo acústicos como lã de rocha, lã de vidro e outros materiais isolantes. (LAI, 2013)

As vantagens de optar por esse tipo de parede é a economia de gastos com revestimento e a praticidade e rapidez de instalar no local em relação a alvenaria, pois as paredes já vem prontas, servindo de estrutura para colocarmos o material isolante entre uma parede de alvenaria comum e as paredes Drywall. (LAI, 2013)

As desvantagens que podem nos trazer o uso do Drywall, é que no caso de colocarmos prateleiras ou outro tipo de acessórios, ficamos presos aos produtos feitos especificamente para este tipo de parede, além de atraírem insetos parasitas. (LAI, 2013). Exemplo do material na figura 13.



Figura 13: Exemplo de drywall
Fonte: Metálica, 2013

3.7 Isolantes Térmicos e o Desenvolvimento Sustentável

Com o efeito estufa, a necessidade de aumentar o conforto térmico está cada vez maior, assim como o custo de vida. Por isso os isolantes naturais têm crescido no mercado, eles possuem grande durabilidade e não agridem o meio ambiente favorecendo o desenvolvimento sustentável. (ROCHETA, et al, 2007)

Estudos realizados encontraram uma nova forma de isolar temperatura com uma espécie de planta chamada Thypha, que é muito encontrada em áreas pantanosas, predominante na Europa, podem ter até 5 metros de altura e seu crescimento é rápido. Seu caule é fibroso e como muitos isolantes apresentados neste trabalho possui baixa combustibilidade, o que faz essa planta ser resistente ao fogo, é possuir alta resistência mecânica, e ser um excelente isolante térmico. Com esta planta são fabricados painéis isolantes, que podem ser aplicados em paredes. (ROCHETA, et al, 2007)

Com a criação de vegetais e outros materiais da natureza para isolamento térmico, surgiu uma nova tecnologia no mercado, que é a criação do “living wall”, muro vivo externo para se obter um maior conforto interno. (ROCHETA, et al, 2007)

Uma pesquisa da Unicamp conduzida pelo arquiteto e urbanista Fernando Durso Neves Caetano atestou a eficiência da tecnologia de muro vivo externo para maior conforto térmico no interior de um edifício. Também conhecido como living wall, o sistema atenuou, em dias quentes de verão, a temperatura interna do ar em até 6°C. O living wall também se mostrou eficiente em dias mais frios, ajudando a reter o calor do ar em até 3°C. A temperatura superficial da alvenaria diminuiu quase 19°C, em média, passando de 46°C para 27°C. A tecnologia, desenvolvida na Europa na década de 1980, foi testada pelo arquiteto num prédio no campus da Unicamp. (CAETANO,2014)

Os aparelhos eletrônicos fabricados hoje em dia, emitem um fluido prejudicial a camada de ozônio, o CO₂, a utilização do muro vivo como isolante térmico, reduz o consumo de energia, refrigera, umidifica e purifica o ar do ambiente. (MATEUS, et al, 2009)

Apesar de trazer muitos benefícios para o meio ambiente, esta tecnologia é muito recente, e a criação deste muro em relação ao custo, pode-se comparar a um revestimento de alto padrão, por este motivo, hoje, esta tecnologia é mais viável a grandes construções. (MATEUS, et al, 2009)

4 METODOLOGIA A SER UTILIZADA

Para realização deste projeto foi desenvolvida a criação de um galpão com área de 15mx30m (450m²) destinado para uso de uma empresa indeterminada com a necessidade de manter uma temperatura ambiente. Foram coletados dados de nove tipos de materiais citados anteriormente para que fosse plausível a comparação da passagem de calor do ambiente externo para o interno em forma de energia por condução.

A finalidade é estabelecer qual material que evita mais o calor de ultrapassar a camada de isolante térmico do galpão arbitrado, obtendo uma temperatura ambiente adequada, onde haverá menor gasto de energia e manutenção de maquinários, aumentando o rendimento de funcionários e conseqüentemente da empresa.

Para o desenvolvimento dos cálculos foi simulado um galpão com todo o seu tapamento de parede térmica sujeito a incidência de uma temperatura média típica da região na estação mais quente do ano (temperatura externa de 35°C e interna de 21°C desconsiderando a temperatura dos possíveis equipamentos), justamente nessa época é evidente a necessidade de ter um isolamento térmico, entretanto em outras estações provavelmente não terá necessidade de ligar o ar condicionado, porque o próprio isolante pode conservar o ambiente em uma temperatura agradável. Foi necessário estimar a área do galpão, obter o coeficiente de condutividade térmica de cada material, e empregando o valor fixo 20mm de espessura para todos os materiais.

