

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COMPÓSITOS COM CARGA DE RESÍDUOS DE MADEIRA VISANDO APLICAÇÃO COMO ISOLANTE TÉRMICO

Código: [CON-2016-0879](#)

Fernanda de Melo Barreto, fernanda_mbarreto@hotmail.com¹

Jose Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br¹

Gabriel Santos de Medeiros, gabrielsm_@hotmail.com¹

Diago Cesar Xavier De Freitas Barros, diago_xavier@hotmail.com¹

Ellison Matheus Délio Alcântara, ellison.matheus@gmail.com¹

Isabel Cavalcanti Cabral, isabel.cavalcanti.cabral@gmail.com¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/RN – Brasil

Resumo: O sucesso dos compósitos nas diversas aplicações depende da facilidade de acesso e aplicação das técnicas de fabricação exigidas por cada setor industrial. Assim, o crescente desenvolvimento de novas tecnologias de fabricação de compósitos é acompanhado pela alteração e melhoramento destes mesmos parâmetros. Atualmente, os mercados de materiais compósitos estão cada vez mais difundidos, especialmente em produtos onde o rendimento e desempenho são fundamentais. Este trabalho terá como objetivo realizar uma análise comparativa entre materiais compósitos, submetidos a ensaios térmicos. Serão feitos três tipos de corpos de prova. Esses materiais terão como matriz polimérica o poliuretano (PU) a base de mamona, e como carga, madeira em forma de pó e raspa. Um corpo de prova será feito com o PU puro e os outros dois terão como carga o pó e a raspa da madeira. O pó e a raspa serão misturados a matriz em uma proporção de 20% em massa, tomando como referência o corpo feito de PU puro. A madeira será reaproveitada do rejeito de marcenarias, objetivando uma reciclagem. A fabricação dos compósitos será feita em moldes metálicos. Através dos ensaios, pretende-se avaliar o comportamento das propriedades térmicas dos três tipos de corpos, concluindo qual estará mais apto ao uso como isolante térmico.

Palavras-chave: Compósito, Poliuretano, Madeira, Propriedades Térmicas.

1. INTRODUÇÃO

Material compósito é um sistema combinado por dois ou mais materiais a nível macroscópico que trabalham simultaneamente, funcionando como uma unidade visando obter um conjunto de propriedades que nenhum dos componentes individualmente apresentaria, sendo formado por um reforço caracterizado objetivando influenciar na resistência mecânica do material, e a matriz que é responsável por transmitir os esforços ao reforço e dá a forma ao elemento estrutural (Mendonça, 2005).

O compósito estudado neste trabalho tem como finalidade isolamento térmico. Segundo Incropera (2008), os isolantes térmicos são constituídos por materiais de baixa condutividade térmica, os combinados para se obter um sistema com uma condutividade térmica ainda menor. Um importante parâmetro do sistema é a sua densidade aparente (massa do sólido/volume total), que depende fortemente da forma na qual o material está empacotado. Em todos os tipos de isolantes, vácuo nos espaços vazios implica na redução da condutividade térmica efetiva do sistema.

As espumas rígidas de poliuretano são muito usuais devido a sua grande faixa de propriedades, principalmente como materiais estruturais (resistência mecânica e alta tenacidade) e isolamento térmico. Suas propriedades são fortemente influenciadas pela estrutura, geometria e massa específica da espuma, bem como a adição, tamanho e formas dos reforços na matriz de poliuretano. As propriedades da espuma de PU podem ser manipuladas para atender diferentes requisitos de aplicação: desde flexível, rígido, plástico, elástico ou termofixo, compacto ou em espuma (Galvão, 2014).

A preparação de compósitos de madeira com polímeros é uma prática antiga, particularmente quanto ao uso de resinas termofixas na produção de painéis MDF (medium-density fiberboard). A utilização de farinha ou fibra de madeira como carga em termoplásticos, também já é conhecida desde a década de 70 pela indústria automobilística, que emprega compósitos de polipropileno com farinha de madeira, conhecidos no mercado, como Woodstock (Correa, 2003). Nos EUA e na Europa, já existe uma legislação específica que limita a queima indiscriminada de derivados celulósicos, principalmente papel e madeira, o que acabou incentivando a busca de alternativas para reaproveitamento desses resíduos. Nesses países, a escassez de madeira também tem provocado o aparecimento de produtos conhecidos como compósitos termoplásticos com madeira.

