

AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO TÉRMICO DE TRÊS DIFERENTES MATERIAIS USADOS NA CONSTRUÇÃO E PREENCHIMENTO DE PAREDES EXTERNAS

Marcio Carlos Navroski¹, Diogo Belmonte Lippert¹, Lucas Camargo², Mariane de Oliveira Pereira², Clóvis Roberto Haselein³

Resumo: Verões cada vez mais quentes trazem grandes problemas térmicos no interior de residências e estabelecimentos comerciais, acarretando o aumento da demanda de instalação de condicionadores de ar e o conseqüente elevado consumo de energia. Construções utilizando isolantes térmicos em suas paredes externas podem diminuir esse gasto de energia ou até mesmo suprir a utilização desses equipamentos. Devido a esses fatores o presente trabalho teve como objetivo avaliar o isolamento térmico em três caixas construídas com diferentes materiais, sendo uma constituída de tábuas de madeira com paredes simples, e duas construídas com compensado, paredes duplas e o interior das paredes preenchido com casca de arroz e Isopor®. As caixas após construídas foram colocadas em estufa a 40°C.e, em seguida, anotou-se a temperatura do interior das mesmas a cada intervalo de cinco minutos utilizando-se termômetro digital. A caixa com interior de Isopor® apresentou a menor variação entre as três avaliadas, seguida pela caixa de casca de arroz. Esses dois materiais também apresentaram bom isolamento térmico inicial, ao contrário da caixa construída somente com madeira, que apresentou um grande aquecimento interior depois de colocada em estufa.

Palavras-chave: Isolantes térmicos; Isopor®; casca de arroz; madeira, compensado.

EVALUATION OF THERMAL INSULATION FOR THREE DIFFERENT MATERIALS USED IN CONSTRUCTION AND COMPLETION OF EXTERNAL WALLS

Abstract: Summers increasingly hot are bringing large thermal problems within homes and businesses, leading to increased demand for installation of air conditioners and the consequent high energy consumption. Constructions with thermal insulation on its external walls that could reduce energy use or even supply the use of such equipment. Due to these factors the

¹ Engenheiro Florestal, Mestrando em Engenharia Florestal, Bolsista CAPES, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <navroskiflorestal@yahoo.com.br; diogo_b_lippert@hotmail.com>.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <lucasdaflorestal@yahoo.com.br; maripereira.florestal@gmail.com>.

³ Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Associado do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <haseleic@ccr.ufsm.br>.

present study was to evaluate the insulation in three boxes built with different materials, one made of wooden boards with plain walls, and two built with plywood, wall insulation and interior walls filled with rice husk and Styrofoam®. The boxes were built after placed in drying oven at 40 °C, then noted the temperature inside the same interval every five minutes using a digital thermometer. The box with inner Styrofoam® showed the lowest variation among the three evaluated, followed by the box of rice husk. These two materials also showed good thermal initial, unlike the box built only with wood, which showed a large interior heating, lay in a drying oven.

Keywords: Thermal insulation; Styrofoam®; rice husk; wood; plywood.

1 INTRODUÇÃO

O que determina se um material será ou não um bom condutor térmico são as ligações em sua estrutura atômica ou molecular. Assim, os metais são excelentes condutores de calor devido ao fato de possuírem os elétrons mais externos "fracamente" ligados, tornando-se livres para transportar energia por meio de colisões através do metal. Por outro lado, tem-se materiais como madeira, lã, vidro, papel e poliestireno que são maus condutores de calor (isolantes térmicos), pois, os elétrons mais externos de seus átomos estão firmemente ligados (SIAS, 2006).

Entre as principais vantagens em se utilizar sistemas de isolamento térmico estão, a economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interior, redução do peso das paredes e das cargas permanentes sobre a estrutura, diminuição do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes e diminuição dos riscos de condensações (FREITAS, 2002).

A madeira é um material natural muito versátil que além de ser renovável e reciclável, apresenta grandes vantagens para a construção civil por ser mais leve que outros materiais, permitir grandes formas arquitetônicas, fortes características mecânicas, maior regulação da umidade interna, menor desenvolvimento de bactérias e uma grande beleza natural, não necessitando de acabamentos complexos (GRÁCIO, 2006). A madeira também pode ser processada e transformada em diversos outros produtos, podendo-se destacar os compensados, aglomerados, fibras de média densidade (MDF) e lâminas coladas face a face (LVL)

Compensado é um painel de madeira feito com lâminas de pequena espessura, geralmente possuindo a grã de lâminas adjacentes orientadas a um ângulo de 90^0 . As lâminas externas são chamadas de capa e contracapa ou faces e as interiores de miolo ou alma. A espessura total típica do painel não é menor do que 2 mm e em geral não excede 75 mm. As lâminas podem variar quanto à espessura, número, espécie, qualidade da madeira etc. A construção do painel objetiva compensar algumas deficiências da madeira sólida.(USDA, 1987).

