

ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO DE INFUSÃO SOB A AÇÃO DE UM RETARDANTE DE FLUXO DE RESINA, APLICADO A FABRICAÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS POR FIBRAS NATURAIS.

José Adebraldo Medeiros Maia Junior, adebraldo@gmail.com¹

Marcello Franklin Figueiredo de Sousa, marcellofranklin@gmail.com¹

Jailmar Oliveira Miranda, jailmar.miranda@gmail.com¹

Thiago Augusto de Sousa Moreira, thiagoasmoreira@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, Rua Vera Paz, s/n. Bairro: Salé. CEP 68035-110. Santarém-Pará.

Resumo: Neste trabalho será apresentado o estudo do processo de infusão de resina sob a ação de um retardante de fluxo de resina, aplicado a fabricação de um material compósito de matriz poliéster, reforçado por fibra natural de juta em forma de tecido orientado contínuo e bidimensional. A matriz é composta por poliéster tereftálico pré-acelerado. Foram fabricados compósitos utilizando duas configurações no sistema de infusão. Uma delas utilizando: uma camada de tecido de juta, tecido desmoldante e tela polimérica (meio distribuidor), outra, utilizando uma camada de tecido de juta, tecido desmoldante, tela polimérica (meio distribuidor) e um tecido retardante da frente de fluxo da resina, fixado próximo ao canal de saída (final do fluxo). O papel do tecido retardante da frente de fluxo da resina é desacelerar a velocidade de frente de fluxo da resina, a fim de obter uma melhor distribuição da resina polimérica na placa apresentando uma melhor resistência mecânica e acabamento. Por fim, foi analisado a velocidade da frente de fluxo de resina nas diferentes configurações e posteriormente as placas produzidas foram submetidas a ensaio de tração a fim de avaliar o comportamento mecânico das mesmas, onde notou-se um aumento de 7,5% na tensão de ruptura da placa com tecido retardante em comparação a sem retardante.

Palavras-chave: Infusão, fibras naturais, juta, resistência mecânica, retardante de fluxo.

1. INTRODUÇÃO

Nestes últimos anos, tem-se percebido o aumento de utilização de fibras vegetais como agente de reforço em compósitos de matriz polimérica, em substituição a fibras sintéticas. Vários fatores podem ser atribuídos a este fato, onde fibras naturais apresentam suas peculiaridades, trazendo algumas vantagens que podem ser consideradas, principalmente em se tratando de tendências globais que buscam por produtos, levando-se em consideração, sua disponibilidade e sustentabilidade ambiental. Estas também apresentam: baixo custo, baixa densidade, boa resistência mecânica, baixa abrasividade aos equipamentos de processos e serem resultados de fontes renováveis. Buscando por meios alternativos, no sentido de mitigar os impactos ambientais que advém de seus processos produtivos. Além de questões sociais, pois utilização de fibras naturais, também traz benefícios as comunidades locais, sendo uma importante fonte de renda para as populações locais. Estes compósitos, vem tendo larga aplicação, podendo ser visualizados no ramo automobilístico, onde, principalmente em aplicações não estruturais, uma grande gama de componentes de automóveis vem sendo fabricados com compósitos de fibras naturais. Porém, segundo OLIVEIRA (2012, apud MARROQUIM, 1994), podemos também ter destaques negativos na utilização dessas fibras, que estão ligadas à sua natureza polar e hidrofílica, bem como a sua susceptibilidade a ataques de fungos e bactérias, o que resulta em uma fraca adesão interfacial fibra-polímero.

O processo de infusão a vácuo (VIP) é um processo de moldagem utilizado para a fabricação de grandes estruturas compósitas. A sua popularidade se deve em parte ao baixo custo do conjunto de ferramental e a segurança ambiental (o processo elimina mais do que 90% dos compostos orgânicos voláteis emitidos por resinas de poliéster insaturadas). Além disso, o baixo envolvimento do operador aumenta a reprodutibilidade do processo em comparação com as técnicas de molde aberto como hand-lay-up ou spray-up e os componentes são de relativamente alto teor de fibras, de até 60% em volume (RAGONDET, 2005).

Um dos problemas em se aplicar o processo de infusão a vácuo, para fabricação de compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais, é o alto nível de porosidade resultante no produto final, sanar essa negativa, KUENTZER et al. (2007), fixou uma resistência adicional ao canal de saída de resina, promovendo um retardo na taxa de sangramento de resina, proporcionando maior pressão e aumento no tempo de residência da resina no molde para saturar os feixes de fibras.

