



## **Desenvolvimento de placas cimentícias reforçadas com fibras da Amazônia**

Fernanda Ferreira Oikava<sup>1</sup>, Gleicyanne Oliveira de Souza Portela<sup>2</sup>, João de Almeida Melo Filho<sup>3</sup>

### **Resumo**

O trabalho consiste em desenvolver e caracterizar as propriedades mecânicas dos compósitos cimentícios laminados com reforço de fibra de juta na forma de tecido. Os laminados em estudo foram reforçados com 2(duas) camadas de fibras, sendo que determinadas placas possuem reforço com tratamento em verniz, visando um melhor comportamento das fibras. Bem como, algumas placas sofreram modificação na composição cimentícia a fim de se obter uma matriz livre de hidróxido de cálcio, portanto, fez-se a substituição parcial do cimento Portland por um material pozolânico, a metacaulinita. Ensaios de flexão foram executados, o que possibilitou realizar um comparativo entre os comportamentos dos diferentes tipos de laminados desenvolvidos. O ensaio foi realizado após 180 dias, assim, obteve-se resultados que permitem avaliar a durabilidade da fibra, indicando que o tratamento feito na mesma se mostrou muito eficaz. Este projeto envolve, ainda, a produção de um protótipo de um material com potencial utilização na construção civil.

**Palavras-Chave:** compósitos cimentícios, material pozolânico e resistência à flexão.

**Development of cementitious boards reinforced with fibers from Amazonia.** This project's aim is to develop and characterize cementitious composites laminates reinforced with tissue of jute fibers. The laminates studied were reinforced with 2 layers of fiber, and some composites have treatment with polymer in their reinforcement, intending to improve the behavior of the fibers. Some cementitious compositions of laminates were changed with the desired objective of creating a free calcium hydroxide matrix, by partial replacement of cement by pozzolanic material, the metakaolinite. Bending tests were performed, allowing a comparison between the behavior of different types of laminates developed. The composites were submitted to mechanical tests after 180 days and the results make feasible the evaluation of fiber durability, indicating that the treatment is very effective. This project also involves the production of a prototype of a material with potential for use in construction.

**Key-words:** cementitious composites, pozzolanic material, flexural strength.

---

<sup>1</sup> Aluna de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas. Av. Gen. Rodrigo Otávio, 3000, CEP: 69077-000, Coroado II, Manaus, Amazonas – Brasil. [Fernanda.oikava@hotmail.com](mailto:Fernanda.oikava@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenheira Civil e Mestre pela Universidade Federal do Amazonas. Av. Gen. Rodrigo Otávio, 3000, CEP: 69077-000, Coroado II, Manaus, Amazonas – Brasil.

<sup>3</sup> Professor Efetivo da Universidade Federal do Amazonas - Departamento de Engenharia Civil. Av. Gen. Rodrigo Otávio, 3000, CEP: 69077-000, Coroado II, Manaus, Amazonas – Brasil.

## 1. Introdução

Materiais compósitos são formados pela união de dois ou mais materiais que, juntos, produzem propriedades que não podem ser obtidas por qualquer um de seus componentes individualmente.

O desenvolvimento de compósitos cimentícios reforçados com fibras têxteis naturais indica um progresso para a sociedade, tanto por se tratar de um material com base em recursos naturais e que pode, ainda, atingir alta resistência. É um material que possui as mais diversas aplicabilidades no ramo da construção civil, alguns exemplos são reforços de elementos estruturais, painéis, divisórias entre ambientes, elementos de cobertura, entre outros.

Deve-se destacar o baixo custo de produção dos tecidos destas fibras, o que torna muito viável trabalhar com este tipo de material e, principalmente, o incentivo gerado às inúmeras famílias das regiões de várzea do Norte do país, que vivem da extração da fibra de Juta, por exemplo.

A fibra de juta é encontrada comercialmente na forma de tecido e possui bom comportamento à tração. Ao se trabalhar com fibras em forma de tecido, há melhor uniformidade em sua distribuição, quando comparado às fibras soltas, além da melhor produtividade. Em função destas características, percebeu-se que esta fibra pode apresentar ótimo desempenho como reforço de matrizes cimentícias, elevando a capacidade de resistência do conjunto.

Os estudos acerca deste tema visam aprimorar e desenvolver um compósito com as melhores condições de uso possíveis. Dentre diversos fatores que podem ser considerados, o presente trabalho ressalta não somente a resistência mecânica dos laminados cimentícios mas, também, o comportamento do conjunto quanto à durabilidade, visto que a hidratação do cimento tem como resultado o hidróxido de cálcio, que tende a alterar a estrutura das fibras (GRAM, 1988).