O Isopor® é um produto comercial constituído de EPS (poliestireno expandido). De acordo com a norma ISO-1043/78, esse material é identificado como celular rígido, resultante da polimerização do estireno (um derivado de petróleo) em água e pertencendo ao grupo dos termoplásticos (TECHNICAL INFORMATION, 1992).

O EPS é composto de 98% de ar e 2% de matéria-prima (em massa), que desde a sua criação tem sido amplamente aplicado de diversas formas como embalagens industriais (tanto para conservação de produtos alimentícios como para proteção de equipamentos), artigos de consumo, materiais para construção civil, isolante térmico, aplicação em processos de fundição de blocos de motores na indústria automobilística etc. (SILVEIRA et al, 1998). Além de suas propriedades isolantes, duas outras características têm fortalecido a sua presença no mercado consumidor, aonde vem obtendo crescente participação: a leveza, e o baixo custo (SANTOS, 2008).

Segundo Santos (2008), o Isopor® possui muitas características favoráveis na sua utilização para uso em interiores de paredes, entre as principais pode-se citar: baixo peso volumétrico devido à grande quantidade de ar existente em 1 m^3 de material (aproximadamente 98%); resistência ao fogo, pode ser utilizado como retardante à chama, provendo segurança ao aplicador e à empresa; instalação simples, podendo ser cortado facilmente aumentando sua velocidade de instalação.

Além da madeira e do Isopor®, a casca de arroz, material abundante e renovável, pode ser empregado como matéria-prima para a obtenção de materiais de construção alternativos (ZUCCO; BERALDO, 2008). Para Fonseca (1999), a casca de arroz representa o maior volume entre os subprodutos obtidos durante o beneficiamento do arroz, chegando, em média a 22%, apresentando alta dureza, fibrosidade e natureza abrasiva.

Atualmente, parte da casca de arroz está sendo utilizada na fabricação de blocos e painéis empregados na construção civil, onde substitui a fibra de madeira comumente utilizada (FONSECA, 1999). Outra utilização desse material na construção civil está

associada à argila, em que vem sendo empregada na fabricação de tijolos e telhas com bom isolamento de calor e concreto de baixo peso (GOIVINDARAO, 1980).

De forma a encontrar um isolante eficiente na construção de paredes de residências e estabelecimentos comerciais o presente estudo tem como objetivo avaliar o isolamento térmico através de caixas construídas com três diferentes materiais: tábuas de madeira, compensado e isopor e, compensado e casca de arroz, após colocadas em estufa para a verificação da variação de temperatura no interior das mesmas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As caixas foram construídas com três diferentes materiais. Uma caixa foi construída somente com tábuas de *Eucalyptus* sp. e parede simples (Figura 1). A outra caixa foi construída com compensado (parede dupla) e no seu interior foram encaixadas lâminas de Isopor® (Figura 2). A terceira caixa foi construída com compensado (parede dupla) e preenchida com casca de arroz em seu interior (Figura 3). O compensado utilizado para a construção das caixas era constituído de três lâminas e proveniente de madeira de pinus. As caixas foram confeccionadas com o mesmo volume interno, ou com uma pequena variação, para não influenciar na temperatura no interior da caixa.

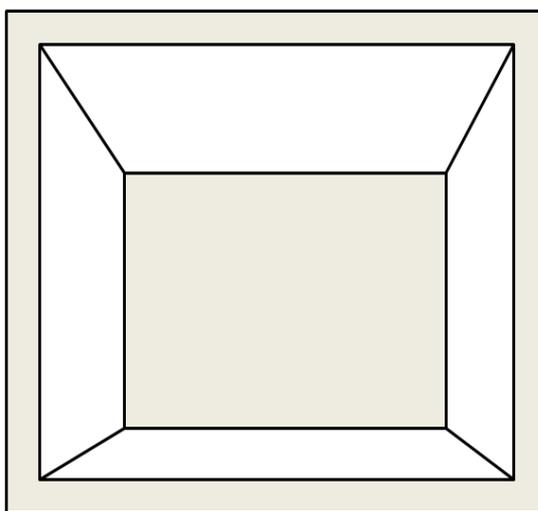


Figura 1. Esquema da vista superior da caixa construída com tábuas de *Eucalyptus* sp., constituída de paredes simples

Figure 1. Outline of view of the housing built with boards of *Eucalyptus* sp., consisting of simple walls.

