

## COMPÓSITO ISOLANTE TÉRMICO BIODEGRADÁVEL

**José Ubiragi de Lima Mendes**

UFRN – CT – DEM. Campus Universitário – Natal RN 59072-970.

[jubiragi@dem.ufrn.br](mailto:jubiragi@dem.ufrn.br)

**George Santos Marinho**

UFRN – CT – DEM. Campus Universitário – Natal RN 59072-970.

[gmarinho@ct.ufrn.br](mailto:gmarinho@ct.ufrn.br)

**Resumo.** Foram realizados experimentos para análise de propriedades térmicas de um compósito formado pela união de fibra e resina vegetais. Devido à disposição entrelaçada das fibras, o compósito adquiriu resistência mecânica concomitante à leveza e flexibilidade, o que permitiu versatilidade na moldagem, que pôde ser feita em diferentes formatos e geometrias, tais como: mantas, calhas parabólicas e retangulares, cilindros e esferas, entre outras. A estrutura fibrosa acarretou o aprisionamento de ar no interior do compósito e com isso houve um aumento de sua resistência térmica. Os experimentos realizados com amostras do compósito em forma de mantas demonstraram a capacidade de isolamento térmico para faixa de temperatura entre 0°C e 130°C. A composição à base de materiais vegetais conferiu ao compósito a propriedade de biodegradação. Os resultados obtidos demonstraram sua adequação para aplicações em linhas de vapor, dutos de refrigeração e de ar condicionado, equipamentos frigoríficos, estufas, fornos, caldeirões e fornos.

**Palavras-chave:** Isolamento térmico, compósito, fibra vegetal, resina vegetal, condutividade térmica.

### 1. Introdução

Os isolantes térmicos são materiais que têm por finalidade economizar energia através da minimização do processo de transferência de calor entre dois meios, sendo por isso utilizados em sistemas de climatização, refrigeração, geração de vapor, tubulações, edificações, automóveis, equipamentos de proteção (EPIs), estufas e altos fornos, entre outros.

Existem vários tipos de isolantes térmicos disponíveis no mercado destinados aos sistemas de climatização, refrigeração e geração de vapor; entre os mais comuns podem ser citados: a lã de vidro e a lã de rocha (ambas à base de fibras sintéticas), tecido de amianto (à base de fibra mineral), poliuretano (PUR - à base de polioliol) e PVC.

O potencial das fibras vegetais ainda é pouco explorado no RN. Suas aplicações restringem-se à fabricação de cordas, redes, tapetes e estofados para automóveis. Dentro de faixas específicas de temperaturas, é possível utilizar fibras naturais como isolante térmico em substituição ao produto convencional em diversas aplicações na indústria e no comércio. As faixas de temperatura são limitadas pelo tipo de fibra, sua resistência ao calor e aos esforços mecânicos. Além das propriedades termofísicas da própria fibra, o aglomerante - material utilizado para unir e dar forma geométrica - tem papel preponderante na determinação da faixa de temperatura de operação.

No presente trabalho são descritos os experimentos realizados e os resultados obtidos que atestam a viabilidade do uso de compósito formado por fibra e resina vegetais, visando sua utilização em aplicações diversas na indústria e no comércio. O isolante térmico desenvolvido consta de um compósito à base de polímeros vegetais, tendo a fibra da casca do coco como reforço e resina de látex como agregante, que pode ser produzido nas formas de manta, calha ou tubo (oco ou maciço), obtido a partir de matéria prima não aproveitada no processo de industrialização do coco (mesocarpo do coco), destinado à aplicação em sistemas de climatização, refrigeração e geração de vapor, capaz de operar numa faixa de temperatura entre 0°C e 130°C, de apresentar baixo custo de produção, boa resistência aos esforços mecânicos e não poluir o ambiente (biodegradável).

