

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE COMPÓSITOS CONSTITUÍDOS A PARTIR DA FIBRA DE COCO

Warlen Librelon de Oliveira, Alexandre Alex Barbosa Xavier, Pollyanna Marques de Souza, Renata Carolina Fonseca Chaves, Letícia Oliveira Silva
Centro Universitário Newton Paiva. warlen@librelon.com.br.

RESUMO

A fibra de coco é um resíduo muito comum no Brasil e já encontra utilizações em diferentes áreas. Este trabalho avaliou a eficiência dessa fibra no isolamento térmico para posterior uso em painéis isolantes de baixo custo. Amostras com diferentes quantidades de fibra de coco foram confeccionadas para a determinação de seus coeficientes de condutividade térmica. Os resultados obtidos mostraram o bom desempenho do material quando comparados a outros materiais considerados como bons isolantes térmicos.

PALAVRAS-CHAVE: Fibra de coco, condutividade térmica, isolante térmico.

INTRODUÇÃO

No cenário atual de inovação tecnológica, é cada vez mais comum o desenvolvimento de produtos capazes de atender várias demandas a partir de apenas um material. Seja como estratégia de competitividade mercadológica ou ainda como forma de desenvolvimento sustentável.

O trabalho em questão propõe analisar o potencial de absorção de calor e consequente nível de isolamento térmico de compósitos confeccionadas a partir da fibra de coco.

Os isolantes térmicos são empregados com a finalidade de reduzir o fluxo de calor entre sistemas térmicos e o ambiente, gerando sensação de bem-estar e a diminuição dos custos com climatização.

Segundo Sias (2006, apud Navroski, 2010) o que determina se um material será ou não um bom condutor ou isolante térmico são as ligações em sua estrutura atômica ou molecular. Materiais que são maus condutores de calor possuem os elétrons mais externos de seus átomos firmemente ligados.

Segundo Borges (2009), materiais como algodão, bagaço de cana, sisal, fibra de coco dentre outros podem ser utilizados in natura como isolante térmico sem precisar de tratamento, pois apresentam baixa condutividade térmica, sendo que o uso desses materiais na produção de um compósito pode ser viável econômica e ecologicamente. Aproveitando essa possibilidade, o trabalho aqui exposto visou explorar o potencial de isolamento térmico da fibra de coco. Os resultados obtidos na pesquisa agregam valor a esse material e apontam para a possível confecção de painéis isolantes a baixo custo.

Vale salientar que, conforme documento emitido pela Embrapa em agosto de 2014, a produção mundial de coco está em torno de 60 milhões de toneladas e, atualmente, o Brasil é o quarto maior produtor mundial com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas. Em contrapartida, o país sofre com a grande quantidade de resíduo descartado já que, em média, um coco que pesa entre 2 kg e 2,5 kg tem até 70% de seu peso na casca e leva de 8 a 12 anos para se decompor. Assim, o desenvolvimento de alternativas para o aproveitamento da casca de coco verde possibilita reduzir a quantidade de resíduos sólidos nos aterros sanitários, além de proporcionar uma nova opção de rendimento. (VALE; SOARES; CASAGRANDE, 2007; CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002).

De uma maneira geral, o uso das fibras vegetais como matéria-prima para composição de isolantes térmicos tem sido objeto de algumas pesquisas, como a que foi realizada nesse trabalho. A utilização da fibra da casca do coco baseia-se nas características de suas propriedades tais como, capacidade de alongamento e elasticidade, resistência à temperatura, resistência à tensão e deformação, densidade, baixo custo entre outras.

Segundo Mendes et al. (2000, p. 7), dadas suas características geométricas e estrutural, a fibra de coco é adequada para desenvolver um isolante térmico, com dimensões à serem especificadas em função das análises de fluxo de calor. Os resultados das propriedades térmicas variam com a densidade e com a espessura do material.