A eficiência isolante de um material varia na razão inversa do seu peso específico. Como o frio é difícil de produzir, há necessidade de isolar bem as paredes de câmaras frias, onde se devem empregar materiais de baixa densidade, condutividade térmica baixa, estáveis entre certos limites de temperatura, não inflamáveis (Rapin, 2001).

Segundo Torreira (1980), a função primária de um isolante térmico é reduzir a taxa de transferência de calor entre um sistema e o meio, de modo que a energia possa ser conservada. Para isto, partes dos sistemas térmicos devem ser revestidas com material que possua propriedades e espessura, tais que a temperatura se mantenha dentro de um determinado intervalo.

O seguinte trabalho procura desenvolver um novo tipo de material no mercado. Material esse, que reutiliza substâncias que seriam rejeitadas, fazendo uma espécie de reciclagem, além da fabricação de um material em partes ecológico, para uma futura utilização. Essa substância que seria desprezada é a madeira.

Uma análise comparativa nas propriedades térmicas será feita a partir dados coletados dos corpos de prova, os quais foram submetidos a ensaios térmicos de condutividade, calor específico e difusividade.

Assim tem-se a intenção de encontrar qual o melhor tipo de material, dentre os abordados, com explicações técnicas e dados comprovados, para o uso térmico.

2. PROPRIEDADES TÉRMICAS

As três propriedades físicas de um material mais importante de um ponto de vista de cálculos térmicos são: a condutividade térmica, a difusividade térmica e o calor específico. Estas três propriedades estão relacionadas entre si pela Eq. (1) (Galvão, 2014):

$$\alpha = \frac{K}{\rho \cdot C} \quad (1)$$

Onde:

α é a difusividade térmica (m^2/s);

k é a condutividade térmica ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$);

ρ é a massa específica (kg/m^3);

c é o calor específico ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$).

2.1. Condutividade Térmica

A condução é um processo de transferência de energia, ao longo do sistema, partícula a partícula. Uma partícula ao receber energia aumenta seu estado de vibração e dessa forma, acaba por transferir energia às partículas vizinhas. O coeficiente de condutividade térmica (k) é característica de cada material. Os bons condutores têm k elevado, enquanto que os maus condutores, reduzido (Galvão, 2014).

2.2. Calor Específico

O calor específico é uma grandeza escalar que mede a dificuldade da substância variar sua energia, também podendo ser definida como a capacidade térmica por unidade de massa. É também uma propriedade crítica em muitas aplicações (Galvão, 2014).

2.3. Difusividade Térmica

A difusividade térmica é uma medida da rapidez com qual o calor se propaga no material (Galvão, 2014).

Ou seja, ela mede a capacidade do material de conduzir energia térmica em relação à sua capacidade de armazená-la (Incropera, 2008).

3. METODOLOGIA

Essa seção aborda os materiais usados na pesquisa, bem como as proporções às quais foram misturados, de como eles foram utilizados para a fabricação do compósito, como esse foi feito, a realização dos ensaios para sua caracterização e a verificação das suas propriedades térmicas.

3.1. Matéria Prima

As matérias primas para a fabricação dos compósitos foram: poliuretano (PU) semiflexível, pó de madeira e raspa de madeira. Esses serão mais detalhados em seguida.

3.1.1. Matriz Polimérica

O polímero utilizado na matriz foi poliuretano semiflexível. Sua composição possui ésteres do ácido ricinoleico e prepolímeros derivados do óleo de mamona. Para a obtenção desse polímero se faz necessária a mistura de dois compostos poliméricos chamados de componentes A e B “Fig. 4”, os quais foram adquiridos comercialmente. Estes componentes se combinam na proporção 1:0,5 (A:B) para reagirem e formarem a espuma cujo nome comercial é RESPAN SFD.



Figura 1. Componentes A e B do poliuretano.

3.1.2. Material de Reforço

A madeira empregada foi recolhida em uma marcenaria comum. Onde a aproveitou em duas formas: pó e raspa “Fig. 2”.