### 2. Isolamento térmico

Para suprir a demanda de energia, a adoção de medidas de conservação é tão importante quanto a ampliação do potencial e do número de opções da matriz energética de um país. Nesse aspecto, seja na indústria, no comércio e mesmo em aplicações domésticas, o isolamento térmico tem papel preponderante entre as técnicas de conservação de energia.

O uso de fibras vegetais como matéria prima para composição de isolantes térmicos tem sido objeto de algumas pesquisas realizadas na UFRN (Silva, 1999; Silva et al., 2000; Mendes et al., 2000). Especificamente no caso da fibra da casca do coco agregada através de resina de látex, as pesquisas apresentaram resultados promissores, o que justificou a solicitação de uma patente (Mendes e Marinho, 2001).

Um dos aspectos técnicos mais importantes na escolha do material para compor um sistema de isolamento térmico diz respeito à sua capacidade de transferência de calor, traduzida pelo coeficiente de condutividade térmica ( $k$ ).

A condutividade térmica é função do material, da espessura e da diferença de temperatura entre suas faces. Nos materiais compostos,  $k$  também é função das propriedades termofísicas das superfícies e da fração de ar aprisionado no interior do material. O  $k$  de materiais porosos depende da composição, da quantidade de matéria sólida, da distribuição, geometria e dimensões dos poros, do teor de umidade e do tipo de gás aprisionado (Aktusu e Sato, 1988).

Materiais com porosidade celular homogênea exibem melhores características isolantes do que materiais com mesma densidade mas com células de ar extrudadas, no qual o calor se propaga principalmente por convecção natural (Silva, 1999). Analisando o problema, Tzou (1995) concluiu que, mais que uma propriedade térmica do material poroso,  $k$  é uma propriedade estrutural.

### 3. Compósito isolante térmico

Para formação do compósito, utilizou-se uma matriz de caipo – fibra da casca do coco (*Cocos nucifera linn*) como reforço e látex – resina da seringueira (*Hevea brasiliensis*) como material agregante, na proporção 1:1.

Entre outras características, o produto final apresentou: acabamento superficial rugoso, flexibilidade, leveza (densidade média de  $170\text{kg/m}^3$ ), resistência a impactos e aos esforços de tração e compressão, e custo acabado por  $\text{m}^2$  em torno de R\$  $5,00/\text{m}^2$ .

Sendo as matérias-primas utilizadas na formação do compósito produtos naturais, seu retorno ao meio ambiente não implica em poluição, ou seja, ele é intrinsecamente biodegradável. O compósito na forma de manta e tubo pode ser observado nas Figs. (1) e (2), respectivamente.



Figura 1 – Compósito isolante na forma de manta



Figura 2 – Compósito isolante na forma de tubo

### 4. Metodologia

Após a produção do compósito na forma de manta, com dimensões  $0,25 \times 0,25 \times 0,01\text{m}$ , foram realizados experimentos para análise dos seguintes fatores: coeficiente de condutividade térmica ( $k$ ) e diferença de temperatura entre as faces interna (em contato com superfície aquecida) e externa (exposta ao meio).

#### 4.1 – Determinação da condutividade térmica

O coeficiente  $k$  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). Para tanto, recorreu-se ao Laboratório de Termociências da UERJ, que disponibilizou uma mesa de condutividade térmica para realização dos experimentos, como pode ser observado abaixo (Fig. 3 e 4).

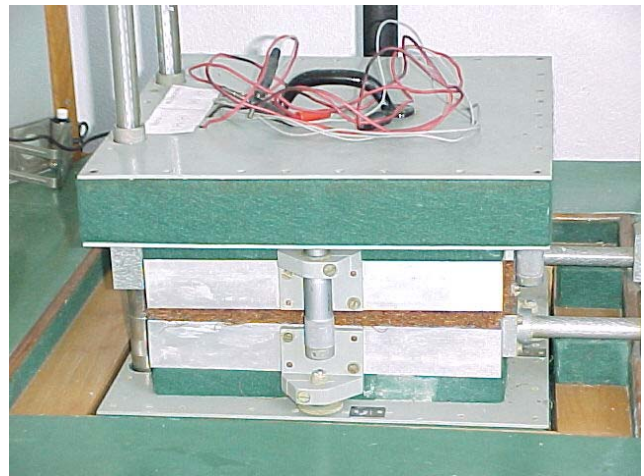


Figura 3 – Instalação do compósito entre as placas quente e fria da mesa de condutividade térmica.