Portanto, esta pesquisa busca o desenvolvimento e caracterização de compósitos cimentícios reforçados com tecido de Juta. Sendo possível realizar um breve comparativo quanto ao desempenho dos mesmos, por meio de ensaios de resistência à flexão, dadas algumas alterações,

como uma matriz livre de hidróxido de cálcio e o tratamento polimérico do tecido.

## 2. Material e Método

### 2.1. Metodologia

Considerou-se compósitos com diferenciação em suas matrizes, sendo compostas basicamente por cimento Portland, areia e superplastificante, a alteração da matriz se deu a partir da substituição parcial do cimento Portland por um material pozolânico, tornando-a livre de hidróxido de cálcio. A caracterização mecânica das placas produzidas provém de ensaios de flexão.

Com os dados obtidos é possível elaborar um comparativo entre as placas com diferentes características. Os compósitos desenvolvidos foram produzidos com matriz cimentícia e reforço de fibra de Juta na forma de tecido. Como mencionado anteriormente, determinados compósitos apresentam matriz livre de hidróxido de cálcio, através da substituição parcial do cimento Portland por metacaulinita. Bem como, executou-se tratamento polimérico no reforço de alguns compósitos. Os diferentes tipos de laminados produzidos estão descritos na Figura 1.

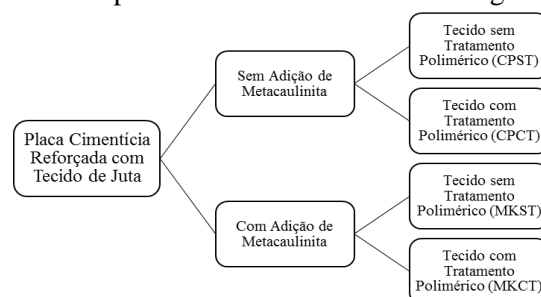


Figura 1 – Fluxograma dos compósitos produzidos.

### 2.2. Preparo e tratamento do tecido de fibras

O tecido de fibra de juta, Figura 2, se apresenta na forma comercial. O mesmo foi cortado com medidas de 400x400 mm e o tratamento das fibras se deu por impregnação com verniz, Figura 3, uma vez que o polímero tem como finalidade formar uma barreira física para proteger a fibra do contato com os produtos de hidratação, melhorando a durabilidade do compósito (FIDELIS, 2014). Utilizou-se um pincel para espalhar o verniz nas fibras, logo em seguida foram estendidas em um varal de cordas para secagem, por aproximadamente 12 horas, a uma temperatura média de 25°C. Após este

PIBIT/2016-2017 – Universidade Federal do Amazonas

processo o tecido foi mantido por um período de, no mínimo, 24 horas em recipiente aberto até a moldagem do compósito.



Figura 2 – Fibra de Juta na Forma de Tecido. Fonte: Autor



Figura 3 – Preparo e tratamento com verniz (Tratamento Polimérico) do tecido de fibras. Fonte: Autor

### 2.3. Preparo da argamassa

Com base nos dados utilizados por Melo Filho (2012), para a argamassa do presente trabalho, adotou-se traço 1:1:0,4 (material cimentício: areia: água), e teor de superplastificante de 0,3%. Para determinados compósitos, fez-se, ainda, uma adaptação nos constituintes utilizados na substituição parcial do cimento, substituindo 50% da massa de cimento por 50% de metacaulinita. A massa dos materiais para cada dosagem (D) está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Dosagem da matriz sem adição de pozolana e com adição de pozolana

D	Cimento	Metacaulinita	Areia
1	785,20 g	-	785,20 g
2	392,60 g	392,60 g	785,20 g
D	Água	Superplastificante	
1	311,10 g	5,30 g	
2	311,10 g	5,30 g	

A preparação da argamassa se deu da seguinte maneira:

- Mistura dos componentes secos - cimento, metacaulinita e areia – por 1 minuto de forma manual;
- Adição dos materiais secos previamente misturados na argamassadeira e mistura por 1 minutos em baixa velocidade, Figura 3.5 (a);
- Diluição do superplastificante na água e lançamento gradual na argamassadeira, Figura 3.5 (b), até que a mistura se apresentasse visualmente homogênea;
- Manteve-se a mistura por 2 minutos em baixa velocidade e 2 minutos na velocidade média.

### 2.4. Processo de produção das placas

O processo de moldagem das placas é feito em um molde acrílico com dimensões de 400mm x 400mm. O esquema de moldagem, Figura 4(a), consiste em colocar uma camada de argamassa e efetuar o espalhamento da mesma, Figura 4(b), com o auxílio de uma espátula. Depois é aplicada sobre a argamassa uma camada do tecido de fibra e este procedimento deve ser repetido até que se atinja a terceira camada de argamassa. Ao final, tem-se uma placa com 6 mm de espessura, sendo 2 camadas de tecido e 3 camadas de argamassa, intercaladas entre si.

