

## **ESTUDO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS REFORÇADAS COM FIBRAS NATURAIS E FIBRAS SINTÉTICAS**

**FRANCISCO ROGER CARNEIRO RIBEIRO<sup>1\*</sup>, JOANA MARIA DE SOUZA RIBEIRO<sup>2</sup>  
KELVYA MARIA DE VASCONCELOS MOREIRA<sup>3</sup>;**

<sup>1</sup>Discente de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, roger.ribeiro\_@hotmail.com;

<sup>2</sup>Discente de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, joamariasr@gmail.com;

<sup>3</sup>Msc. Docente do Curso de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, kelvyamoreira@gmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** Uma grande variedade de fibras tem sido utilizada como reforço de matrizes frágeis à base de cimento Portland a fim de controlar e reduzir a fissuração, melhorando a durabilidade e o desempenho de argamassas e concretos. A pouca resistência dessas matrizes para alguns esforços, como o de flexão e de tração, vem despertando um interesse científico de melhorar essa característica. Dessa forma, as fibras naturais tornam-se objeto de estudo por não causarem impacto ao meio ambiente, terem alta disponibilidade e serem de baixo custo; já as fibras sintéticas podem garantir uma melhor resistência às peças. O foco de estudo deste trabalho foi de analisar a influência da adição de diferentes fibras (coco, polipropileno e vidro) nas propriedades mecânicas e de porosidade em placas pré-moldadas de dimensões (400x200x15)mm com função de vedação, submetendo-as aos ensaios de resistência à tração na flexão e absorção de água por imersão aos 28 e 56 dias de idade de produção, conforme preconizam as normas brasileiras. Em conformidade com os resultados obtidos, concluiu-se que para cada tipo de fibra há intervenções que limitam algumas aplicações e que o custo torna-se compensador para fins mais específicos. As argamassas com adição de fibras de vidro apresentaram melhores resultados uma vez que os níveis de tenacidade e ductibilidade foram superiores às demais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibras naturais, fibras sintéticas, elementos pré-moldados

### **STUDY OF CIMENTICÍAS MATRICES REINFORCED WITH NATURAL FIBERS AND SYNTHETIC FIBERS**

**ABSTRACT:** A wide variety of fibres has been used as a strengthening of fragile arrays based on Portland cement in order to control and reduce cracking, improving the durability and performance of mortars and concretes. The low resistance of these matrices for some efforts, such as bending and low cost; synthetic fibers can guarantee a better resistance to the pieces. The focus of study of this work was to analyse the influence of addition of different fiber (coco, polypropylene and glass) on the mechanical properties and porosity in precast (400x200x15)mm dimensions boards, with sealing function, subjecting them to test of tensile strength in bending and water absorption by immersion at 28 and 56 days of production, as called for the Brazilian standards. In accordance with the results obtained, it was concluded that for each type of fiber for interventions that limit some applications and the cost becomes rewarding for more specific purposes. The mortar with addition of glass fibers showed better results since the levels of toughness and ductility were superior to the other.

**KEYWORDS:** Natural fibres, synthetic fibres, precast elements

### **INTRODUÇÃO**

Um material compósito é a combinação de dois ou mais materiais que têm propriedades que os materiais componentes isoladamente não apresentam. Eles são, portanto, constituídos de duas fases: a matriz e o elemento de reforço, e são desenvolvidos para aperfeiçoar os pontos fortes de cada uma das fases (BUDINSKI,1996).

Os compósitos à base de cimento reforçado com fibras na produção de argamassas surgem como uma nova tecnologia a fim de se obter um ganho de produtividade e redução de custos devido as fibras conferirem um bom comportamento mecânico ao compósito. Segundo Hannant (1994), o desempenho desse material é controlado principalmente pelo teor e pelo comprimento da fibra, pelas propriedades físicas da fibra e da matriz, e pela aderência entre as duas fases.

Johnston (1994) acrescenta ainda o efeito da orientação e distribuição da fibra na matriz. A orientação de uma fibra relativa ao plano de ruptura, ou fissura, influencia fortemente sua habilidade de transmitir cargas. Uma fibra que se posiciona paralela ao plano de ruptura não tem efeito, enquanto que uma perpendicular tem efeito máximo.

