

# PROJETO DE PAINEL SANDUÍCHE DE POLIÉSTER REFORÇADO COM FIBRAS DE RAMI PARA USO COMO FORRO

Monise Ramos da Silva<sup>(1)</sup>; Leila A. De Castro Motta<sup>(2)</sup>; Jesiel Cunha<sup>(3)</sup>; Lauren Karoline de Sousa<sup>(4)</sup>

(1) Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: [ramosmonise@gmail.com](mailto:ramosmonise@gmail.com)

(2) Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: [lacastro@ufu.br](mailto:lacastro@ufu.br)

(3) Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: [jecunha@ufu.br](mailto:jecunha@ufu.br)

(4) Universidade Federal de Uberlândia, email: [laurenkaroline@yahoo.com.br](mailto:laurenkaroline@yahoo.com.br)

## Resumo

*O objetivo deste trabalho foi comparar os resultados das simulações numéricas de compósitos de poliéster reforçado com fibras de rami com dois tipos de núcleo para a produção de painéis sanduíche para uso como forro. A análise foi realizada variando a distribuição e teor de fibras em volume dos compósitos das faces, as espessuras das faces e núcleos, para encontrar a melhor solução para a confecção do painel. As simulações numéricas foram feitas através do Método dos Elementos Finitos, no programa computacional ANSYS®. Dos resultados obtidos na simulação, o painel com  $V_f$  de 50 % e dimensão de 1 m  $\times$  0,5 m mostraram ser a melhor opção para a confecção do painel, e tanto o EPS quanto a bucha vegetal são viáveis como núcleo.*

**Palavras-chave:** Painel Sanduíche, Poliéster, Fibra de Rami, Forros, Simulação Numérica, EPS, Bucha Vegetal.

## Abstract

*The objective of this study was to compare the results of numerical simulations of polyester composites reinforced ramie fibers combine with two types materials'cores for the production of sandwich panels to use as ceiling. The analysis have carried out varying the distribution and fiber content by volume of the composites of the faces, the thickness of the faces and cores, to find the best solution for manufacture panel. The numerical simulations were performed using the Finite Element Method, the software ANSYS®. The simulation results, the panel with  $V_f$  of 50% and dimensions of 1 m  $\times$  0.5 m have showed been the best option for making panel, and both the EPS and Sponge Gourd are viable as material's cores.*

**Keywords:** Sandwich Panel, Polyester, Ramie Fiber, Ceilings, Numerical Simulation, EPS, Sponge Gourd.

## 1. INTRODUÇÃO

Painéis sanduíches são materiais constituídos por uma estrutura de três camadas, composta de duas faces (superior e inferior), separadas por uma camada central mais espessa chamada de núcleo (MENDONÇA, 2005). Os painéis sanduíches convencionais existentes no mercado, possuem boas propriedades de isolamento térmico e acústico, durabilidade em ambientes quimicamente agressivos e fácil montagem devido a sua leveza e serem pré-fabricados. Entretanto estes painéis ainda apresentam dificuldades de integração no setor da construção, por causa dos elevados custos de produção, das diversidades de modo de ruptura e alta deformabilidade perante determinadas solicitações (ALMEIDA, 2009).

A utilização desses painéis na construção civil começou a partir da década de 1980, todavia a sua utilização como forro em contruções, ainda é baixo no Brasil, e necessita de soluções tecnológicas eficientes quanto ao seu desempenho e confecção, para que seja construído com qualidade em tempo reduzido e a custos compatíveis.

Os painéis constituídos de polímero reforçado com fibras vegetais (PRFVeg) ao longo dos últimos anos tem sido alvo de muitas pesquisas, visado o desenvolvimento de novas tecnologias ecologicamente corretas, com materiais renováveis e biodegradáveis. O interesse pelas fibras vegetais está vinculada a vasta fonte de fibras naturais existente no país, baixo custo do produto, serem de fonte renovável, além de conferirem boas propriedades mecânicas quando usadas como reforço em compósitos de matriz polimérica.

Entre as fibras vegetais estudadas nos últimos tempos para uso como reforço em materiais compostos, Agopyan (1991) destaca algumas com elevado potencial para uso na construção civil, como o sisal, cânhamo, juta, coco, rami, entre outras. Em pesquisas precedentes sobre compósitos reforçados com fibras de rami, realizados por Angelini *et al.* (1999) e Bravo Neto *et al.* (2010), revelam que a fibra de rami possui alto módulo de elasticidade e boa adesão à matriz de poliéster, apresentando resultados promissores para este tipo de composto, pois com a incorporação das fibras, há um aumento tanto na resistência à tração quanto no módulo de elasticidade.