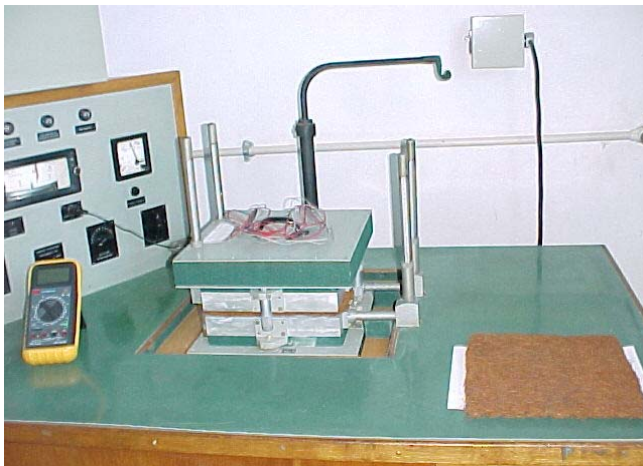


Figura 4 – Mesa de condutividade térmica da UERJ.

#### 4.2 – Determinação da eficiência de isolamento

Para análise da variação de temperatura entre as faces interna e externa do compósito, quando aplicado ao isolamento de superfícies aquecidas, foi construído no Núcleo Tecnológico da UFRN um dispositivo de dissipação de calor, do tipo aleta cilíndrica, conforme representado na Fig. 5.

O dispositivo possui um cilindro de aço com duas seções de diâmetros diferentes (inferior = 0,08m e superior = 0,02m), com a seção inferior foi envolvida por uma resistência elétrica e isolada no interior de uma câmara de madeira preenchida com lã de vidro, ficando apenas sua parte superior (aleta) exposta ao meio. Através de um variador de tensão, foi possível realizar o controle do sistema de aquecimento por efeito Joule.

Uma amostra do compósito foi instalada sobre a superfície da aleta e termopares foram fixados nos seguintes pontos: face interna (em contato com a aleta), a 0,005m da face interna (aproximadamente no centro da amostra) e na face externa.

Os termopares foram conectados ao circuito de compensação de junta fria do sistema de aquisição de dados que, por sua vez, era ligado à placa de aquisição de dados via computador.

Através de um programa de computador específico para placa de aquisição utilizada nos experimentos, foi possível registrar os dados de temperatura fornecidos pelos termopares.

Todo o aparato foi montado numa sala com controle de temperatura, o que garantiu a estabilidade térmica do ambiente dos experimentos.

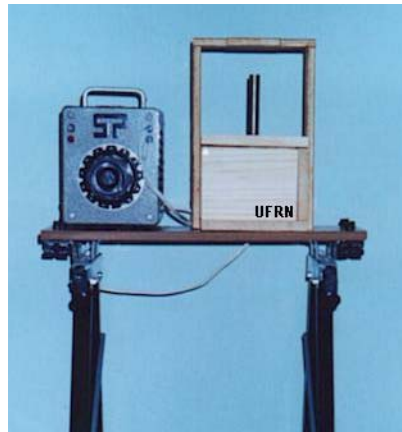


Figura 5 – Dispositivo para análise do compósito utilizado como isolante térmico de superfície aquecida.

### 5. Resultados e análise

Após a realização dos experimentos na mesa de condutividade térmica, os dados coletados foram utilizados para determinação do coeficiente  $k$  do material e análise de erro. Para tanto, recorreu-se aos procedimentos descritos por Avelino et al (1999).