Este trabalho tem como objetivo o estudo do processo de fabricação de compósitos de matriz poliéster reforçados por fibra natural de juta, utilizando duas configurações no sistema de infusão. Uma delas utilizando: uma camada de tecido de juta, tecido desmoldante e tela polimérica (meio distribuidor), outra, utilizando uma camada de tecido de juta, tecido desmoldante, tela polimérica (meio distribuidor) e um tecido retardante da frente de fluxo da resina, fixado próximo ao canal de saída (final do fluxo) e assim determinar a influência do retardante de fluxo no processo de fabricação e propriedades finais do compósito. Utilizando-se técnicas desenvolvidas por RODRIGUES, J. (2014).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparação do tecido de fibra natural

A fibra natural de Juta foi utilizada (*Corchorus capsularis*), no formato de tecido, tramado bidimensionalmente, adquirido no centro comercial da cidade de Santarém-PA. Os tecidos de fibra de juta passaram por secagem em estufa durante 1 hora a 80°C. Os tecidos foram cortados manualmente com auxílio de tesoura no formato retangular conforme medidas do molde metálico.

Como polímero matriz, utilizou-se a resina poliéster insaturada com viscosidade de 0,6Pa.s e pré-acelerada com o catalisador P-Mek na proporção de 0,5% (v/v), da marca Carplast Tradicional, sem mais informações de mercado. Assim, após a fabricação, as placas foram cortadas em formato de corpos de prova, conforme as dimensões da norma ASTM D 3039. Os ensaios de tração foram executados na máquina de ensaio universal EMIC DL3000N.

2.2. Fabricação dos compósitos

A fabricação, pelo método de infusão, das placas de compósitos foi realizada utilizando modelo esquemático conforme a Fig. (1), desenvolvido por RODRIGUES, J. (2014). Onde, primeiramente colocou-se a fibra, com massa já devidamente determinada em balança analítica, formando uma camada de fibra, disposta sobre um molde plano, previamente tratado com cera desmoldante. Logo após, foram posicionados sobre a fibra o tecido desmoldante, para facilitar a remoção dos componentes superiores (meio distribuidor, espiral duto, “T” conexão de PVC ½”), e por fim fechou-se o saco à vácuo, lacrando todo o sistema com o uso de fita dupla face.

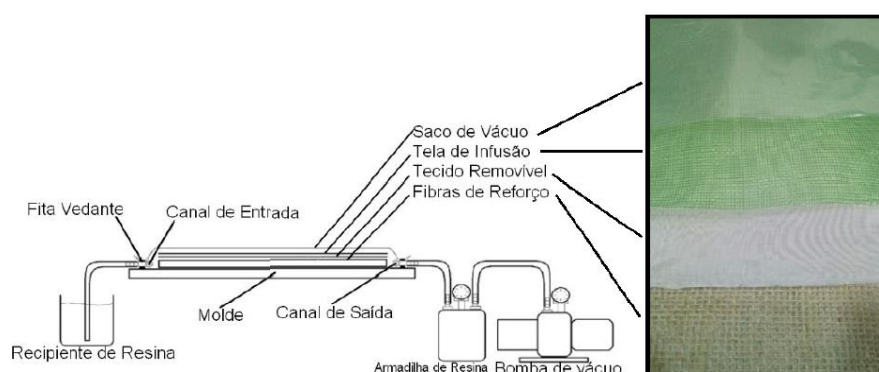


Figura 1. Esquema do processo de fabricação dos compósitos por infusão a vácuo. Fonte: Modificado RODRIGUES, J. (2014).

Os experimentos foram executados em duas configurações de fabricação, uma utilizando-se feltro com retardante de fluxo, com de 2,5mm de espessura e 40mm de comprimento, junto ao canal de saída e outra com ausência de retardante de fluxo. Na figura 2 é possível verificar a configuração adotada com o retardante de fluxo.



Figura 2. Configuração do processo de fabricação, com utilização de retardante de fluxo (Feltro).

2.3. Caracterização do compósito

Os compósitos foram caracterizados quanto a sua resistência a tração (σ_T), porosidade (%), módulo de elasticidade (E) e massa específica (g/cm^3), no qual foi determinada conforme descrito em Rodrigues (2015, apud LEVY NETO e PARDINI, 2006) onde a determinação do volume do compósito foi feita com base no método de Arquimedes.