Mendes (2002) trata exclusivamente no desenvolvimento de um compósito a base de fibra de coco com resina natural, especificamente o látex. O autor chamou a atenção que um dos principais responsáveis pela absorção térmica foi a característica do compósito de ter bolsas de ar aprisionado. A produção desse compósito foi por uma relação de 1:1 entre a fibra e a resina. Entre outras características, o produto final apresentou: acabamento superficial rugoso, flexibilidade, leveza (densidade média de 170 kg/m^3), resistência a impactos e aos esforços de tração e compressão, e custo acabado em torno de R\$5,00/m². Observou-se que em sua metodologia, não houve variações de proporções entre os insumos e também não foram criadas amostras com diferentes espessuras e assim poder identificar as eficiências. O coeficiente de condutividade k da amostra foi determinado através do Método da placa quente protegida (“guarded hot plate”), indicado pela ASTM C177-85 para caracterização de materiais de baixa condutividade térmica (inferior a $3,5 \text{ W/mK}$), de acordo com os procedimentos descritos por Avelino et al (1999). Em sua metodologia, utilizou-se a energia elétrica como fonte de calor para as análises. Em sua conclusão foi atribuído uma boa eficiência térmica encontrando um coeficiente de $0,039 \text{ W/m.K}$. Além de determinar uma boa resistência, flexibilidade, baixa densidade e custo atrativo.

Mendes (2000) propõe a análise de algumas propriedades de tijolos solo-cimento com adição da fibra de coco. O autor destacou a utilização dos métodos da “caixa quente protegida”, (FARHAT, 1988), e o método da “dupla placa” (HAWKINSE, 1957), ambos baseados na norma ASTM C177 e C 236. Concluiu-se que, com a adição da fibra, obteve-se melhoria no isolamento térmico.

Portanto, em função dos resultados expostos, a fibra da casca de coco, é um material que tem um ótimo potencial para ser aplicado como isolante térmico, com boas perspectivas de abrir seu espaço no mercado consumidor em uma ampla faixa de aplicação tecnológica.

METODOLOGIA

Confecção das amostras

As amostras utilizadas para realização dos ensaios são resultado da mistura de uma resina natural à fibra de coco triturada. A escolha pela fibra de coco triturada foi decorrente dos bons resultados obtidos por esse material em pesquisa anterior relacionada à constituição de um painel de isolamento acústico(XAVIER et al, 2013).

A fibra de coco triturada foi adquirida como resíduo da produção de coco da Fazenda Domus, situada no município de Curvelo-MG. O processo de obtenção dessa fibra se deu após a secagem completa do coco e sua posterior inserção em um triturador, obtendo-se a fibra então utilizada.

A Fibra de Coco

A fibra de coco é uma fibra multicelular pertencente à família das fibras duras e é constituída principalmente por celulose e lenho. (BASTOS, 2007)

Tabela 1. Composição química da fibra de coco verde. Fonte: RevistaPoematec, 2003.

Componentes	Percentual
Celulose	43,44%
Lignina	45,84%
Solúveis em água	5,25%
Pectina	3%
Resíduo Mineral	2,22%
Hemicelulose	0,25%

Face à sua constituição, a fibra de coco possui alta resistência mecânica, durabilidade e resiliência. É uma fibra versátil e se torna propícia para os mercados de isolamento térmico e acústico. (SALVADOR, 2001).

As fibras de coco se destacam por apresentarem alta disponibilidade no país, baixo custo e propriedades físico químicas adequadas à confecção de diversos produtos como cordas, escovas, tapetes, estofados automotivos, reforço em compósitos, entre outros. (DUARTE; IMAI; NII, 2009).

Segundo SILVA (et al., 2003), a confecção de chapas usando fibras de coco e resinas de aglutinante, com a finalidade de isolamento acústico e térmico, tem ganho mercado devido ao custo e a sustentabilidade do produto.

A Resina

A resina utilizada foi uma poliuretana, polímero obtido a partir da reação entre duas substâncias químicas: um poliálcool e um isocianato.