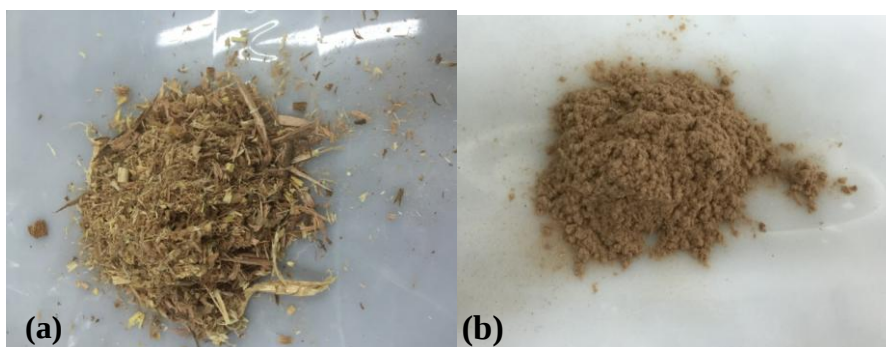


Figura 2. (a) Raspa da madeira e (b) Pó da madeira.

3.2. Preparação dos Compósitos

Foram feitos três corpos de prova no Laboratório de Mecânica dos Fluídos, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), sendo eles de PU puro, PU com raspa de madeira e PU com pó de madeira. Para os corpos com madeira, a raspa “Fig. 3-c” e o pó “Fig. 3-b” foram misturados ao PU com auxílio de um misturador da marca Tecnal “Fig. 3-a” pertencente ao Laboratório de Engenharia Têxtil da própria Universidade. Estes foram adicionados com percentual de 20% da massa utilizada na obtenção do corpo de PU puro, visto que de acordo com as literaturas pesquisadas essa porcentagem proporciona boas propriedades térmicas.

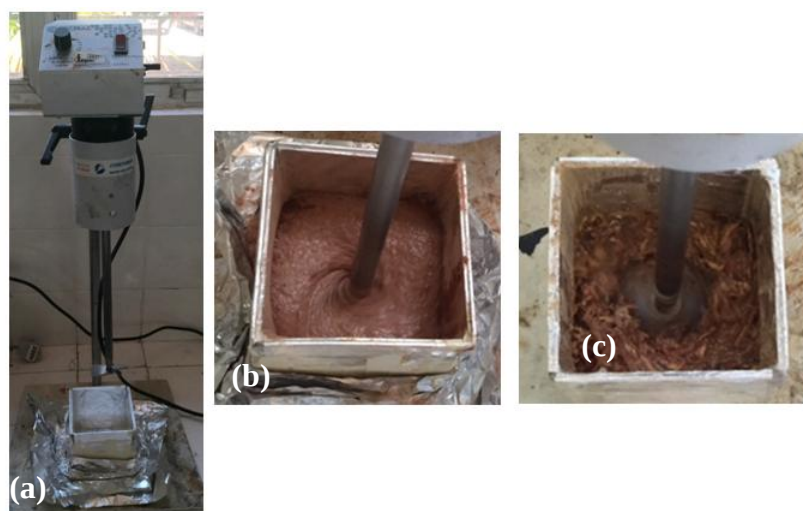


Figura 3. (a) Misturador eletrônico; (b) PU mais Pó; (c) PU mais raspa.

Os corpos de prova foram feitos em moldes de formato cúbico de aço inoxidável com volume de 1000 cm^3 “Fig. 4-a”. Utilizou-se também uma prensa para reter o excesso de expansão dos corpos de prova. Obtendo-se como resultado as amostras, como mostrado na “Fig. 4-b”. As mesmas tiveram um tempo de cura superior a 24 horas para em seguida realizar os ensaios térmicos.