A porosidade foi definida pela equação 1.

$$P_o = 1 - P_c \left(\frac{W_f}{P_f} + \frac{W_m}{P_m} \right) \quad (1)$$

Sendo P_o a porosidade; P_c massa específica do compósito; W_f a fração mássica da fibra (%); W_m a fração mássica da matriz (%); P_f massa específica da fibra (g/cm^3) e P_m a massa específica da matriz (g/cm^3).

Vale ressaltar que as frações mássicas foram calculadas a partir do conhecimento da massa de fibras adicionadas à placa e a massa final da placa produzida, considerando-se uma regular distribuição de matriz e fibra ao longo da mesma.

A determinação da velocidade de fluxo foi determinada com base na análise das filmagens do processo de infusão, levando em consideração o avanço da frente em relação as marcações, com intervalos de 50mm, fixadas no tecido removível conforme figura 3.

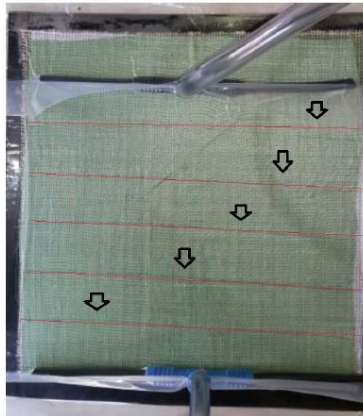


Figura 3. Marcações em intervalos de 50mm, para determinação da velocidade de fluxo de resina.

2.4. Análise estatística dos dados

Para análise dos dados, utilizou-se o Software R (R Development core team, 2016). A ferramenta utilizada foi o método do “teste T”, tanto para o módulo de elasticidade quanto para o módulo de ruptura, os testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett foram empregados para avaliar as prerrogativas do referido teste, normalidade e homogeneidade de variância respectivamente. Segundo a normalização do teste de Shapiro, o resultado obtido deve superar $\alpha=0,05$, que corresponde ao nível de verificação. Em seguida, uma nova avaliação foi empregada, agora através do teste de Bartlett, esta metodologia corresponde a homogeneidade de variância, tendo uma grande sensibilidade em se tratando da hipótese de normalidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a literatura, a porosidade global da placa pode ter várias origens e seu valor não necessariamente reflete o uso ou não de um retardante, mas esta variabilidade provavelmente se deve ao processo de fabricação adotado. A inspeção visual de placas fabricadas sem a ação de um retardante, mostra um incremento considerável da porosidade estrutural na região do canal de saída da resina. A figura 4 confirma o incremento na porosidade, próximo ao canal de saída de resina, do compósito; resultando em uma placa com distribuição não homogênea, (a), fabricado sem a ação de um retardante de fluxo. Visualmente verifica-se que o compósito (b), fabricado sob a ação de um retardante de fluxo, exibe menor porosidade e com uma boa homogeneidade. Também é possível observar na tabela 1, que o valor de porosidade para o compósito sem retardante é maior que a porosidade do compósito fabricado com retardante.



Figura 4. Homogeneidade da matriz poliéster (a) Compósito sem retardante e (b) Compósito com retardante.

Segundo a tabela 1, média dos valores de resistência à tração do compósito fabricado sob ação de retardante de fluxo, foi superior à média do compósito fabricado sem o retardante. Em média, a resistência obtida foi de 15,35 MPa, para o compósito com retardante, cerca de 1,08 MPa a mais que o compósito sem retardante. Entretanto analisando os valores de desvio padrão para cada configuração, é impossível determinar o mais resistente, pois os valores são muito aproximados, necessitando de uma análise de variância para tal determinação.

Tabela 1. Resultados experimentais da caracterização dos compósitos.

Tratamento	Vácuo (kPa)	W_f (%)	Velocidade do Fluxo (cm/s)	Porosidade (%)	σ_T (Mpa) Média $\pm$ DP (*)	E (Mpa) Média $\pm$ DP (*)
Sem Retardante	33,33	20	0,29	5,36	14,27 $\pm$ 4,52	1004,58 $\pm$ 288,09
Com Retardante	33,33	18	0,19	2,99	15,35 $\pm$ 3,81	827,8 $\pm$ 197,5

(*) Desvio Padrão

O teste Shapiro-Wilk, para os dados de resistência mecânica do compósito fabricado sem retardante, não atendeu a norma, então foi necessário realizar um tratamento matemático dos dados, sendo preciso tirar a raiz quadrada da coluna com os dados do módulo de elasticidade. Em seguida foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk, possibilitando chegar ao valor de $p=0,09729$. Já para o teste de Bartlett o valor obtido foi de $p=0,5327$, sendo o valor de $p=0,08556$ correspondente ao teste T.