Por se tratar de um material relativamente novo, os painéis constituídos de compostos poliméricos reforçados com fibras vegetais, tem gerado bastante reflexão à falta de informação quanto à sua produção e normas que direcionem sua confecção e com controle de qualidade.

Neste contexto, as simulações computacionais funcionam como uma excelente ferramenta para diversos estudos qualitativos e quantitativos, do esquema de produção de um produto, determinado não apenas pelas propriedades do material, mas também pela demanda do mercado e normatizações. A utilização da simulação como ferramenta de previsão vem se tornando imprescindível na indústria da construção, para análise de resultados admissíveis, perante as restrições impostas de um problema, com redução de custo e tempo.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar preliminarmente o desempenho estrutural do painel sanduíche a ser fabricado e verificar a viabilidade de sua confecção para utilização como forro, por meio de uma simulação numérica no programa computacional ANSYS®, através de formulações matemáticas da micromecânica.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os componentes das faces foram constituídos pelo composto de resina de poliéster reforçada com fibras de rami, em dois tipos de distribuição das fibras nas camadas: unidirecional e MAT curto (fibras curtas picadas e distribuída aleatoriamente). A variação de volume de fibra ( $V_f$ ) foi de 30 %, 40 % e 50 %, nas espessuras de 1 mm, 2 mm e 3 mm. Para a constituição dos núcleos foram selecionados o EPS (poliestireno expandido) e a bucha vegetal (*luffa cylindrica*), com espessuras de 10 mm, 20 mm e 30 mm.

As dimensões escolhidas para os painéis foram de 1 m × 0,5 m e de 2 m × 0,5 m, na condição bi-apoiado, com carregamento uniformemente distribuído de 500 N/m<sup>2</sup>. O valor de carregamento foi definido em função do possível uso do painel em situações com acesso de pessoas.

As formulações matemáticas usadas para calcular as propriedades elásticas da micromecânica das camadas foram o modelo de Abolins, para a camada da face unidirecional e modelos

constitutivos baseados na teoria *Shear-lag* para a face tipo MAT curto.

As simulações numéricas foram feitas através do Método dos Elementos Finitos, no programa computacional ANSYS®, variando as espessuras das faces e do núcleo, em relação ao volume de fibra usadas como reforço e dos dois tipos de núcleos.

O elemento usado para gerar o painel foi o SHELL 99, que é um elemento do tipo placa estratificada, que possui a configuração de oito nós com seis graus de liberdade em cada nó (deslocamentos em x, y e z, e rotações em torno de x, y e z), onde as propriedades do material, geometria da peça, do carregamento, condições de contorno, espessura das camadas e núcleos, e a orientação das fibras em relação ao sistema de coordenadas global foram fornecidas para gerar o painel, conforme a Figura 1.

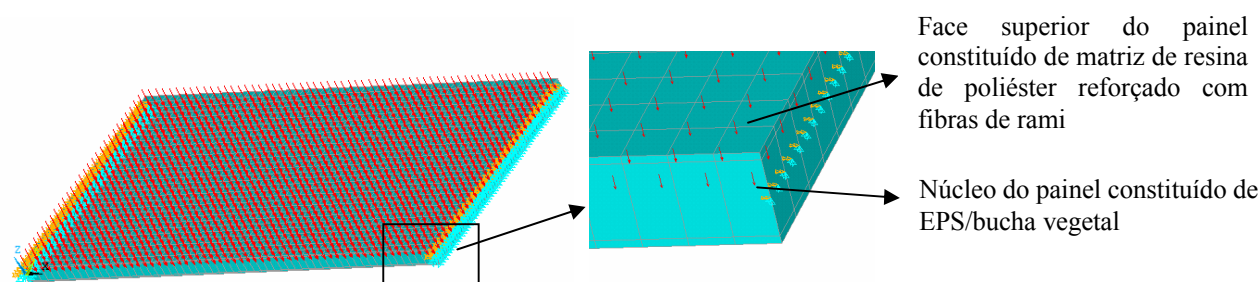


Figura 1 – Modelo de painel gerado no ANSYS® com as condições de carregamento e apoio.

Fonte: (ANSYS®, 2012)

A análise dos resultados para o deslocamento dos painéis em relação à carga aplicada, foram embasadas na NBR 14371:1999, onde o deslocamento máximo admissível do painel entre os pontos de apoio é de 3 mm, quando submetidos à uma carga uniformemente distribuída.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo gerado do painel com os três tipos de espessuras adotadas para as faces e núcleos, possibilitou a análise do comportamento de cada painel em relação a variação dos volumes de fibras no reforço proposto. A Figura 2 mostra o painel deformado quando submetido ao carregamento.