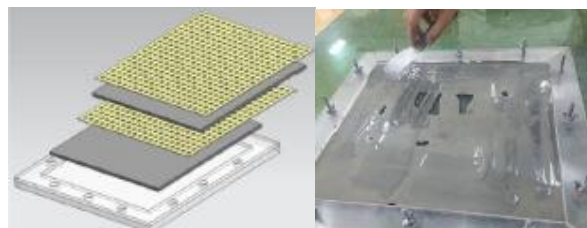


Figura 4 – Esquema de moldagem (a) e procedimento inicial de moldagem (b). Fonte: Autor

### 2.5. Processo de produção das telhas

Esta etapa é executada de maneira semelhante ao processo de produção das placas, mantendo os mesmos materiais, com substituição parcial do cimento por metacaulinita na matriz, e reforço de tecido de fibras de juta. A moldagem das telhas, Figura 5, segue o mesmo padrão das placas, com diferencial no molde.

PIBIT/2016-2017 – Universidade Federal do Amazonas

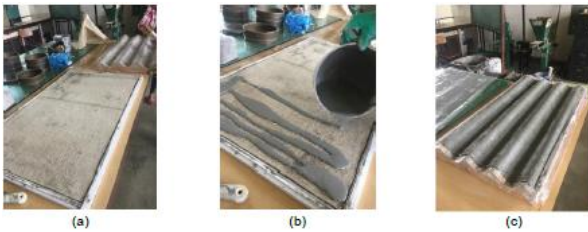


Figura 5 – Moldagem das telhas (a) Aplicação de camada de tecido de fibra, (b) Aplicação da segunda camada de argamassa, (c) Telha após 24 horas de descanso. Fonte: Autor

## 2.6. Ensaio de tração na flexão das placas

O ensaio de flexão de três pontos consiste na aplicação de uma carga no centro do corpo de prova apoiado em dois pontos. O ensaio foi realizado em uma máquina de ensaio universal Instron 5980. A velocidade utilizada no ensaio foi de 0,5 mm/min, padronizada para todos os ensaios de flexão. O vão entre apoios distava 250 mm.

A demonstração da análise para o ensaio de 3 pontos pode ser observada na Figura 3.13, e os resultados são expressos em tensão de tração na flexão, Equação 3, que tem como base a resistência dos materiais, conforme Equação 1 e Equação 2.

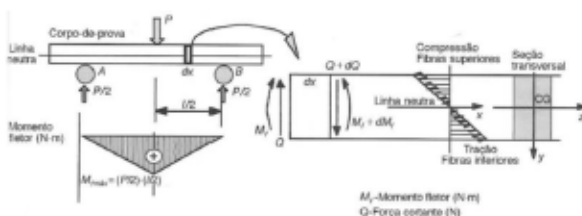


Figura 6 – Análise da Tensão para o Ensaio de 3 Pontos. Fonte: Notas de Aula do Prof. Carlos Baptista (USP)

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_x} \quad (1)$$

$$I_x = \frac{b \cdot d^3}{12} \quad (2)$$

$$\sigma_{max} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (3)$$

Onde:

M = momento fletor

y = distância até a linha neutra

Iz = momento de inércia em relação à linha neutra

$\sigma$  = tensão de tração na flexão;

P = carga;

L = distância entre os apoios;

b = largura da amostra;

d = espessura da amostra;

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Placas

As placas produzidas pesam cerca de 10 kg por metro quadrado, e na Figura 4.1 estão apresentadas as curvas típicas de tensão-deflexão obtidas dos ensaios de flexão em 3 pontos, realizados nos quatro diferentes tipos de compósitos produzidos, e na Tabela 4.1 são expressos os resultados de deflexão de primeira fissura, tensão de primeira fissuração e tensão pós fissuração.

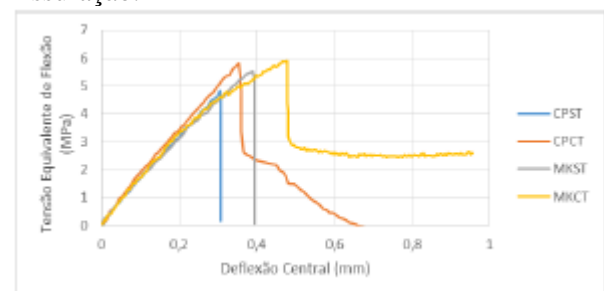


Figura 7 - Curvas obtidas do ensaio de flexão em 3 pontos.