Quando o cálculo é referente a uma única placa em regime estacionário é usado na fórmula apenas a espessura e o coeficiente de condutividade térmica do material. Como no nosso caso temos uma parede composta pelo material isolante, reboco e tijolos, temos que habituar a fórmula para a situação de placas compostas, pois a transferência de energia vai passar por várias camadas. Assim teremos a seguinte fórmula:

$$P_{cond} = \frac{A \cdot (TQ - TF)}{\sum L/K}$$

Equação 1: Fórmula de Transferência de Energia
 Fonte Fundamentos de Física. Hallyday Resnick. 10. Ed

Onde, K é a condutividade térmica, que é uma propriedade física dos materiais que representa a habilidade dessa de conduzir calor em forma de energia, cada material vai ter um valor de condutividade de acordo com sua capacidade, as características do ambiente também vão influenciar. (WALKER, J. Fundamentos de Física. Hallyday Resnick. 8.)

P_{cond} - coeficiente de transferência de energia;

TQ - é a temperatura interna;

TF - é a temperatura externa;

A - é a área da placa;

L - é a espessura da placa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Colocando as unidades no S.I teremos que converter todas as dimensões para metro e a temperatura para Kelvin, sabendo que para transformar Celsius para Kelvin devemos utilizar a seguinte escala:

$$K = C + 273 \quad 35^{\circ}C = 304K \quad 21^{\circ}C = 294K$$

5.1 DIMENSÕES DO GALPÃO:

Testada: 15,00m

Profundidade: 30,00m

Altura: 5,00m

Área das paredes laterais: $30m \times 5m = 150m$ (x2)

Área das paredes frontal e do fundo: $15m \times 5m = 75m$ (x2)

Área: 450,00m²

5.2 CALCULO DA TRANFERÊNCIA DE CALOR, CUSTO

Como primeira condição de cálculo, apresentaremos o calculo somente da parede sem o material isolante.

- **Parede**

Espessura do tijolo: 12,00cm

Coeficiente de condutividade do tijolo: 0,47W/m.K

Espessura do reboco: 3,00cm

Coeficiente de condutividade do reboco: 0,72W/m.K

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2 (308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72}} = 14142,10W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2 (308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72}} = 7071,04W$$

Total = 21213,13W

Na segunda condição o cálculo será realizado com a aplicação dos materiais isolantes na parede para conseguirmos distinguir a diferença de transferência de energia.

- **Lã de Rocha**

Coeficiente de condutividade: 0,04W/m.K

Espessura: 2cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,03}{0,72}} = 5269,86W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,03}{0,72}} = 2634,93W$$

Total = 7904,78W

- **Lã de Vidro**

Coeficiente de condutividade: 0,04W/m.K

Espessura: 2cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,03}{0,72}} = 5269,86W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,03}{0,72}} = 2634,93W$$

Total = 7904,78W

- **Poliestireno Expandido (EPS) e Poliestireno Extrudido (XPS)**

Coeficiente de condutividade: 0,035W/m.K

Espessura: 2,00cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,035} + \frac{0,03}{0,72}} = 4676,14W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,035} + \frac{0,03}{0,72}} = 2338,07W$$

Total = 7014,21W

- **Cortiça**

Coeficiente de condutividade: 0.065W/m.K

Espessura: 2,00cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,065} + \frac{0,03}{0,72}} = 6620,01W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,02}{0,065} + \frac{0,03}{0,72}} = 3310,01W$$

Total = 9930,02W

- **Argila Expandida**

Coeficiente de condutividade térmica: 0,105W/m.K

Espessura:2,00cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,105}} = 8616,10W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,105}} = 4308,05W$$

Total= 12924,15W

- **Vermiculite**

Coeficiente de condutividade térmica: 0,07W/m.K

Espessura: 2,00cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,07}} = 7207,82W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,07}} = 3603,91W$$

Total = 10811,74W

- **Perlite**

Coeficiente de condutividade térmica: 0,047W/m.K

Espessura: 2,00cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,047}} = 5813,06W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,047}} = 2906,50W$$