O poliuretano (PU) é composto patenteado em 1937, pela atual companhia Bayer AG de Leverkusen (Alemanha). Em 1849, Wurtz divulgou a síntese em laboratório de uma substância que denominou uretano (ou uretana), sendo este o produto da reação química entre um grupo isocianato e outra substância com o grupo hidroxila. Um exemplo dessa síntese pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: - reação para obtenção de um uretano.

A polimerização dos uretanos ocorre quando se reage uma substância – com dois ou mais isocianatos – com um álcool polifuncional, ou seja, um poliálcool como pode ser observado na equação química constante na Figura 2. (CANGEMI, 2009)

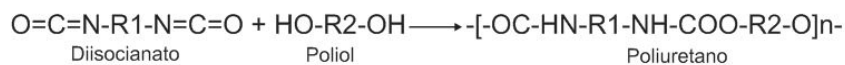


Figura 2: Reação de síntese de um poliuretano

A resina utilizada possui origem vegetal, menor nível de toxicidade, quase nula emissão de odores, sendo uma alternativa encontrada pelo grupo às resinas de poliéster e, portanto, ecologicamente mais apropriada.

O Processo de Produção das amostras

Para obtenção das amostras, foram pesadas diferentes quantidades de fibra, triturada. Para cada quantidade de fibra, utilizou-se a menor quantidade de resina possível, para que esta cumprisse a finalidade de substância ligante e não interferisse nas medições.

A resina, preparada na proporção de 3:2 de Componente A (Óleos naturais modificados); e Componente B (Reagente) foi misturada e aplicada sobre a massa de fibra confinada dentro de fôrmas.

Em seguida, cada amostra foi prensada sob força de 15 kN em uma prensa manual e colocada para secar por três horas, para então ser desmoldada. Através desse procedimento, foram obtidas diferentes amostras para cada tipo de fibra, contendo diferente quantidade de massa, de resina, densidade e espessura. A tabela 2 e a Figura 3 apresentam, respectivamente, as características e a aparência das amostras escolhidas para o presente trabalho:

Tabela 2: Identificação e Constituição das Amostras

Código Amostra	Fibra (g)	Resina	Espessura	Razão Fibra /
CT-15-05	15	5	5	3,00
CT-30-15	30	15	8	2,00
CT-50-25	50	25	15	2,00
CT-100-30	100	30	28	3,33



Figura 3: Amostras confeccionadas. (1)CT-100-30; (2)CT-15-05; (3)CT-50-25; (4)CT-30-15

Determinação do coeficiente de condutividade

O Sistema de Obtenção de Dados

O sistema montado para a realização dos ensaios constituiu-se dos seguintes componentes, como mostra a Figura 4:

- Calorímetro;
- Porta-amostra;
- Termômetro com termopar e datalogger
- Termômetro convencional;
- Fonte geradora de calor;
- Software para registro de dados;
- Computador.

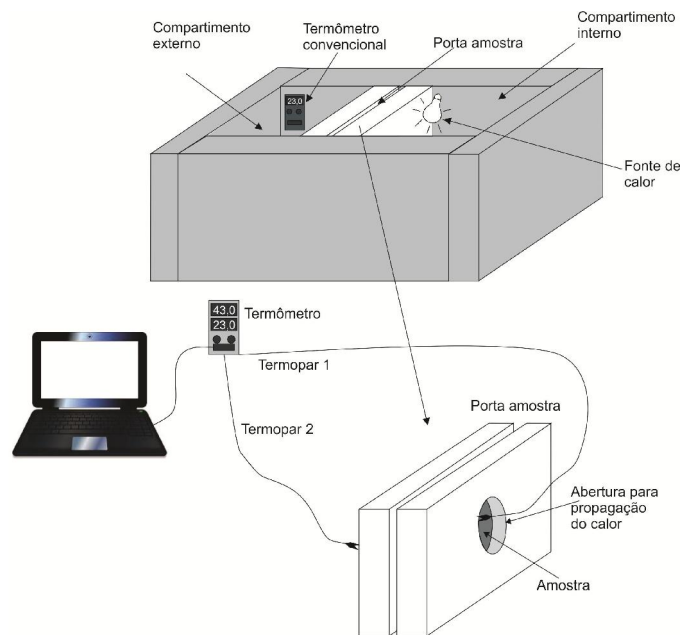


Figura 4: Sistema para ensaio de condutividade térmica das amostras

O calorímetro foi confeccionado com madeira MDF revestido com poliestireno de 45 mm de espessura para evitar a perda de calor para o ambiente e possibilitar apenas a passagem pela amostra.