Tabela 2 – Valores de deformação e tensão de primeira fissura, tensão pós fissuração e respectivos coeficientes de variação.

Laminados	$d_{1f}$ (mm) CV (%)	$\sigma_{1f}$ (MPa) CV (%)	$\sigma_{pf}$ (MPa) CV (%)
CPST	0,31 (4,14)	4,84 (9,13)	0,00 (0,00)
CPCT	0,35 (23,25)	5,82 (22,25)	2,53 (0,00)
MKST	0,39 (0,00)	5,53 (0,00)	0,00 (0,00)
MKCT	0,47 (16,07)	5,92 (11,27)	2,91 (1,51)

É possível observar que as placas CPST e MKST possuem modo de ruptura frágil.

Comparando ambas placas livres de hidróxidos de cálcio, a CPCT evidencia melhores resultados tanto para deformação quanto para tensão de ruptura, que chega a ser 20% maior do que na CPST, mantendo, ainda, uma tensão pós fissuração.

Os compósitos MKST e MKCT foram produzidos a partir da mesma matriz e não apresentam diferença de tensão de ruptura muito significativa, portanto, a substituição de 50% em massa de cimento Portland por metacaulinita não afetou a resistência.

Para os laminados que não apresentam ruptura generalizada, tem-se uma tensão residual ( $\sigma_r$ ), que pode ser associada ao tratamento polimérico da fibra e comparadas entre si para análise da matriz. A matriz MKCT possui resistência residual praticamente uniforme até 1mm de deflexão, com valor aproximado de 2,55 MPa, enquanto a MKST possui uma tensão pós fissuração de 2,53 Mpa mas que sofre constante decréscimo até atingir 0 Mpa em 0,65 mm. Na Figura 8 pode-se notar a diferença de tensões dos os compósitos em 0,5mm e 0,6mm. Portanto, o laminado MKCT apresenta deformabilidade muito superior quando comparado aos demais laminados produzidos.

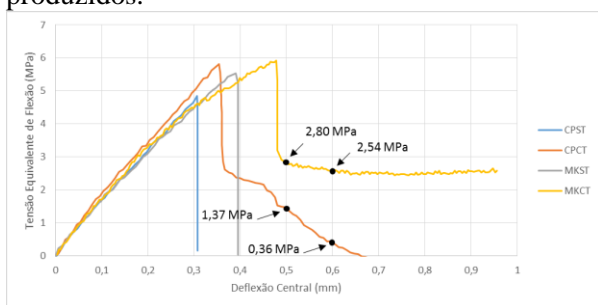


Figura 8 – Tensão pós fissuração dos compósitos com tratamento polimérico das fibras.

### 3.2. Telhas

As telhas produzidas foram levadas à exposição, Figura 9, Inovações – Criações à Brasileira, no Museu do Amanhã, localizado na cidade de Rio de Janeiro, na primeira realização de mostra temporária (de 25 de abril à 22 de outubro de 2017).



Figura 9 – Telhas apresentadas na exposição Inovações – Criações à Brasileira do Museu do Amanhã.

## 4. Conclusão

Com o desenvolvimento destes compósitos reforçados com tecido de fibras naturais, verificou-se que:

- O tratamento com resina polimérica no tecido de fibras naturais evidencia uma melhoria no comportamento mecânico do compósito, pois eleva tanto a resistência à tração por flexão quanto a deflexão do mesmo, fazendo com que o laminado desenvolva um modo de ruptura menos frágil.
- O uso da metacaulinita proporcionou uma matriz mais durável, visto que os compósitos com a substituição parcial do cimento apresentaram melhores resultados de resistência à esforços de flexão.
- O uso do tecido de fibras naturais melhorou as características do conjunto, visto que o material cimentício por si só não alcançaria tais resistências, podendo ser um material promissor para construção civil.
- Como resultado, ainda, obteve-se participação das telhas produzidas no presente trabalho, em uma exposição concebida pela equipe do Instituto de Desenvolvimento e Gestão (IDG), com visibilidade de caráter internacional.

## Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

## Referências

- FIDELIS, Maria Ernestina Alves. Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos cimentícios têxteis reforçados com fibras de juta. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014. 266p.
- GRAM, H. Durability of natural fibres in concrete. In: SWAMY, R. N. (Ed.) Natural fibre reinforced cement and concrete. London: Blackie and Son Ltd, 1988. v. 5.



**PIBIT/2016-2017 – Universidade Federal do Amazonas**

MELO FILHO, J. Durabilidade química e térmica e comportamento mecânico de compósitos de alto desempenho reforçados com fibras de sisal. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

PORTELA, G. O. S.; Compósito Geopolimérico Reforçado com Tecido de Juta. Tese de Mestrado/UFAM. Manaus, Brasil. 2016.