Total = 8719,50W

- **Lã de Cânhamo**

Coeficiente de condutividade térmica: 0,039W/m.K

Espessura: 2,00cm

$$P_{cond} = \frac{150 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,039}} = 5186,43W$$

$$P_{cond} = \frac{75 \times 2(308 - 294)}{\frac{0,12}{0,47} + \frac{0,03}{0,72} + \frac{0,02}{0,039}} = 2593,31W$$

Total = 7779.64W

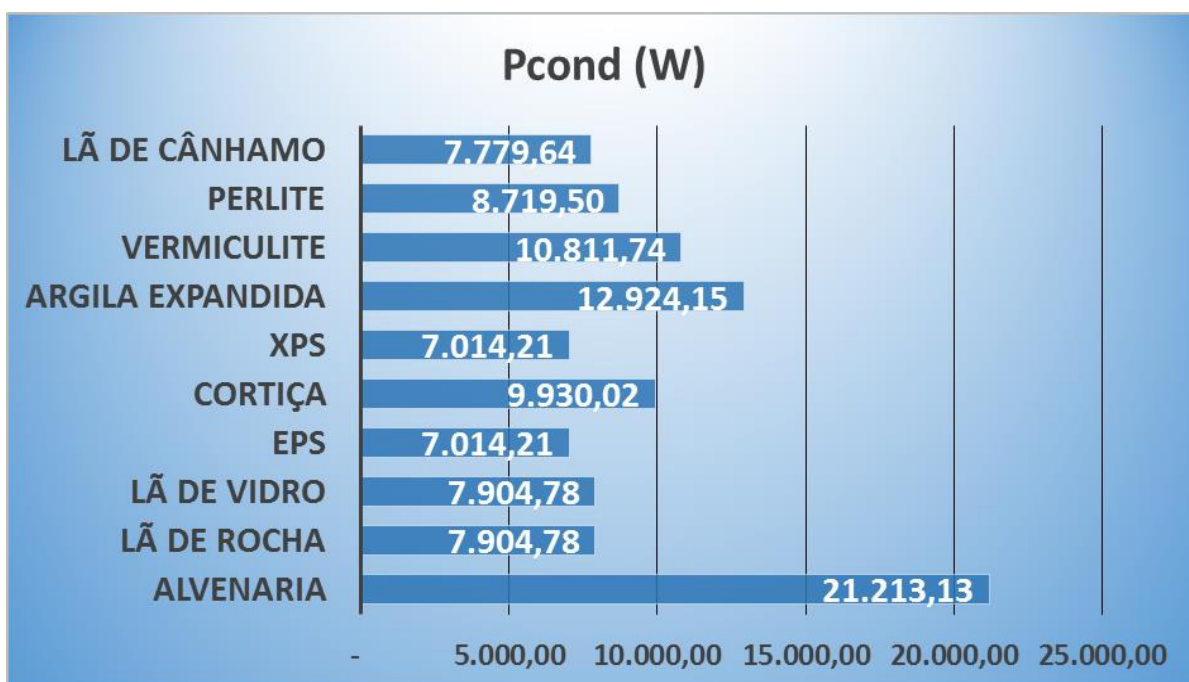


Gráfico 1: Transferência de Calor

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com os cálculos efetuados acima, encontramos o quanto de energia fica armazenado pela parede por condução térmica sem nenhum material isolante, logo após, com a parede sob as mesmas condições de cálculo (alvenaria e reboco) acrescentamos o material isolante térmico. Verificando o resultado da taxa

de condução térmica dos materiais, foi notável o quanto de calor que o material isolante reteve, evitando que o mesmo passasse para o galpão, ou seja, conseguimos objetivo em mostrar o quanto é vantajoso utilizar um material isolante térmico em construções.

Mas apenas a taxa de condução dos materiais não é suficiente para que apresente uma visão real dos benefícios de usar um isolante térmico, nosso desígnio é mostrar também quão grandemente esse material reduz economicamente a energia e conseqüentemente contribui para o meio ambiente.

Como fonte de pesquisa foi utilizado o dimensionador do site da empresa de refrigeração Carrier, onde inserimos nele estimativas de quantas pessoas vão estar no galpão, quanto de eletrônicos se pretende instalar, ventilação, lâmpadas e dentre outros fatores que influenciam na escolha da potência do ar condicionado. O dimensionador nos informa a quantidade de energia necessária que o ar condicionado vai precisar para elevar a temperatura do galpão e o deixar com uma temperatura ambiente para que os funcionários possam trabalhar, e os equipamentos funcionarem em perfeita condição, sem a possibilidade de superaquecer. (CARRIER DO BRASIL, 2013)

Como resultado das informações inseridas no dimensionador, o galpão para que fique em uma condição segura de refrigeração precisa que os ares condicionados funcionem com no mínimo 261.000 BTU/h. De acordo com pesquisas e orçamentos foi possível conciliar qual ar condicionado é viável utilizar e a quantidade, foi escolhido para cálculo no próprio site da Carrier o ar condicionado modelo Piso-teto Space Eco Saver Frio 48.000 BTU/h Trifásico (220V), como fluido refrigerante R-410A, que não é inflamável, é atóxico e não agride a camada de ozônio.