O compartimento externo serve para simular o ambiente a ser avaliado, o qual possui um termômetro independente para registrar a temperatura a qual fez parte dos cálculos da condutividade térmica.

A lâmpada incandescente foi utilizada como forma de fonte de calor com o objetivo de ter uma temperatura ascendente.

O porta-amostra foi confeccionado com duas placas de poliestireno de 45 mm de espessura e um furo no centro com 70 mm de diâmetro. Esse furo tem como objetivo, permitir a passagem de calor pela amostra e assim poder identificar a condutividade térmica.

O compartimento interno tem como objetivo simular o ambiente com alta temperatura e assim analisar a transferência de calor para o ambiente externo.

O termômetro com datalogger e termopares tiveram a finalidade de registrar a sequência de temperaturas por um período de 60 minutos através de dois canais.

O software instalado no computador recebe os dados do datalogger através de uma conexão serial e grava em banco de dados para a posterior análise.

O Processo de obtenção de dados

O material para análise foi colocado no porta-amostra situado no meio do calorímetro entre duas bases de poliestireno. A base de poliestireno usado teve como objetivo evitar que o calor gerado fosse transferido para o compartimento externo e compromettesse os resultados.

Após a colocação da amostra, fixou os termopares em cada face da amostra. Em seguida, foram conectados os termopares no termômetro e esse no computador para o registro dos dados. Com todo o sistema montado, foi utilizada uma placa de poliestireno de 45 mm para fechar o compartimento de geração de calor evitando a propagação dessa energia para o compartimento que simula o ambiente externo.

Em seguida foi ligada a fonte geradora de calor e foi iniciada a obtenção das temperaturas da face interna e externa da amostra. Os valores das temperaturas foram registrados e armazenados através do software utilizado. Esse software foi configurado para coletar os valores das temperaturas a cada minuto. Para cada amostra foram registradas 60 medidas para cada sensor.

O Cálculo do Coeficiente de Condutividade Térmica

O coeficiente de condutividade térmica k está relacionado à natureza do material. O valor desse coeficiente é maior para os bons condutores e baixo para os isolantes térmicos.

O coeficiente k pode ser determinado através da seguinte equação:

$$q = \frac{k}{L} A (T_{SI} - T_{SE}) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde q é o fluxo de calor, L é a espessura da amostra e $(T_{SI} - T_{SE})$ a diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa da amostra.

O fluxo de calor q pode também ser mensurado levando em consideração o processo de convecção:

$$q_{ce} = h_e A (T_{SE} - T_{AE}) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde H_e é o coeficiente de transmissão de calor por convecção externa, T_{SE} a temperatura na superfície externa da amostra e T_{AE} a temperatura externa de um ponto afastado dessa superfície.

Baseado nessas equações foi necessário a obtenção das temperaturas internas e externas da superfície da amostra, além da temperatura do ar próximo a superfície externa. O coeficiente de transmissão de calor por convecção para o ar é constante para a situação e possui valor igual a

$$h_e = 8,1 \frac{W}{m^2 K} \quad \text{Equação (3)}$$

Através dos dados coletados pelo software, foi gerada uma planilha eletrônica organizada de forma que identificasse cada conjunto de dados com seus devidos ensaios. A tabela 3 representa o modelo de planilha que efetuou os cálculos do coeficiente de condutividade térmica e possibilitou gerar os gráficos para análise dos resultados.