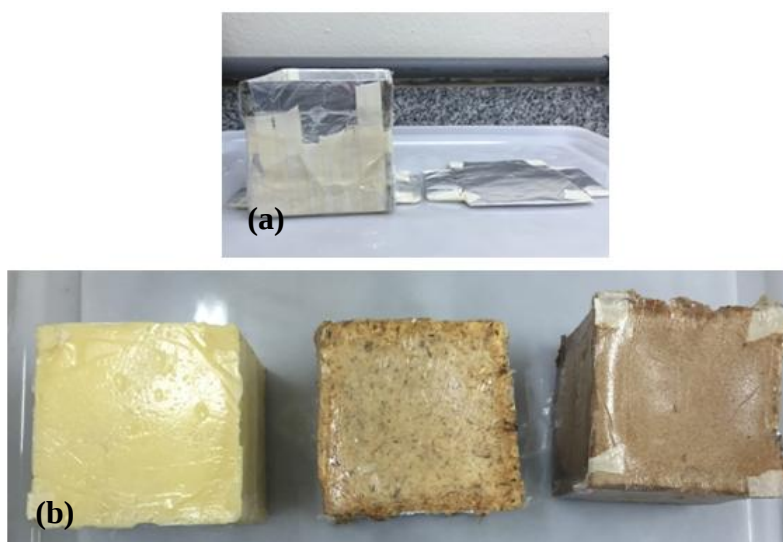


Figura 4. (a) Molde para os corpos de prova, (b) Corpo de PU puro, PU mais raspa de madeira e PU mais pó de madeira, respectivamente.

3.3. Ensaios Térmicos

Os ensaios térmicos também aconteceram no Laboratório de Mecânica dos Fluidos da UFRN e ocorreram da seguinte forma: foram feitas seis medições em cada corpo de prova, onde se obteve a condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica. Ou seja, realizamos um total de dezoito medições (seis em cada um dos três corpos). Para a penetração do sensor de medição foram feitos como o auxílio de uma furadeira para não danificar as hastes do sensor do equipamento. Esses furos estavam distantes entre si com uma média de 2 cm. Para esses ensaios utilizou-se o equipamento KD2 Pro (fabricado pela Decagon Devices), pertencente ao laboratório onde foram feitos os ensaios. Esse possui um sensor SH-1 (agulhas térmicas duplas) que serve para capturar os valores após 2 minutos de inserção nos corpos de prova, conforme a “Fig. 5”.



Figura 5. Equipamento em uso juntamente com um corpo de prova.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das seis medições para obtenção das propriedades térmicas (condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica), nos três corpos de prova, fez-se a “Tab. 1” com a média das suas propriedades térmicas.

Tabela 1: Média das medições.

Propriedades	PU	PU mais Pó	PU mais Raspa
k [W/mK]	0,0840	0,0495	0,0493
C [J/m³K]	894	477,1667	446,8333
α [mm²/s]	0,0950	0,1038	0,1096

4.1. Condutividade Térmica

Como já sabemos, a condução é um processo de transferência de energia, ao longo do sistema, partícula a partícula. Uma partícula ao receber energia aumenta seu estado de vibração e dessa forma, acaba por transferir energia às partículas vizinhas. Assim, quanto mais partículas, mais rapidamente ocorre essa transferência, resultando em uma maior condutividade térmica. Isso foi verificado em nosso experimento, visto que o PU, material dentre os três com maior densidade, ou seja, massa por unidade de volume, como mostrado na “Eq. 2” (Fox, 2001), obteve a maior condutividade. Enquanto que o PU mais pó ou raspa apresentaram valores de condutividade bem próximos, por certamente apresentarem densidades próximas.

$$d = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Onde:

d é a densidade [g/cm³];

m é a massa [g];

v é o volume [cm³].

Pela Equação 2, verificamos que para um volume constante, a massa e a densidade são diretamente proporcionais, o que se verifica em nosso experimento. Visto que ao retirarmos certa concentração de PU e substituí-la por pó ou raspa a densidade diminuiu, já que para mesmas concentrações o PU é mais pesado que a raspa, a qual possui um peso bastante semelhante ao pó.

Um gráfico com os valores da condutividade térmica dos materiais pode ser verificado na “Fig. 6”.

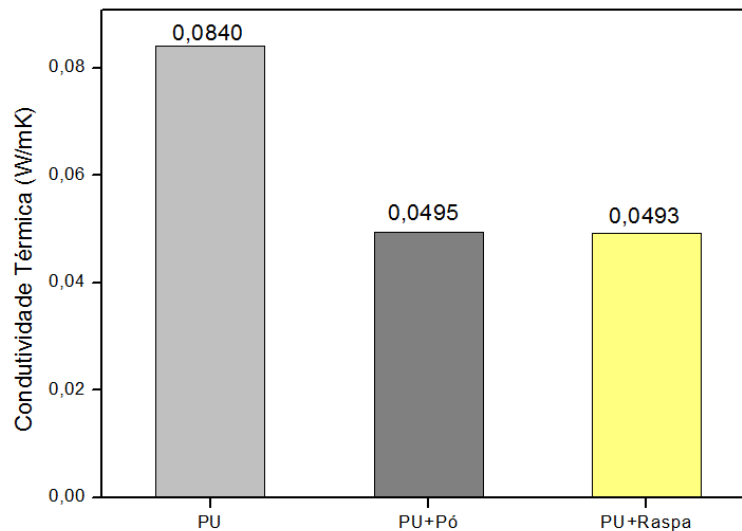


Figura 6. Gráfico da Condutividade Térmica para os materiais.