Para suprir os 174.000 BTU/h, necessários para a refrigeração do galpão, foram utilizados para os cálculos 6 (seis) ares condicionados, totalizando 288.000 BTU/h, onde esta energia é equivalente a 84.414W ou 84,414 KWh. Convertendo esta potência em real:

kWh custa 0,58846 reais;

0,58846 x 84,414 KWh

Teremos 49,6742 reais por hora.

Estimando uma carga horária de trabalho de oito horas diárias, teremos um consumo de 675,312 KWh por dia com o ar condicionado, gerando gasto de 397,40 reais, o custo que a empresa terá por mês vai ser de aproximadamente 11.921,81 reais no galpão construído somente com alvenaria. Em seguida mostraremos os cálculos realizados com alguns tipos de materiais isolantes inseridos na alvenaria, para que seja percebida a redução do custo que a empresa vai ter no consumo de energia e conseqüentemente no gasto mensal.

Para que seja calculado o custo da parede de alvenaria com o isolante térmico, foi necessário realizarmos uma relação entre a quantidade de calor que transfere da parede de alvenaria sem o material isolante, e com o isolante térmico para achar proporcionalmente o gasto reduzido.

Se uma parede de Alvenaria transmite 21.213,13 W e temos um gasto de 11.921, 81 reais, esta mesma parede com material isolante de acordo com a condutividade térmica terá um custo proporcional, esta relação será usada para encontrarmos o gasto de cada material.

De acordo com orçamentos realizados em lojas de materiais de construção, conseguimos uma média de preços para a realização da obra, com o objetivo de apenas mostrar o retorno, desconsiderando aumentos e mudanças de valores ocorridos após a pesquisa.

5.3 CÁLCULO DO CUSTO DA CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA COM REVESTIMENTO

Na parede somente de alvenaria, aproximadamente na construção do galpão com 450 m², usaríamos:

1. 45 sacos de cimento = 805,50 reais;

2. 45 sacos de cal = 337,50 reais;
3. 6,75 m³ de areia = 868,00 reais;
4. 11.250 tijolos = 6.176,25 reais.
5. Despesas extras = 500,00 reais.

Total de custo alvenaria = 8.687,25 reais.

Na parede de alvenaria com isolante térmico, em média a construção do galpão com 450m², usaríamos o total de custo alvenaria de 8.687,25 reais mais o valor do material isolante, que será mostrado abaixo:

- **Lã de Rocha**

Preço: 450 m² = 2.860,79 reais.

Preço Lã de Rocha com alvenaria: 11.548,00 reais.

- **Lã de Vidro**

Preço: 450 m² = 802,00 reais

Preço Lã de Vidro com alvenaria: 9.489,25 reais.

- **Poliestireno Expandido (EPS)**

Preço: 450 m² = 2.797,50 reais.

Preço Poliestireno Expandido com alvenaria: 11.484,75 reais

- **Cortiça**

Preço: 450 m² = 125.100,00 reais.

Preço Cortiça com alvenaria: 133.787,25 reais.



Gráfico 2: Custo da Alvenaria com Revestimento

Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme os cálculos concretizados acima, o custo da alvenaria com o material isolante é um investimento caro, mas comparado à diminuição de energia da parede unicamente de alvenaria com a de isolante, o dinheiro investido retornará em poucos anos, ou um pouco mais dependendo do material escolhido.

Abaixo temos alguns dos materiais isolantes adotados e seus respectivos gastos com energia, seu custo na construção incluindo a alvenaria, e a economia que sua utilização irá proporcionar.

- **Alvenaria**

Apenas com a alvenaria, são gastos 6 ares condicionados gerando:

Por dia (8 horas) 675,31 Kwh com um custo de 397,40 reais;

Por mês (30 dias) 20.259,3 Kwh com um custo de 11.921,81 reais;

Seu custo para execução da construção será de 8.687,25 reais.