Tempo	Temp. Superf. Ext	Temp. Superf. Int.	Temp. amb. Ext.	Espessura	Conv. Ext	Dif. Temp superf.	Cond Term	Fluxo de calor
1	33,4	40,7	26,5	0,005	55,89	7,300	0,038	55,89
2	33,8	41,7	26,5	0,005	59,13	7,900	0,037	59,13
3	34,5	43,1	26,5	0,005	64,8	8,600	0,038	64,8

Tabela 3: Parte da Planilha de Cálculo do Coeficiente de Condutividade Térmica

A tabela foi baseada nos seguintes dados:

- **Tempo:** Determina o tempo em minutos que foi coletado as temperaturas.
- **Temp. superf. Ext.:** Temperatura da superfície externa da amostra. Coletada por um dos canais do DataLogger. Representa a temperatura da amostra no ambiente externo.
- **Temp. Superfíc. Int.:** Temperatura da superfície interna da amostra. Coletada por um dos canais do DataLogger. Representa a temperatura da amostra no ambiente interno.
- **Temp. Amb. Ext.:** Temperatura do ambiente externo. É a temperatura da região que simulará o ambiente que deseja o conforto térmico.
- **Espessura:** É a medida da espessura da amostra em análise.
- **Conv. Ext:** Valor da constante de transmissão térmica para a convecção.
- **Dif. Temp. Superf.:** É o cálculo da diferença de temperatura entre as superfícies da amostra em relação ao ambiente interno e externo.
- **Cond. Term.:** Representa o valor para o coeficiente de condutividade térmica calculado através da equação 1.
- **Fluxo de Calor:** Representa o fluxo de calor através da convecção calculado através da equação 2.

Após a obtenção dos valores a partir das planilhas, foram confeccionados gráficos que relacionaram os valores do coeficiente de condutividade térmica com a diferença de temperatura entre as superfícies da amostra. Isso porque a diferença de temperatura é o principal valor que representa a eficiência da amostra no que se refere à sua condutividade térmica.

Assim, seria muito significativa para o estudo, a construção de curvas relacionando esses elementos. Esse procedimento foi repetido para cada amostra, obtendo-se um conjunto de informações para posterior análise e conclusão.

ANÁLISE DOS DADOS

A análise foi realizada através dos gráficos que relacionaram os valores do coeficiente de condutividade térmica k , e a variação de temperatura entre a superfície externa e interna da amostra em teste.

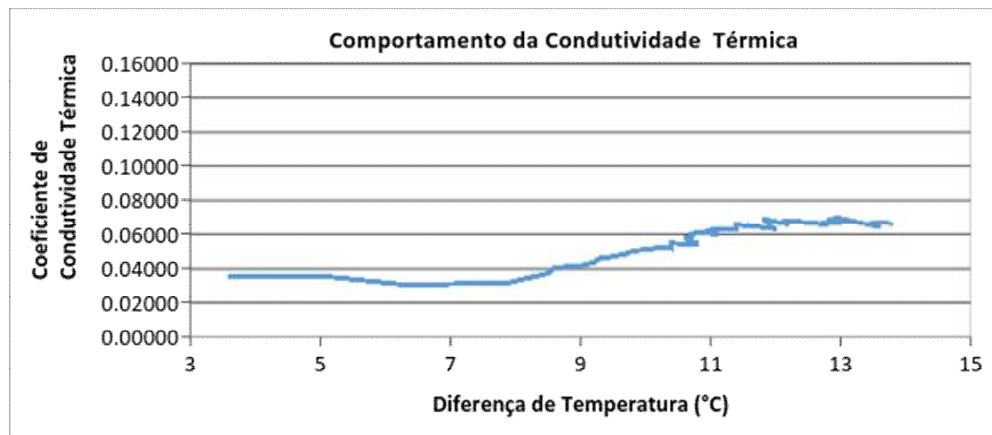


Gráfico 1 – Amostra 30-15

O gráfico 1 refere-se à amostra 30-15 e apresenta um comportamento praticamente constante durante o aumento da variação de temperatura entre as superfícies da amostra. O valor médio ficou próximo de $k = 0,058 \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

O gráfico 2 representa a variação do coeficiente de condutividade térmica em função da variação de temperatura da amostra 50-25:

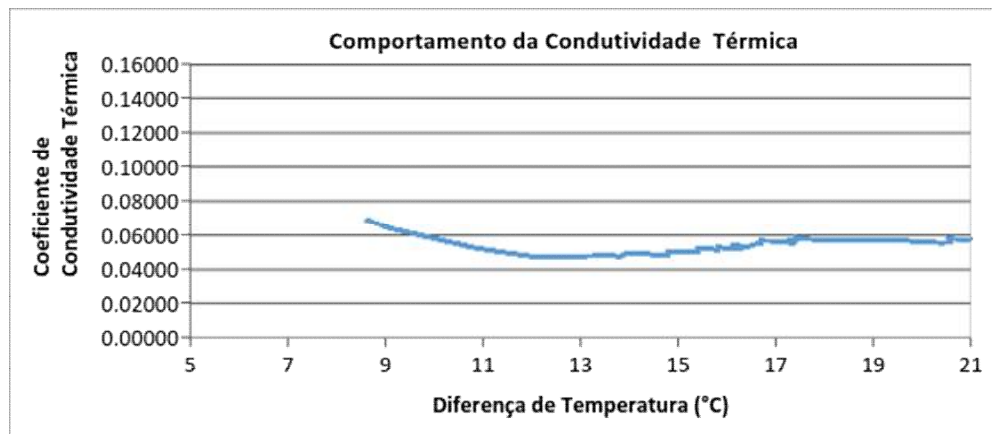


Gráfico 2 – Amostra 50-25

O gráfico 2 apresenta, assim como o primeiro, um comportamento praticamente constante desta vez em torno de um valor próximo de $k = 0,054 \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Esses resultados são importantes porque apontam para uma convergência entre os valores de k associados às duas amostras que possuem uma constituição semelhante e ressalta a pouca influência da espessura, como era de se esperar.

As duas amostras a seguir possuem praticamente a mesma relação entre a massa de fibra de coco e o volume de resina utilizado. Nesses casos a razão é aproximadamente 3:1, ou seja, foi utilizada para a confecção da amostra menor quantidade de resina e maior quantidade de fibra.

O gráfico 3 referente a amostra 15-05 demonstra a estabilidade do coeficiente de condutividade térmica para o aumento da variação da temperatura entre as superfícies da amostra. Para essa amostra o valor médio obtido foi $k = 0,040 \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

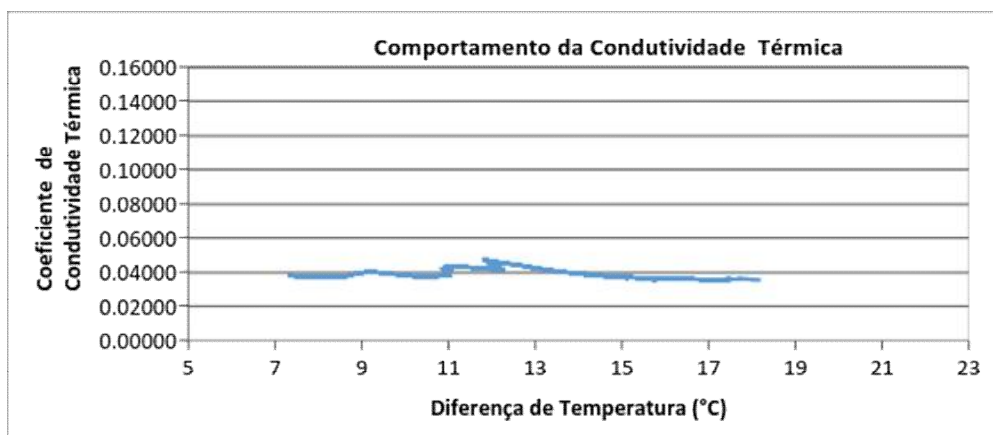


Gráfico 3 – Amostra 15-05

O gráfico 4 refere-se a amostra 100-30 que, apesar de apresentar uma variação inicial significativa, atinge após a variação de 8°C um comportamento mais estável. Para essa amostra o valor médio foi $k = 0,041 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