4.2. Calor Específico

O calor específico mede a dificuldade de um corpo variar a sua energia. Um corpo com dificuldade de variar sua temperatura é um mau condutor, ou seja, é um bom isolante térmico, o que indica um baixo valor de condutividade térmica. Assim, calor específico e condutividade térmica são grandezas inversamente proporcionais. Porém, nem todos os materiais seguem essa regra, como por exemplo, o alumínio puro e sua liga 2024-t6, como mostra a “Tab. 2”.

Tabela 2: Propriedades térmicas do alumínio.

Propriedades	Alumínio Puro	Liga 2024-T6
Densidade (kg/m ³)	2702	2770
Calor Específico (J/kgK)	903	875
Condutividade Térmica (W/mK)	237	177

A partir da “Tab. 2”, verificamos que para esses dois materiais, o calor específico, a densidade e a condutividade térmica são diretamente proporcionais, o que foge do padrão, mas pode ser explicado pelo fato de que quanto mais matéria, maior a possibilidade de armazenagem de calor. Na Figura 7 abaixo são mostrados os valores do calor específico para os corpos de prova estudados.

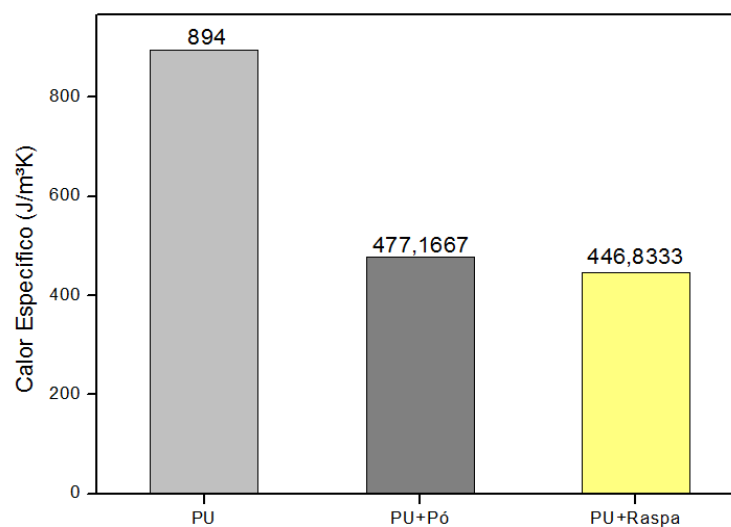


Figura 7. Gráfico do Calor Específico para os materiais.

4.3. Difusividade Térmica

Conforme a Equação 1, tratada na seção 2, um aumento na condutividade térmica ocasiona um aumento da difusividade térmica, enquanto que um aumento na densidade volumétrica e no calor específico, gera uma redução na difusividade. Ou seja, condutividade é diretamente proporcional à difusividade, porém é inversamente proporcional a densidade e ao calor específico. Analisando os dados anteriores, percebemos um aumento nesses três parâmetros e concluímos que a difusividade diminuiu por termos duas grandezas desfavoráveis, contra uma favorável a esse aumento. Isso pode ser visto na “Fig. 8”.

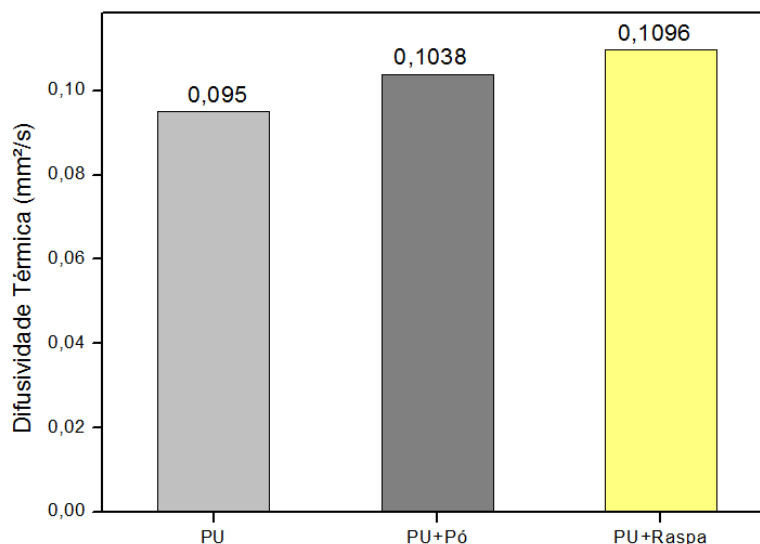


Figura 8. Gráfico da Difusividade Térmica para os materiais.