As paredes das caixas foram pregadas e após coladas com cola branca. Para a caixa com preenchimento de Isopor®, construiu-se inicialmente a caixa interna, seguido do corte das lâminas no tamanho que cobrisse inteiramente a caixa interior e após construção da caixa exterior. Para construção da caixa com preenchimento de casca de arroz, construiu-se a caixa interior e posteriormente a exterior, a seguir, preencheram-se os espaços entre as caixas com casca de arroz prensada com um bastão, evitando dessa forma grandes espaços de ar entre as partículas. A parte superior das caixas foi fechada com o mesmo material das laterais, coladas e depois pregadas.



Figura 2. Construção de caixa de compensado com isolamento de Isopor®.
Figure 2. Construction plywood box with Styrofoam® insulation.



Figura 3. Construção de caixa de compensado com isolamento de casca de arroz.
Figure 3. Construction of box of plywood with insulation of rice husk.

A Tabela 1 mostra os valores de espessura das paredes e volume interno das caixas dos materiais utilizados, madeira bruta, madeira de compensado e Isopor® e madeira de compensado e casca de arroz.

Tabela 1. Valores de espessura das paredes, espessura do material isolante e volume interno das caixas

Table 1. Values of thickness, thickness of the insulating material and the internal volume of the boxes

Material	Volume da caixa interna (cm ³)	Volume da caixa externa (cm ³)	Espessura do compensado (mm)	Espessura do isolante (mm)
Tábua de madeira	14.205	-	19,0	-
Compensado + Isopor®	14.733	33.081	15,0	20,5
Compensado + casca de arroz	13.548	34.071	11,0	39,0

Depois de construídas as caixas, essas foram perfuradas com auxílio de uma furadeira elétrica em que o tamanho do orifício foi suficiente para a entrada do sensor do termômetro digital (± 1 cm de raio). Para a vedação do orifício utilizou-se silicone.

Na seqüência as caixas foram colocadas em estufa de circulação de ar a temperatura constante de 40°C. Para a realização da medição da temperatura utilizou-se termômetro digital posicionado fora da estufa (Figura 4) e com seu sensor dentro das caixas. Em seguida anotou-se a temperatura do interior das caixas a cada intervalo de cinco minutos, finalizando-se a leitura depois de 120 minutos.



Figura 4. Estufa de secagem usada para avaliação do isolamento térmico e termômetro usado nas avaliações.

Figure 4. Drying oven used for evaluation of thermal and thermometer used in the ratings.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os resultados das leituras de temperatura no interior das caixas em intervalos de cinco minutos sob circulação de ar e temperatura constante de 40°C no interior da estufa.

Tabela 2. Temperatura (°C) no interior das caixas a cada cinco minutos de intervalo de medição

Table 2. Temperature (°C) inside the boxes every five minutes interval measurement

Intervalo (minutos)	Temperatura interna (°C)		
	Caixa de tábuas	Caixa de Isopor®	Caixa com casca de arroz
0	19,6	19,9	16,0
5	19,9	19,9	16,1
10	21,4	19,9	16,1
15	23,8	20,0	16,4
20	25,9	20,1	16,5
25	27,9	20,4	16,9
30	29,6	20,7	17,4
35	30,9	21,1	17,9
40	32,3	21,4	18,5
45	33,4	21,9	19,1
50	34,1	22,3	19,8
55	34,9	22,8	20,4
60	35,5	23,3	21,1
65	36,0	23,8	22,0
70	36,5	24,1	23,0
75	36,9	24,5	23,5
80	37,3	25,0	23,9
85	37,6	25,5	24,4
90	37,9	25,9	25,0
95	38,1	26,3	25,6
100	38,3	26,7	26,1
105	38,5	27,0	26,6

110	38,6	27,4	27,1
115	38,7	27,8	27,8
120	38,7	28,1	28,2

Pode-se observar que o isolamento térmico da caixa construída somente com tábuas e parede simples foi bastante baixo. Em menos de 60 minutos a temperatura alcançou o valor de 35°C. Houve também um aquecimento inicial muito rápido, no intervalo de 30 minutos de aquecimento a temperatura do interior da caixa já estava em quase 30°C. Após 2 horas de observação a temperatura no interior da caixa estava próxima a temperatura do interior da estufa (40°C).

A caixa com paredes de Isopor® apresentou bom isolamento térmico, em comparação com as demais avaliadas. No intervalo de 60 minutos a temperatura no interior da caixa foi em torno de 23°C, muito inferior a caixa de tábuas que apresentou temperatura de quase 35°C no mesmo intervalo de avaliação. Houve também uma baixa elevação da temperatura principalmente no momento inicial. Quase não ocorreu variação de temperatura em 30 minutos de observação, sendo a variação menor a 1°C. Isso mostra as boas propriedades de isolamento térmico que o Isopor® possui.