Nos cálculos, são utilizadas a equação de Fourier-Biot (Eq. 1) e uma derivação desta, modificada pelo fator  $\omega$  de correção da mesa (Eq.2).

$$k = \frac{qe}{A\Delta T} \tag{1}$$

$$k = \frac{qe}{\Delta T - q\omega} \tag{2}$$

com

$$q = \frac{UI}{A} \tag{3}$$

onde:

$k$  – condutividade térmica (W/m.K)

$q$  – fluxo de calor (W)

$e$  – espessura do material (m)

$A$  – área normal ao fluxo de calor (m<sup>2</sup>)

$U$  – diferença de potencial (V)

$I$  – corrente de aquecimento (A)

$\Delta T$  – variação de temperatura (°C)

$\omega$  - fator de correção da mesa (0,0017m<sup>2</sup>°C/W)

Na Tab.1 são apresentados os dados obtidos nos experimentos realizados no Lab. Termociências da UERJ.

Tabela 1. Dados dos experimentos para determinação de  $k$ .

Material	Composição (%)	$k$ (W/m.K)	Incerteza (W/m.K)
Compósito vegetal	50% fibra 50% látex	0,039	0,003

A partir dos dados coletados nos experimentos realizados na UFRN, foram obtidos os resultados apresentados na Fig.6, abaixo. A curva superior (cor vermelho) indica a variação no tempo da temperatura da aleta tipo cilindro metálico. Essa variação corresponde à mesma da face interna da amostra.

A curva intermediária, em cor amarelo, representa a variação no tempo da temperatura da parte central do isolante.

A curva inferior (azul) representa a variação de temperatura da face externa do isolante.

Observa-se que, enquanto a face interna da amostra é submetida a uma temperatura de 181,1°C, a temperatura de sua face externa não chega a 55°C.

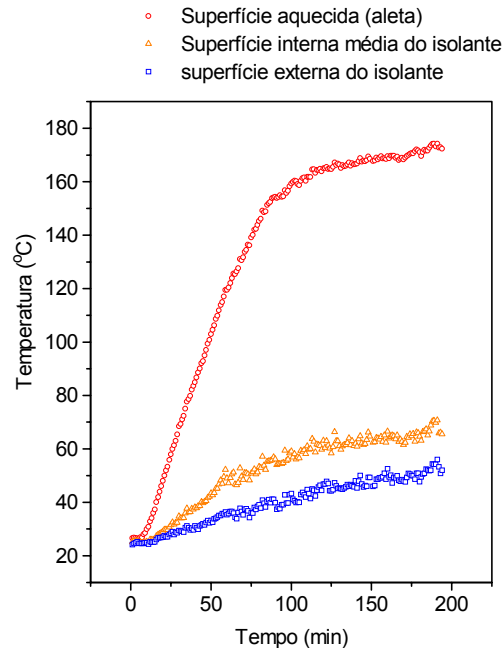


Figura 6 – Distribuição de temperatura na amostra de compósito isolante.

## 6. Conclusões

A análise dos dados obtidos a partir dos experimentos realizados comprovaram que:

- a) O acabamento superficial rugoso facilita a criação de vazios na interface de isolamento, induzindo ao aprisionamento de ar e, conseqüentemente, ao aumento da capacidade de isolamento do compósito;
- b) A flexibilidade do compósito torna-o adequado à aplicação em revestimento de tubulações e vasos esféricos;
- c) A baixa densidade ( $\sim 170\text{Kg/m}^3$ ) facilita o manuseio e reduz o peso do sistema ao qual o compósito é aplicado,
- d) As resistências a impactos e aos esforços de tração e de compressão permitem que o compósito seja utilizados em situações onde outros isolantes (como EPS, PUR e PVC) não têm a mesma capacidade;
- e) A baixa condutividade térmica ( $0,039\text{W/mK}$ ) torna o compósito adequado à operação numa faixa de temperatura entre  $0^\circ\text{C}$  e  $130^\circ\text{C}$ , própria de sistemas de climatização, refrigeração, ventilação, geração de vapor e aquecimento industrial;
- f) O baixo custo do produto final ( $\sim \text{R}\$5,00/\text{m}^2$ ), faz do compósito uma opção economicamente atrativa para aplicações industriais e comerciais;
- g) Os autores acreditam que a disponibilidade dessa tecnologia simples e barata, desenvolvida a partir de matéria prima abundante na região, com vantagem em relação aos demais tipos de isolantes devido à sua rápida reintegração ao ambiente, poderá estimular o surgimento de microempresas para processamento da fibra da casca do coco e de outras fibras vegetais, o que deverá contribuir para aumentar a renda de comunidades carentes do país.