Aplicando o teste de Shapiro-Wilk para os dados de resistência mecânica do compósito fabricado sob ação de retardante, pôde-se chegar ao valor de $p=0,8599$, onde nível de significância foi maior que 5%, logo a amostra provém de uma população normal. Para o teste de Bartlett, obteve-se o valor de $p=0,5783$. Assim, aplicou-se o teste T, onde o mesmo alcançou o valor de $p=0,5234$, podendo-se constatar que a hipótese nula é válida. Então, nota-se que o compósito com retardante possui uma resistência mecânica uniforme em toda a placa, pois, a placa apresenta uma homogeneidade maior em relação a sem retardante.

4. CONCLUSÃO

O retardante de fluxo afetou a velocidade de fluxo da resina, preenchendo uniformemente todo o compósito, consequentemente, proporcionou uma redução significativa da porosidade e melhoramento no acabamento dos compósitos. A diferença de porosidade entre o compósito fabricado sob ação do retardante e o compósito fabricado sem retardante foi de 2,37 pontos percentuais. Onde erro da porosidade, pode estar ligado a forma com que ela está distribuída no material. Dependendo como a porosidade está distribuída, podemos ter pontos com maior incidência de poros e consequentemente, menor resistência. A análise estatística dos dados obtidos no ensaio de tração, dos compósitos fabricados sob ação do retardante e sem retardante, mostrou que não houve diferença entre eles, isso leva a crer que a diferença entre a porosidade do compósito não foi significativa para o aumento na resistência.

5. AGRADECIMENTOS

Ao laboratório de Tecnologia da Madeira – LTM da Universidade Federal do Pará por conceder espaço e equipamentos para execução do trabalho e ao Professor Bruno Balboni pelo auxílio na análise dos dados.

6. REFERÊNCIAS

- RODRIGUES, J. S., Estudo da técnica de infusão de resina aplicada à fabricação de compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras naturais da Amazônia, Tese de D.Sc., Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.
- ASTM D3039 - Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. December, 2002.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016) R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- KUENTZER, N.; SIMACEK, P.; ADVANI, S. G.; WALSH, S. Correlation of void distribution to VARTM manufacturing techniques. Composites: Part A, n. 38, p. 802-813, 2007
- RAGONDET, A., Experimental characterization of the vacuum infusion process. Tese de D.Sc., University of Nottingham, Nottingham, 2005.
- RODRIGUES, J. SOUZA, J. FUJIYAMA, R. Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão. Revista Matéria, v.20, n.04, pp.946-960, 2015.
- OLIVEIRA, José Orlando de. Compósito reforçado com sisal para aplicação na moda. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

COMPARATIVE STUDY OF THE INFUSION PROCESS UNDER ACTION OF A RESINE FLOW RETARDANT, APPLIED TO THE MANUFACTURE OF POLYMERIC COMPOSITES REINFORCED BY NATURAL FIBERS.

José Adebraldo Medeiros Maia Junior, adebraldo@gmail.com¹

Marcello Franklin Figueiredo de Sousa, marcellofranklin@gmail.com¹

Jailmar Oliveira Miranda, jailmar.miranda@gmail.com¹

Thiago Augusto de Sousa Moreira, thiagoasmoreira@gmail.com¹

¹Federal University of Western Pará - UFOPA, Rua Vera Paz, s/n. Bairro: Salé. CEP 68035-110. Santarém-Pará.

Abstract: This work will present the study of the infusion process of resin under the action of a resin flow retarder, applied to the manufacture of a composite material of polyester matrix, reinforced by natural jute fiber in the form of continuous and two dimensional oriented fabric. The matrix is composed of pre-accelerated terephthalic polyester. Composites were made using two configurations in the infusion system. One of them using a jute fabric layer, release fabric and polymer fabric (distributor medium), another using a layer of jute fabric, release fabric, polymer fabric (dispensing medium) and a resin forward retardant fabric, fixed close to the outlet channel (end of flow). The role of the resin flow front retardant fabric is to slow the flow forward velocity of the resin in order to obtain a better distribution of the polymer resin to the plate exhibiting improved mechanical strength and finish. Finally, the velocity of the resin flow front was analyzed in the different configurations and afterwards the plates produced were subjected to a tensile test in order to evaluate the mechanical behavior of the plates, where a 7.5% increase in tension of plaque rupture with retardant tissue compared to no retardant.

Keywords: Infusion, natural fibers, jute, mechanical resistance, flow retardant.

COPYRIGHT

The authors alone are responsible for the content of the printed material included in their work.