Abaixo iremos demonstrar a diferença entre os gastos de energia e em custo da alvenaria com os materiais isolantes:

- **Lã de Rocha**

Por dia (8 horas) 251,65 Kwh com um custo de 148,08 reais;

$$251,65 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} = 148,08 \text{ reais}$$

Por mês (30 dias) 7.549,37 Kwh com um custo de 4.442,50 reais;

$$251,65 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} \times 30 \text{ dias} = 4.442,50 \text{ reais}$$

Seu custo para execução da construção será de 2.860,79 reais.

Tendo uma redução de 12.709,99 Kwh por mês, gerando assim uma economia de:

$$11.921,81(\text{alvenaria}) - 4.442,50(\text{lã de rocha}) \\ = 7.479,31 \text{ reais de economia por mês}$$

Gasto total na construção:

$$8.687,25 \text{ reais (alvenaria)} + 2.860,79 \text{ reais (lã de rocha)} = 11.548,00 \text{ reais}$$

Em virtude de uma economia de 7.479,31 reais por mês, em aproximadamente dois meses o investidor terá um retorno financeiro na construção através da economia em energia

- **Lã de Vidro**

Por dia (8 horas) 251,65 Kwh com um custo de 148,08 reais;

$$251,65 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} = 148,08 \text{ reais}$$

Por mês (30 dias) 7.549,37 Kwh com um custo de 4.442,50 reais;

$$251,65 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} \times 30 \text{ dias} = 4.442,50 \text{ reais}$$

Seu custo para execução da construção será de 2.860,79 reais.

Tendo uma redução de 12.709,99 Kwh por mês, gerando assim uma economia de:

$$11.921,81 \text{ (alvenaria)} - 4.442,50 \text{ (lã de vidro)} =$$

$$7.479,31 \text{ reais de economia por mês}$$

Gasto total na construção:

$$8.687,25 \text{ reais (alvenaria)} + 2.860,79 \text{ reais (lã de vidro)} = 11.548,00 \text{ reais}$$

Em virtude de uma economia de 7.479,31 reais por mês, em aproximadamente dois meses o investidor terá um retorno financeiro na construção através da economia em energia.

- **Poliestireno Expandido (EPS)**

Por dia (8 horas) 223,29 Kwh com um custo de 131,40 reais;

$$223,29 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} = 131,40 \text{ reais}$$

Por mês (30 dias) 6.698,82 Kwh com um custo de 3.941,99 reais;

$$223,29 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} \times 30 \text{ dias} = 3941,99 \text{ reais}$$

Seu custo para execução da construção será de 2.797,50 reais.

Tendo uma redução de 13.560,53 Kwh por mês, gerando assim uma economia de:

$$11.921,81 \text{ (alvenaria)} - 3.941,99 \text{ (EPS)}$$

$$= 7.979,82 \text{ reais de economia por mês}$$

Gasto total na construção:

$$8.687,25 \text{ reais (alvenaria)} + 2.797,50 \text{ reais (EPS)} = 11.484,75 \text{ reais}$$

Em virtude de uma economia de 7.979,82 reais por mês, em aproximadamente dois meses o investidor terá um retorno financeiro na construção através da economia em energia.

- **Cortiça**

Por dia (8 horas) 316,12 Kwh com um custo de 186,02 reais;

$$316,12 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} = 186,02 \text{ reais}$$

Por mês (30 dias) 9.483,57 Kwh com um custo de 5.580,70 reais;

$$316,12 \text{ Kwh} \times 0,58846 \text{ reais} \times 30 \text{ dias} = 5.580,70 \text{ reais}$$

Seu custo para execução da construção será de 125.100,00 reais.

Tendo uma redução de 10.775,78 Kwh por mês, gerando assim uma economia de:

$$11.921,81 \text{ (alvenaria)} - 5.580,70 \text{ (cortiça)} =$$

$$6.341,11 \text{ reais de economia por mês}$$

Gasto total na construção:

$$8.687,25 \text{ reais (alvenaria)} + 125.000 \text{ reais (cortiça)} = 133.787,25 \text{ reais}$$