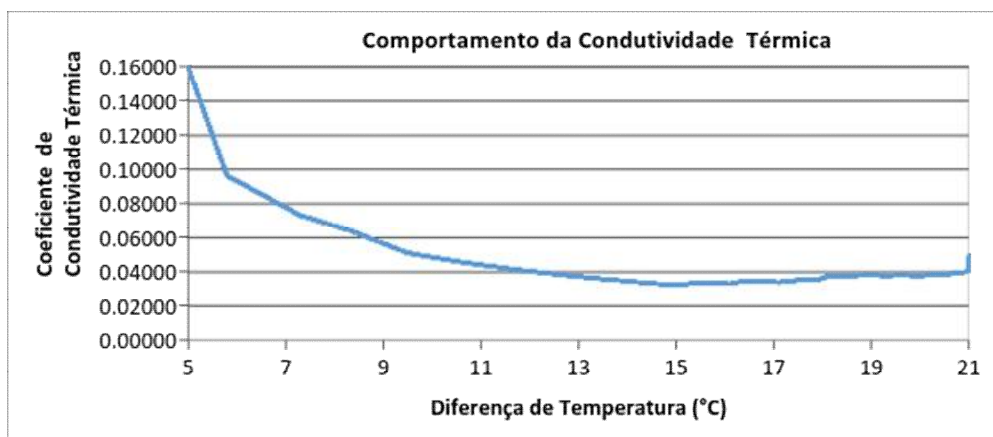


Gráfico 4 – Amostra 100-30

A diferença de 10% na razão entre massa de fibra e volume de resina na constituição das duas últimas amostras analisadas, não acarretou diferença significativa no valor de k para essas amostras.

No entanto, na comparação com as duas primeiras amostras (30-15 e 50-25) é possível relacionar o resultado obtido para o coeficiente k com a constituição das amostras.

Tabela 4: Coeficientes de Condutividade Térmica obtidos para as amostras.

AMOSTRA	RAZAO (Fibra/Resina)	K (Coeficiente)
30-15	2,00	0,058
50-25	2,00	0,054
15-05	3,00	0,040
100-30	3,33	0,041

Aquelas que possuíam maior razão obtiveram menor valor para o coeficiente k , enquanto que aquelas que possuíam menor razão obtiveram maior valor para esse coeficiente. Decorre então desse resultado que quanto menor a condutividade, menor é a proporção de resina em relação à massa de fibra na composição da amostra.

Os resultados obtidos permitem a comparação com outros materiais considerados isolantes, conforme Tabela 5:

Tabela 5: Valores para coeficiente de Condutividade Térmica de acordo com Young, Hugh D., University Physics, 13th Ed. Table 17-5

Material	Condutividade
Fibra de vidro	0,04
Lã	0,04
Poliestireno	0,03

Os valores dos coeficientes obtidos para as amostras de maior razão fibra/resina ficaram bem próximos dos valores dos coeficientes da fibra de vidro e da lã. Essa constatação confere ao compósito produzido na pesquisa um grande potencial para a utilização em painéis de isolamento térmico.

CONCLUSÕES

Devido à baixa condutividade térmica, a fibra obtida a partir da casca do coco pode ser utilizada na confecção de painéis que funcionarão como isolante térmico para diversas aplicações. As amostras utilizadas para essa pesquisa possuem diferentes proporções de fibra de coco com resina e espessura, características fundamentais para a determinação do coeficiente de condutividade térmica.

A partir da realização dos experimentos, análise dos dados e com auxílio de gráficos foi possível interpretar o comportamento das amostras quanto à absorção térmica e concluir que a maior concentração de fibra dentro do compósito é a responsável por menores índices de condutividade térmica.

Embora a resina tenha sido utilizada apenas como material ligante, não é possível afirmar se houve interferência dessa solução nos índices de condutividade térmica, pois a proporção das amostras testadas foi mantida a mesma.

Em relação a espessura das amostras, os coeficientes de condutividade térmica não se alteraram em função dessa variável. Essa afirmação pode ser comprovada, comparando os valores obtidos para K das amostras 100-30 e 15-05, que possuem valores de espessura diferentes entre si.