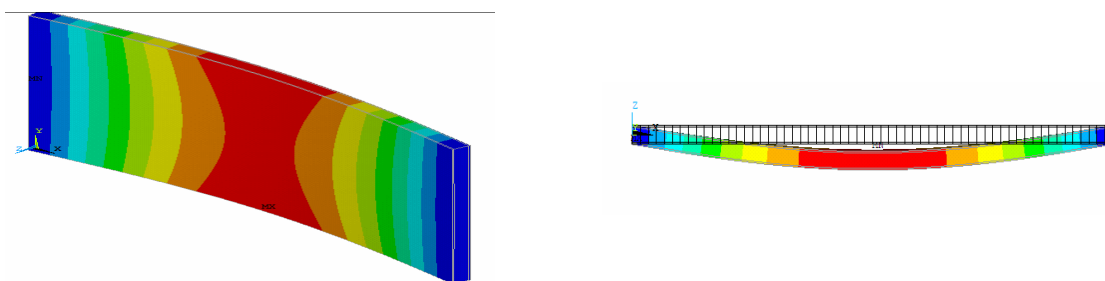


Figura 2 – Modelos dos painéis deformados gerados no ANSYS®

Fonte: (ANSYS®, 2012)

Analisando os gráficos das Figuras 3 e 4, os resultados obtidos para os painéis simulados com dimensão de 1 m × 0,5 m, com faces reforçadas de fibras de rami distribuídas

unidirecionalmente e núcleo de EPS, nos  $V_f$  de 30 % e 40 % apresentam constituição viável dos painéis (deslocamento  $\leq 3$  mm) com faces em espessuras de 1 mm e 2 mm e núcleos com espessura a partir de 20 mm. Para as faces com espessura de 3 mm a constituição do painel é viável com núcleos de espessura a partir de 10 mm. Os valores dos deslocamentos obtidos para todos os painéis com núcleo de bucha vegetal foram iguais ou muito próximo ao do núcleo em EPS.

Os painéis com faces reforçadas com fibras em MAT, para estes dois volumes de fibra, revelam que os valores que atendem aos requisitos da ABNT NBR 14371:1999, ocorre para o  $V_f$  de 30 %, para faces com 1 mm de espessura e núcleo apenas de 20 mm. Para as faces com espessura de 2 mm e 3 mm de espessura, são viáveis com núcleos a partir de 20 mm de espessura, tanto com o núcleo em EPS quanto para o núcleo de bucha vegetal. No painel com  $V_f$  de 40 %, ocorre análogo ao  $V_f$  de 30 % para faces com espessura de face de 1 mm e 2 mm. A face com 3 mm de espessura é viável com núcleos a partir de 10 mm.

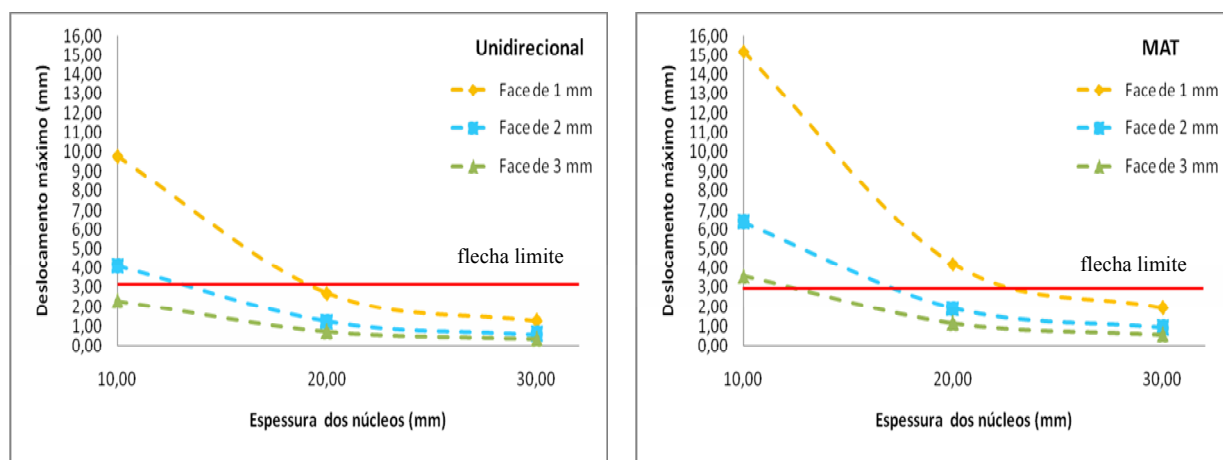


Figura 3 – Deslocamentos máximos (mm), para o painel sanduíche PRFVeg (1,0 m x 0,5 m), com reforços unidirecional e MAT para o  $V_f$  de 30 %.