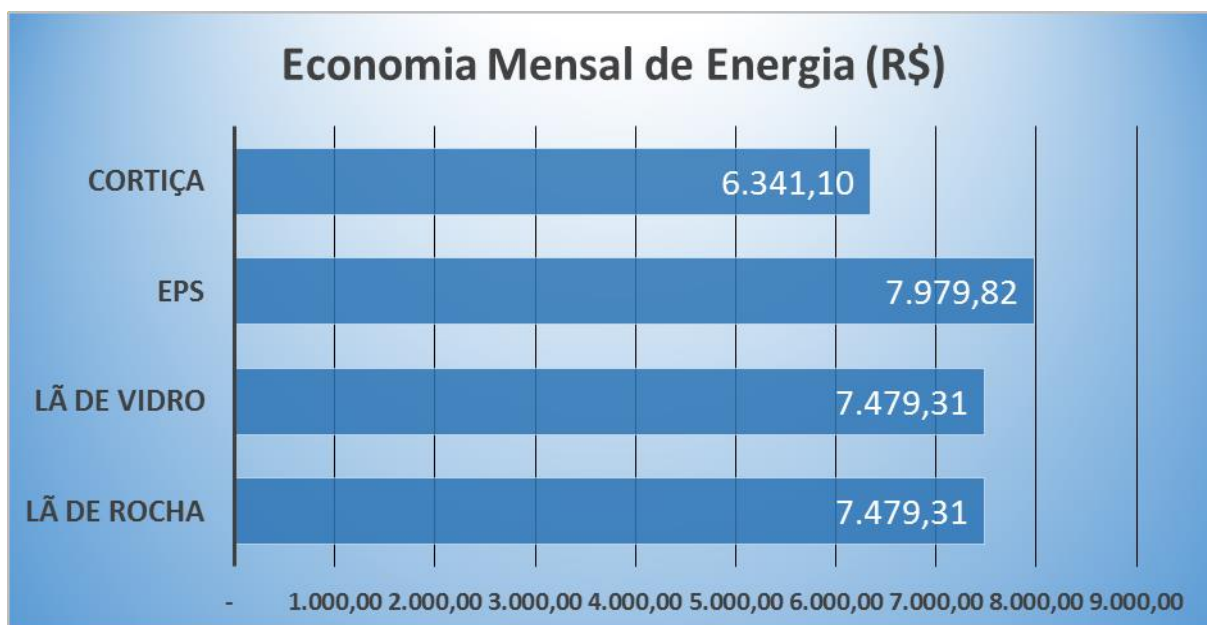


Gráfico 3: Economia Mensal de Energia

Fonte: Elaborado pelos autores

Em virtude de uma economia de 6341,11 reais por mês, em aproximadamente vinte e dois meses o investidor terá um retorno financeiro na construção através da economia em energia.

De acordo com os cálculos realizados acima, podemos notar a redução do gasto financeiro. Agora, vamos mostrar quanto iríamos gastar para construir o galpão somente com a alvenaria e logo após, com material isolante.

Investir em material isolante possui muitas vantagens, pois um ambiente refrigerado vai contribuir diretamente no rendimento dos funcionários e na durabilidade dos equipamentos.

6 CONCLUSÃO

Com os cálculos iniciais, a quantidade de calor que uma parede convencional de alvenaria bloqueia, é aproximadamente três vezes menor que uma parede revestida com material isolante, mas para a conclusão do objetivo deste trabalho foi indispensável calcular o custo de cada material para a execução do galpão com revestimento térmico e parede de alvenaria convencional. O cálculo da transferência de calor dos isolantes nos mostrou o quanto estes materiais impedem a passagem do mesmo, desde de dentro do galpão para o ambiente, ou o inverso. Com estes dados foi possível calcular qual capacidade de ar condicionado é necessária para manter a temperatura do ambiente, e com estes valores foi perceptível o custo benefício na utilização de isolantes térmicos, entretanto é uma economia à longo prazo, não é possível perceber de imediato o quanto reduzirá no consumo de energia.

No atual momento é extremamente necessário analisar o quanto a construção prejudica o meio ambiente, podendo criar maneiras de diminuir os impactos ambientais da melhor forma possível. A construção com o isolante térmico reduz o consumo de energia, consequentemente a emissão de gases CO₂, e uma das maiores fontes de energia existentes no país são a hidrelétricas, desta forma, quanto menor o consumo energético, menos água será necessário para gera-la. É de suma importância analisar que tal atitude pode estar evitando um racionamento futuro, visto que, a um aumento elevado no crescimento da população a cada dia.

Os profissionais que atuam na área da construção civil não podem deixar de pensar em alternativas para diminuir os impactos ambientais, por isso, devem sempre estar aprimorando seus conhecimentos, estudando, procurando ideias e técnicas, assim como a isolação sustentável, têm outras formas de se construir inovando sem agredir ao meio ambiente. Os profissionais responsáveis pelo projeto devem mostrar aos empreendedores que um investimento com isolantes apesar de ser de ter um custo mais elevado, em poucos anos o capital investido vai retornar de forma favorável, contribuindo com o meio ambiente.