A caixa com interior das paredes preenchida com de casca de arroz apresentou um bom isolamento térmico inicial. A maior espessura do isolante pode ser o motivo da baixa variação de temperatura inicial. Após o período de 30 minutos a elevação da temperatura foi bem visível, passando de 17,4°C para 28,2°C no intervalo de 120 minutos.

3.1. Comparação entre os três materiais testados

A Figura 5 mostra a variação de temperatura das três caixas avaliadas em cada intervalo de avaliação (cinco minutos).

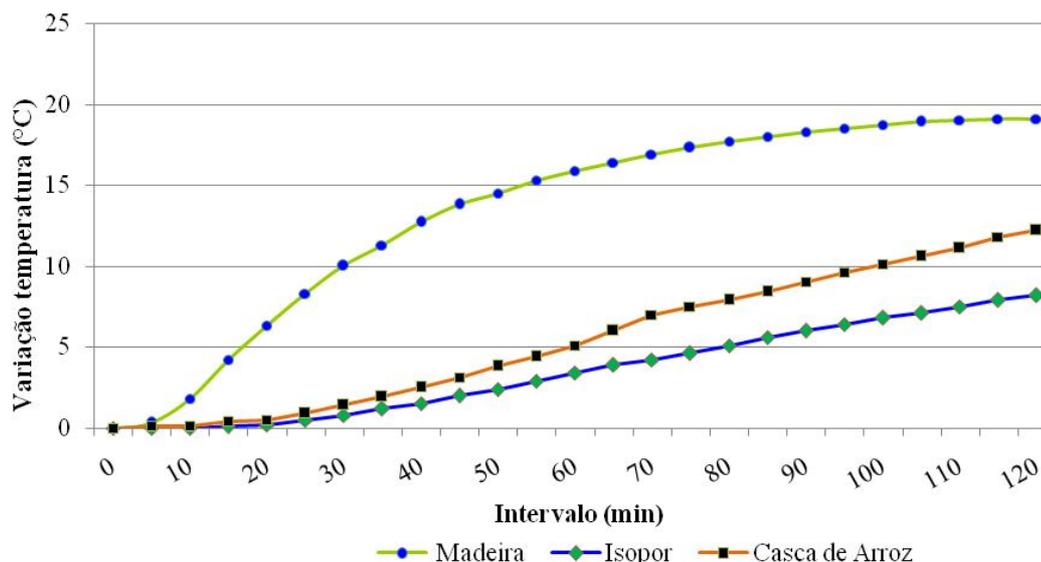


Figura 5. Variação da temperatura (°C) para as três caixas avaliadas.

Figure 5. Variation of temperature (°C) for the three cases evaluated.

Como podemos observar na Figura 5, a caixa construída com interior de Isopor® apresentou a menor variação de temperatura com relação às demais. A variação nas duas horas de avaliação foi de 8,2°C. Conforme Santos (2008), esse material apresenta excelente desempenho térmico, proporcionado principalmente pela baixa condutividade térmica. A condutividade térmica do Isopor® segundo Fenilli (2008) é de 0,028 W.m⁻¹.°C⁻¹.

Pelos resultados obtidos, uma pequena semelhança na variação inicial entre a caixa com preenchimento de Isopor® e a caixa com preenchimento de casca de arroz pode ser visualizada, sendo que as duas apresentam respectivamente uma variação de 0,8 °C e 1,4 °C nos primeiros 30 minutos de avaliação.

A caixa com paredes simples de tábuas de *Eucalyptus* sp. apresentou uma grande elevação inicial de temperatura, tendo aumentado a sua temperatura interior em 10°C em 30 minutos de avaliação. Dessa maneira a utilização de paredes de casas construídas somente com paredes simples de madeira de *Eucalyptus* não seria indicada devido ao baixo isolamento térmico obtido em um curto espaço de tempo, como o obtido no teste. Apesar da madeira não ser considerada um material isolante térmico, apresenta condutividade térmica muito menor (0,12 W.m⁻¹.°C⁻¹) que materiais como alumínio (210 W.m⁻¹.°C⁻¹), aço (75 W.m⁻¹.°C⁻¹), e vidro (1,15 W.m⁻¹.°C⁻¹). Apresenta também condutividade térmica menor que o tijolo (0,4 - 0,8 W.m⁻¹.°C⁻¹) (GRÁCIO, 2006).