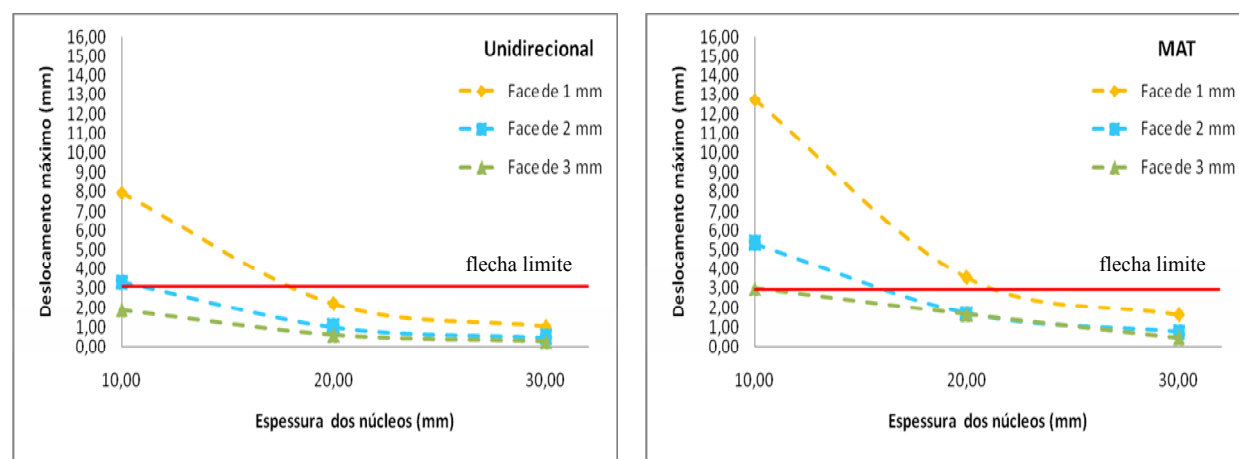


Figura 4 – Deslocamentos máximos (mm), para o painel sanduíche PRFVeg (1,0 m x 0,5 m), com reforços unidirecional e MAT para o  $V_f$  de 40 %.

Os painéis com o  $V_f$  de 50 %, com fibras de reforço na forma unidirecional atendem os valores exigidos pela norma citada anteriormente, com faces de espessura a partir de 2 mm de face e 10 mm de espessura de núcleo, tanto para o núcleo em EPS quanto para a bucha. Para a

configuração em camadas do tipo MAT, observou-se que os valores que atendem os requisitos da norma, ocorrem para as faces de 1 mm e 2 mm de espessura e núcleo a partir de 20 mm, nos dois tipos de núcleos. Para as faces de 3 mm de espessura, é viável com núcleos a partir de 10 mm (Figura 5).

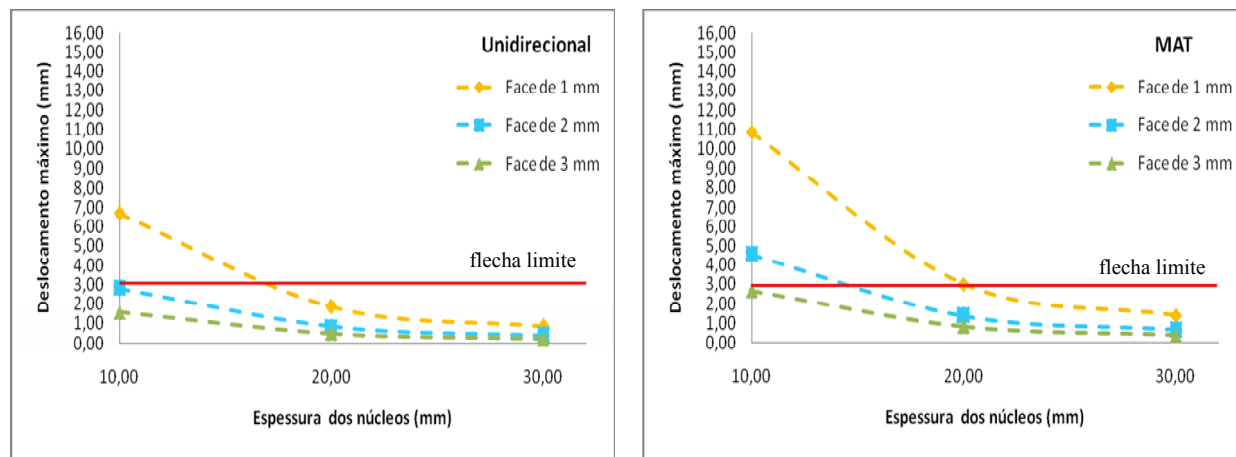


Figura 5 – Deslocamentos máximos (mm), para o painel sanduíche PRFVeg (1,0 m × 0,5 m), com reforços unidirecional e MAT para o  $V_f$  de 50 %.