Alguns materiais possuem um custo mais elevado, porém é necessário avaliar suas propriedades, que podem modificar em função da matéria-prima ser escassa ou não haver uma fonte na região dificultando a locomoção e entrega do material, se seu emprego em determinada empresa provoca riscos por ser inflamável, a durabilidade é outro aspecto a se verificar na escolha da matéria-prima, por isso é necessário estudar qual o material mais adequado para o local e tipo de construção, para que não coloque em risco o edifício.

Como um bom exemplo de retorno financeiro que o isolante térmico pode oferecer para o investidor é o uso da Cortiça, este material tem um preço elevado de aproximadamente 125.100,00 reais, com o custo da construção da parede de alvenaria chega a 133.787,25 reais, porém sua durabilidade é extremamente longa, calculado uma economia de 6341,11 reais por mês, em aproximadamente vinte e dois meses o investidor terá um retorno financeiro na construção através da economia em energia.

. Os demais isolantes podem obter o retorno em bem menos tempo, como por exemplo, a lã de vidro, que proporciona uma economia de 7.479,31 reais por mês, e em aproximadamente dois meses o investidor terá um retorno financeiro na construção através da economia em energia. Porém sua durabilidade não se compara a da cortiça, a presença de calor pode reduzir seu prazo de vida útil ou a eficiência da isolação, o contato com umidade, ou outros fatores. Se o investidor possuir um capital inicial elevado e se interessar em adquirir um material que seja reutilizável, que contribui positivamente para o ambiente, e com durabilidade longa, pode optar pelo investimento na cortiça. Entretanto, se o mesmo não possuir, pode investir em outros materiais isolantes que também vão economizar energia, porém o tempo de manutenção vai ser menor.

O estudo dos isolantes térmicos possui muitas áreas ainda a serem desvendadas, no futuro, eles podem ser recursos cruciais para a construção, pois o mundo ainda tem muito que ganhar com este mercado.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, A.A.C. Tabela de traços. Rio de Janeiro, 1974.

BONJORNO, J.R et al. **Física 1: Mecânica**. São Paulo: FTD, 2005.

BONJORNO.J.R et al. **Física 2: Termologia, óptica geométrica, ondulatória**. São Paulo: FTD, 1992.

CADERNOS SECAD 1. **Educação Ambiental: Aprendizizes de Sustentabilidade**. Redação: Eneida M. Lipai, Fábio Deboni, João Paulo Sotero, Luciano Chagas Barbosa, Luiz Claudio Lima Costa, Neusa Barbosa, Rachel Trajber, Shirley Villela, Soraia Mello, Viviane Vazzi Pedro. Brasília: ARTMED, 2007. 109 p.

CARRIERDOBRASIL, **Dimensionador**. **2013**. Disponível em:<<http://http//carrierdobrasil.com.br/dimensionador/>> Acesso em 18 Ago 2016.

CATAI, **Técnicas e processos para isolamento acústico**. **2006** 12 f - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Curitiba , 2006

CONDUTORES E ISOLANTES TÉRMICOS, **A Pesquisa-ação como Instrumento de Análise de Valores de Condutividades Térmicas**. 2016. Disponível em: <<http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/condutoreseisolantes.html>> Acesso em: 10 Fevereiro 2016.

FERNANDES SILVA, **Estudo de materiais de isolamento térmico inovadores**, 2013. 211f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2013.

FIBROSOM ISOLAMENTOS TÉRMICOS / ACÚSTICOS. **Catálogo de Lã de Rocha**. Vila Nova. Portugal: 2012. 4 p.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Editora Ática, v.2, 2000.

GIL, L. CORTIÇA. In: M. Clara Gonçalves, Fernanda Margarido (eds.), "**Ciência e Engenharia de Materiais de Construção**", IST, 2012, cap. 13, p. 663-715, ISBN

GROTE, SILVEIRA, **Estudo energético e econômico aplicado a um processo de reciclagem de poliestireno expandido (isopor)**. 2002. 10f. Congresso (IX Congresso brasileiro de engenharia e ciências térmicas) - Campus de Guaratinguetá - Departamento de Energia, Guaratinguetá, São Paulo. 2002.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISA E TECNOLOGIA, **Caracterização de produtos isolantes térmicos para indústria e construção civil**. 2016: Testes Realizados pelos IPT; Av. Prof. Almeida Prado 532 Cid. Universitária – Butantã – São Paulo; 2016

ISOLANTES TÉRMICOS, **A Pesquisa-ação como Instrumento de Fornecimento de Insumos**. 2016. Disponível em: <<http://isolantestermicos.com.br/>> Acesso em: 29 Janeiro 2016.