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho permitiu um estudo térmico de um eco compósito feito de rejeito de madeira com poliuretano a base de mamona, onde se tem como objetivo seu uso como material isolante.

- Analisando-se suas propriedades térmicas, verificamos algumas relações de proporcionalidade, como condutividade térmica, densidade e calor específico apresentarem-se diretamente proporcionais;
- Constatou-se também que os corpos de provas reforçados com madeira, seja pó ou raspa, apresentaram valores bem próximos;
- Verificamos uma redução de aproximadamente 50% nos valores de calor específico para os corpos reforçados com madeira (pó ou raspa) quando comparados ao PU puro;
- Um aumento em torno de 10% e um de 15% da difusividade térmica para o corpo reforçado com Pó e o com Raspa, respectivamente, em relação ao PU puro;
- E que estes apresentaram uma redução de aproximadamente 40% na condutividade térmica quando comparada com o PU puro, isso implica em uma melhor aplicação para materiais isolantes térmicos.

6. REFERÊNCIAS

- CORREA, C. A.; FONSECA, C. N. P.; NEVES, S. Compósitos Termoplásticos com Madeira. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 13, nº 3, p. 154-165, 2003.
- FOX, R. W.; MC DONALD, A. T. *Introdução à Mecânica dos Fluidos*. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- GALVÃO, A. C. P. *Obtenção e Caracterização de um Compósito de Poliuretano de Mamona e Pó de Vidro para Aplicações em Isolantes Térmicos*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2014.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVIANE, A. S. *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa*. 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- MENDONÇA, P.T.R. *Materiais Compostos & Estruturas-Sanduíches*. Barueri: Manoele, 2005.
- RAPIN, P. *Manual do Frio*. Editora Hemus, 8ª edição, 2001, 462p.
- RESPAN. *Propriedades e aplicações da resina rígida expansiva poliuretânica*. Catálogo RESPAN. PROQUINOR – Produtos químicos do nordeste ltda. 2ª Edição, 2003.
- TORREIRA, R.P. *Isolantes térmicos – frio & calor*. Fulton Editora Técnica LTDA. 1980, 1024 p.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os seis autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN COMPOSITE WITH WOOD WASTE CHARGE AIMING A THERMAL INSULATION

Fernanda de Melo Barreto, fernanda_mbarreto@hotmail.com¹

Jose Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br¹

Gabriel Santos de Medeiros, gabrielsm_@hotmail.com¹

Diago Cesar Xavier De Freitas Barros, diago_xavier@hotmail.com¹

Ellison Matheus Délio Alcântara, ellison.matheus@gmail.com¹

Isabel Cavalcanti Cabral, isabel.cavalcanti.cabral@gmail.com¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/RN – Brasil

Abstract. *The success of composites in many applications depends on the accessibility and implementation of the manufacturing techniques required by each industry. Thus, the increasing development of new composite manufacturing technologies is accompanied by the alteration and improvement of these same parameters. Currently, composite materials markets are increasingly widespread, especially in products where yield and performance are critical. This work will aim to carry out a comparative analysis of composite materials subjected to thermal tests. They will be made three types of specimens. These materials have the polymer matrix as polyurethane (PU) castor base and as a filler, wood powder and flake. A specimen will be done with pure PU and the other two will have to charge the dust and scrapes of wood. The powder and the scrapings are mixed hue in a proportion of 20% by weight, with reference to the body made of pure PU. The wood will be recycled from the tailings cabinetmaking, aiming recycling. The manufacture of the composites will be made in metal molds. Through testing, we intend to evaluate the behavior of the thermal properties of the three types of bodies, concluding that will be more apt to use as thermal insulation.*

Keywords: Composite, Polyurethane, Wood, Thermal Properties.