Embora a espessura não seja uma característica relevante quanto ao coeficiente de condutividade térmica, é um fator que interferiu no fluxo de calor em cada amostra. É possível apontar esse fator, observando maior diferença de temperatura entre as superfícies nas amostras de mesma proporção de fibra/resina e diferente espessura.

Comparando-se o gráfico 3 e 4, foi constatado maior diferencial entre as temperaturas interna e externa na amostra 100-30, ou seja, essa amostra absorveu maior quantidade de calor devido à sua maior espessura.

Para novas linhas de pesquisa, é importante realizar outros ensaios para temperaturas abaixo de zero grau, índice de inflamabilidade, temperatura estável e redução máxima da resina sem perder a característica ligante, com o propósito de melhor direcionar o desenvolvimento e aplicações de painéis de isolamento térmico baseados no compósito pesquisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bastos, L.P. Controle de Ruído em Instalações de Grupo Geradores: Um Estudo de Caso. Universidade Federal do Pará. Belém, 2007.
2. Borges, J.C.S. Compósito de poliuretano de mamona e vermiculita para isolação térmica. 2009. 80f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
3. Cangemi, J.M; at all. Poliuretano: De travesseiros a preservativos, um polímero versátil. Revista Química Nova na Escola. V. 31, n.3, 2009.
4. Carrijo, Osmar Alves; LIZ, Ronaldo Setti de; MAKISHIMA, Nozomu. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 4, n. 20, p. 533- 535, dez. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v20n4/14486.pdf> . Acesso em: 20 março 2015.
5. Duarte, Denise; IMAI, Estela Mari; NII, PatriciaMegumi. Fibras naturais e sua aplicação na arquitetura. São Paulo: USP, 2009.
6. Martins, C.R.; Júnior, L.A.J; EMBRAPA - Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: Panorama 2014 – 1ª ed. Aracaju, Sergipe, 2014.

7. Mendes, J. U. L. J. U.; Ladchumananandasivam, R., 2000, A fibra do coco como isolante térmico. 1º Simpósio Internacional de engenharia Têxtil; Natal-RN. Em CD-ROM.
8. Salvador, Sofia. Inovação de produtos ecológicos em cortiça. Projeto Apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do instituto superior técnico. Lisboa, Portugal, 2001 Disponível em: 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. 4214<http://www.dem.ist.utl.pt/~m_pta/pdf/SofiaSalvadorProjecto.pdf>. Acesso em: 20/03/2015.
9. 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.
10. Silva, Orildo Sávio de Oliveira et al. Aceitabilidade de produtos para a construção civil produzidos a base de fibra de coco na visão de especialistas do setor: um estudo de caso para a cidade de Natal. Natal: UFRN, 2003.
11. Silva, L. C. F; Mendes, J. U.; Ladchumananandasivam, R.; Análise Das Propriedades Mecânicas E Térmicas De Tijolos Solo-Cimento Com E Sem Adição Do Pó Da Fibra De Coco, p.148, Dissertação de Mestrado, UFRN, Natal, 1999.
12. Silva, L. C. R.; Ladchumananandasivam, R. e Mendes, J. U. L., 2000, Análise das propriedades mecânicas e térmicas de tijolos solo - cimento com e sem adição do pó da fibra de coco. Congresso Nacional de Engenharia Mecânica; Natal-RN. Em CD-ROM.
13. Young, Hugh D.;Sears and Zemansky's university physics : with modern physics. Pearson, 13a. ed, 2013
14. Xavier, A. A. B; Librelon, W; Souza, P.M.; Chaves, R. C. F.; Silva, L. O.; Albuquerque, I. V. Determinação do Nível de Absorção Sonora de Amostras Constituídas por Diferentes Tipos de Fibra de Coco através de um Tubo de Impedância. Revista de Iniciação Científica Newton Paiva 2012/2013. Belo Horizonte: Centro Universitário Newton Paiva, v. 13, 2013.