ISOLINE DO BRASIL, **A Pesquisa-ação como Instrumento de Verificação de Preços**. 2015. Disponível em: <<http://www.isoline.com.br/drywall-em-parede-de-alvenaria/>> Acesso em: 04 Setembro 2015.

LAI, **Verificação do custo-benefício do sistema Drywall**. 2013. 91f. Monografia (Projeto de Graduação) Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico em Edificações**. 2012. Aula 9, Florianópolis, UFSC. 2012. Acesso em: 12 Janeiro 2016.

MADEIRAMADEIRA, M.I. Revestimentos Ltda. **A Pesquisa-ação como Instrumento de Verificação de Preços**. 2016. Disponível em: <<https://www.madeiramadeira.com.br>>, Acesso em: 4 Setembro 2016

MATEUS, RICARDO, **Avaliação da sustentabilidade na construção : propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis**. 2009. 427 f. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, Portugal. 2009

MENDES, PEDRO FILIPE SOUSA, **”Isolamentos térmicos em edifícios e seu contributo para a eficiência energética”**. Porto, Portugal, 2002.

MONTORO FILHO, **André Franco et alii. Manual de economia**. São Paulo: Saraiva, 1998.

MORAES, S.O. **Métodos e Equipamentos para Aquecer (transferência de calor) e resfriar os alimentos**. 2011. 13 f (Tese em transferência de Calor) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

NÚCLEO DE PESQUISA – UFRGS, **Processo de Transferência de Energia**. 2013. Disponível em:< <http://www.ufrgs.br/ufrgs/inicial>> Acesso em: 10 junho 2016.

OLIVEIRA, **Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento**. Curitiba 2002)

RESEARCHGATE; **Composições dos sistemas de vivências estudadas**. 2017. Disponível em:<https://www.researchgate.net/figure/301433563_fig1_Figura-1-Composicoes-dos-sistemas-de-fachadas-vivas-estudados>; Acesso em 23 março 2017

ROCHETA, FARINHA, **Práticas de projeto e construtivas para a construção sustentável**. 2007. 11 f. 3º Congresso Nacional (Congresso Construção 2007) - Universidade de Coimbra, Universidade do Algarve Campus da Penha, Faro, Portugal 2007

SAGITARIOS, DISTRIBUIDORA DE SISTEMA DRYWALL. **Catálogo de Lã de Vidro**. Marechal Hermes. Rio de Janeiro: 2013. 7 p.

SALVADOR, SOFIA. **Inovação de produtos ecológicos em cortiça**. Projeto apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Lisboa, Portugal, 2001. Disponível em: <http://www.dem.ist.utl.pt/~m_pta/pdf/SofiaSalvadorProjecto.pdf>. Acesso em: 09/04/2016.

SCATOLIN, **Indicadores de desenvolvimento: um sistema para o Estado do Paraná**. Porto Alegre, 1989. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do rio Grande do Sul. 1989

SCHUMACHER, **A Pesquisa-ação como Instrumento de Fornecimento de Insumos**. 2016. Disponível em: <www.schumacherinsumos.com.br/empresa.htm> Acesso em: 26 Janeiro 2016.

SÓ BIOLOGIA, **A Pesquisa-ação como Instrumento de Análise e Avaliação da Prática Docente**. 2016. Disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Calor4.php> Acesso em: 05 Fevereiro 2016.

TEIADESIGN, Espaço Empresarial Todeschini, **A Pesquisa-ação como Instrumento de Análise e Avaliação da Prática Docente** 2015. Disponível em: <<http://teiadesign10.blogspot.com.br/2013/01/isolamento-termico-e-acustico-la-de.html>>, Acesso em: 09 Agosto 2015.

UNICAMP, **Muro vivo é alternativa para conforto térmico**. 2014. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/606/muro-vivo-e-alternativa-para-conforto-termico>> Acesso em 11 Junho. 2016.

WALKER, J. **Fundamentos de Física. Hallyday Resnick. 8. Ed.** EUA. LTC. 2007.