Pelos resultados alcançados, pode-se afirmar que uma casa construída com interior das paredes com Isopor® teria um isolamento térmico muito bom, com baixa variação de

temperatura. Poderia haver também um menor gasto de energia com o uso de ar condicionado, já que a variação de temperatura no interior da casa seria mais baixa que a não utilização de isolantes térmicos. Entretanto o problema na utilização desse material na forma de lâminas está relacionado ao aspecto econômico, já que apresenta um custo mais elevado quando comparado com materiais alternativos como a casca de arroz.

Uma alternativa para minimizar o problema econômico na utilização do Isopor® está na reutilização desse material, que muitas vezes é descartado por diversas indústrias após seu uso. Essa utilização contribuiria também para um destino adequado para esse material que na maioria das vezes acaba indo para o lixo (SILVEIRA; GROTE, 2001).

4 CONCLUSÕES

A caixa com interior de isopor apresentou a menor variação entre as três caixas avaliadas. A variação de temperatura entre as caixas com interior de casca de arroz e isopor não obteve grande mudança no estágio inicial de aquecimento, seguindo de um aumento gradativo de temperatura após 30 minutos de avaliação, principalmente na caixa com preenchimento interior de casca de arroz. A variação das duas caixas com isolante apresentou grande diferença em comparação com a caixa de tábuas de eucalipto, sendo que esta caixa apresentou um aumento de temperatura interior rápida.

O material mais recomendado para o isolamento térmico é o Isopor®, entretanto, a casca de arroz, por ser de baixo custo e ter apresentado bom isolamento inicial, também pode ser utilizado como material de isolamento térmico.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FENILLI, R. J. **Sistemas termoisolantes: tipos, finalidades e aplicação.** *Revista Climatização e Refrigeração.* Editora Nova Técnica, ISSN 1678-6866, Jun 2008, São Paulo, SP, 2008.

FONSECA, M. R. G. **Isolantes térmicos fabricados a partir de cinza de casca de arroz: Obtenção, caracterização de propriedades e sua relação com a microestrutura.** 1999, 84f. (Tese de Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1999.

FREITAS, V. P. **Isolamento térmico de fachadas pelo exterior.** Relatório – HT 191A/02. Maxit Group. Porto – Portugal. 64 pg, 2002. Disponível em

<http://www.maxit.pt/media/12/tecdocs/revestimentos/HT_191A_02.pdf1.pdf> acesso em 01 de dez. 2009.

GOIVINDARAO, V. M. H. Utilization of Rice Husk – A Preliminary Analysis. **Journal of Scientific and Industrial Research**. v. 39, p. 495-515, 1980.

GRÁCIO, J. J. A. **Sub-projecto de Revestimentos**. 1º Relatório de progresso. Universidade de Aveiro. 137 pg, 2006. Disponível em <<http://www.aveirodomus.pt/resources/xFiles/scContentDeployer/docs/Doc208.pdf>> acesso em 01 de dez. 2009.

SANTOS, R. D. **Estudo Térmico e de Materiais de um compósito a base de gesso e EPS para a construção de casas populares**. 2008, 92f. (Dissertação de Mestrado), PPGEM Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN. 2008.

SIAS, D. B. **Condutores e isolantes**. Coletânea de Objetos Educacionais – Projeto Cesta/CINTED/UFRGS, 2006. Disponível em <<http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/condutoreseisolantes.html>> acesso em 29 de nov. 2009.

SILVEIRA, J. L., GROTE, Z. C. V. Análise Termodinâmica de um Processo de Reciclagem de Poliestireno Expandido (ISOPOR): Um Estudo de Caso. **Revista Digital UNESP FEG**. Guaratinguetá, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, v.1, n.1, p.1 - 7 2001.

SILVEIRA, J. L.; GROTE, Z. V.; TRAVASSOS; S. E. P., 1998, "Análise comparativa entre materiais empregados na construção de uma câmara frigorífica: Styrobloc e Alvenaria de tijolos maciços": Transferência de Calor. In: LATCYM - Congresso Latinoamericano De Transferencia De Calor Y Materia, Salta – Argentina. **Anais do 7º LATCYM**. Salta: INIQUI – Instituto de Investigaciones para la Industria Química, 1998. p.476-480.

TECHNICAL INFORMATION, 1992. "**Properties – General**". Ludwigshafen, Alemanha: Catálogo Técnico da Basf, no 22246. 1992.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Wood Handbook**: wood as an engineering material. Washington : U. S. Government Printing Office, 1987. 466 p.

ZUCCO, L.L; BERALDO, A.L. Efeito da adição de cinza da casca de arroz em misturas cimento-casca de arroz. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.28, n.2, p.217-226, 2008.