## Agradecimentos

Os Autores agradecem à Prof<sup>a</sup> Eve Maria Freire de Aquino, DEM/CT/UFRN, ao Prof. Marciano Furukawa, Diretor do CT/UFRN, ao Prof. Manoel Costa Filho, LT/UERJ, ao Eng. André Siciliano, LT/UERJ, à Prof<sup>a</sup> Milla Avelino, LT/UERJ e ao CNPq (pelo financiamento da pesquisa).

## Referências Bibliográficas

- AKTUSU, M. e SATO, N. M. N., 1988, *Propriedades termofísicas de materiais e componentes de construção*. Tecnologia de Edificações; Ed. Pini; SP; pp. 519-522.
- AVELINO, M. R.; COSTA FILHO, M. A. F. e SOUZA, R., 1999, Desenvolvimento de material didático para ensino de transmissão de calor. Anais do COBENGE, Natal-RN, pp. 1967-1974.
- MENDES, J. U. L.; MARINHO, G. S.; LADCHUMANANANDASIVAM, R. e SILVA, L. C. R., 2000, A fibra do coco como isolante térmico. 1º Simpósio Internacional de engenharia Têxtil; Natal-RN. Em CD-ROM.
- MENDES, J. U. L. e MARINHO, G. S., 2001, *Isolante térmico à base de polímero natural*. Depósito de Pedido de Patente de Invento; Instituto Nacional da Propriedade Industrial; PI-000061 (pat. req.)
- 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.
- SILVA, L. C. F., 1999, *Análise das propriedades mecânicas e térmicas de tijolos solo-cimento com e sem adição do pó da fibra de coco*; Natal; Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica; UFRN; Dissertação de Mestrado; 148p.
- TZOU, D., 1995, *The anisotropic overall thermal conductivity induced by preferentially oriented pores*; International Journal of Heat and Mass Transfer; v.38; n.1.

## Biodegradable thermal insulator composite

**José Ubiragi de Lima Mendes**

UFRN – CT – DEM. Campus Universitário – Natal RN 59072-970  
[jubiragi@dem.ufrn.br](mailto:jubiragi@dem.ufrn.br)

**George Santos Marinho**

UFRN – CT – DEM. Campus Universitário – Natal RN 59072-970  
[gmarinho@ct.ufrn.br](mailto:gmarinho@ct.ufrn.br)

**Abstract:** *An experimental study was carried on to analysis some thermal properties of a composite made by joint vegetable fiber with vegetable resine. Due to the shape of the fiber, the composite presents special characteristics, as mechanical resistance, low density and flexibility, that made it proper to be built in different geometries, like: parabolic, rectangular, cylindric and spherical wovens. The fiber structure trapped the air into its core, enhancing the thermal resistance. The experiments showed that the composite is appropriate to using as thermal insulator applied to the temperature range from 0°C to 130°C. Due to the material composition, based in vegetable fiber and vegetable resine, the product is intrinsecaly biodegradable. The results pointed that the composite can be applied to insulation of steam generators, HVAC systems, ovens, and furnances.*

**Keywords:** *Thermal insulator, composite, vegetable fiber, vegetabe resine, thermal conductivity.*