Para o painel de dimensão de 2 m × 0,5 m, observou-se que apenas o volume de fibra de 50 % satisfaz a norma, na única condição de 3 mm de espessura de faces e 30 mm de espessura de núcleo, para os dois tipos de distribuição de reforço e núcleos (Figura 6).

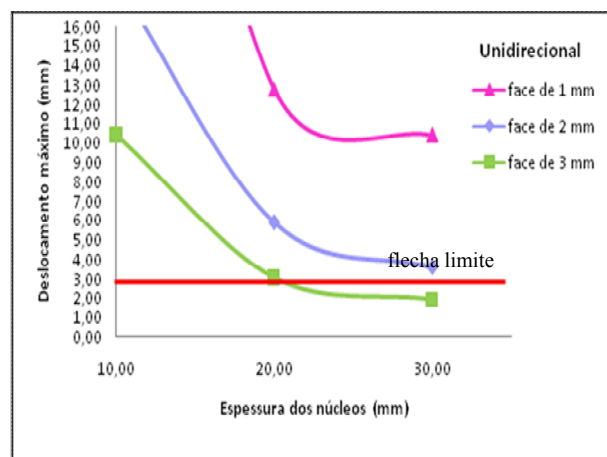


Figura 6 – Deslocamentos máximos (mm), para o painel sanduíche PRFVeg (2,0 m × 0,5 m), com reforços unidirecional e MAT para o  $V_f$  de 50 %.

#### 4. CONCLUSÕES

As simulações numéricas realizadas no ANSYS®, apresentaram para os dois tipos de configuração de distribuição de fibras nas faces, um aumento na rigidez do painel, conforme o aumento do volume de fibra.

Comparando os dois tipos de configuração de reforço usados nas faces, os compostos reforçados com fibras de rami alinhadas unidirecionais apresentam melhor incremento na

rigidez dos painéis sanduíches, do que os compostos reforçados com MAT.

Em relação aos dois núcleos testados, tem-se que tanto o EPS quanto a bucha vegetal apresentam-se adequados para a constituição do núcleo em painéis PRFVeg.

Entre as duas dimensões propostas para a configuração do painel, o de dimensão de 1 m x 0,5 m, revela-se como a melhor opção de confecção. Dos três teores de volume de fibra testados, o  $V_f$  de 50 % mostra-se mais adequado, pois apresenta maior possibilidade de confecção do painel, e ainda reforça a ideia de substituição de um material não-biodegradável por outro ecologicamente correto em uma significativa porcentagem, reduzindo também as quantidades finais de materiais para a produção do mesmo.

Assim, os resultados deste trabalho somados aos dos estudos experimentais que serão realizados sobre o comportamento mecânico dos compostos, tem-se que é possível a produção de painéis sanduíches, com compostos reforçados com fibras de rami e núcleos de EPS e bucha vegetal.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. **Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: o uso de fibras vegetais**. 204p. Tese (Livre - Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.

ALMEIDA, M. I. A. de. **Comportamento estrutural de painéis sanduíche compósitos para aplicações na indústria da construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2009.

ANGELINI, L. G.; LAZZERI, A.; LEVITA, G.; FONTANELLI, D.; BOZZI, C. **Ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.) and Spanish Broom (*Spartium junceum* L.) fibres for composite materials: agronomical aspects, morphology and mechanical properties**. Industrial Crops and Products, Itália, v.11, p.145-161, 2000.

BRAVO NETO, J.; MARGEM, F. M.; MONTEIRO, S. N. **Comportamento em tração de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras finas alinhadas de rami**. In : 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Campos do Jordão/SP, 21 a 25 de novembro de 2010.

CHOU, T-W. **Microstructural design of fiber composites**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

MATTOSO, L. H. C.; FRAGALLE, E. P. **Uso de fibras vegetais na indústria automobilística: necessidade ecológica, oportunidade para o Brasil**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, jan/mar, 1996.

MENDONÇA, P. T. R. **Materiais compostos e estruturas – sanduíche**. 1ª ed. Barueri: Manole Editora, 2005.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e a PPGE/UFU (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.