As fibras de origem natural vêm se destacando como um material para reforço de matrizes cimentícias por ser um material ecológico e facilmente reciclável, além de possuir componentes como a celulose e o lenho que lhes conferem elevados índices de rigidez e dureza. Porém, segundo Murray (2001), estas fibras possuem alta absorção de água, são biodegradáveis e possuem fraca adesão em seu estado natural a inúmeras matrizes.

Em relação às fibras sintéticas, apesar de terem ainda um custo elevado, possuem alta deformação e elevada resistência à tração que as tornam um material interessante na aplicação de argamassas de ligação em elementos pré-moldados, onde um acréscimo de desempenho promovido pelo aumento da deformabilidade é desejável. Diante disso, na matriz cimentícia, as fibras geram dois efeitos importantes: a primeira de controlar a fissuração e microfissuração e a segunda de conferir ductilidade e melhorar a tenacidade (JOHNSTON, 1994 apud SPECHT, 2000).

Assim, o presente trabalho visou analisar a viabilidade de produção de placas pré-moldadas reforçadas com diferentes fibras através das propriedades mecânicas e de porosidade, analisando a capacidade dos reforços de reduzir ou impedir o aparecimento de fissuras, bem como, diante da fragilidade das matrizes, objetivou tornar os elementos de vedação mais funcionais e duráveis, capazes de suportar os esforços solicitantes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção das placas foram utilizados (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6):

- Cimento Portland CII-Z-32-RS que, segundo informações do fabricante, possui massa unitária de 1400 kg/m<sup>3</sup>;
- Água para amassamento fornecida pelo sistema de abastecimento público da cidade de Sobral, Ceará;
- Agregado miúdo natural sendo uma areia quartzosa lavada oriunda das margens do Rio Acaraú, em Sobral-CE, na qual foi caracterizada de acordo com as normas brasileiras pertinentes (Tabela 1);

Tabela 1. Caracterização física do agregado miúdo.

Propriedades	Resultado Obtido	Norma Técnica
Dimensão máxima característica	0,60 mm	ABNT NBR NM 248:2003
Módulo de finura	1,33	ABNT NBR NM 248:2003
Massa unitária	1450 kg/m <sup>3</sup>	ABNT NBR NM 45:2006
Massa específica	2614 kg/m <sup>3</sup>	ABNT NBR NM 52:2009

- Fibras naturais provenientes da Usina de Produção de Fibras de Coco da cidade de Fortaleza-CE;
- Fibras sintéticas de polipropileno com comprimento de 45 mm e densidade 0,92 g/cm<sup>3</sup>, segundo informações do fabricante;
- Fibras sintéticas de vidro com comprimento de 36 mm e densidade de 2,68 g/cm<sup>3</sup>, segundo informações do fabricante.

Figura 1 – Aglomerante (Cimento)



Figura 2 – Água



Figura 3 – Agregado Miúdo (Areia)



Figura 4 – Fibras de Polipropileno



Figura 5 – Fibras de Vidro



Figura 6 – Fibras de Coco



Iniciou-se a pesquisa por uma revisão bibliográfica acerca da produção de matrizes cimentícias incorporando fibras naturais a fim de conhecer as dosagens ideais e as proporções de fibras a serem incorporadas nas matrizes. Com isso, foram definidos os traços (cimento: areia) em 1:2, 1:2,5 e 1:3, em massa. Também se constatou a possibilidade de incorporação dessa fibra em teores de 0%, 10% e 13% sobre a massa de cimento, para cada dosagem, objetivando analisar o potencial de produção das placas de dimensão (400x200x15) mm.

Dessa forma, foram produzidas dezoito placas com adição de fibras naturais, dividindo em seis placas para cada dosagem, sendo duas placas para cada teor de incorporação, constituída de três camadas de argamassa, incorporando fibras apenas na matriz central, como efeito sanduíche. Esta divisão teve por objetivo assegurar um bom acabamento da superfície externa das placas.

A distribuição do material foi feita manualmente, de modo a assegurar a não concentração de fibras em determinadas regiões das placas. Após a montagem das camadas na fôrma, efetuou-se a prensagem uniaxial em uma prensa hidráulica, aplicando uma carga de 30tf por 12 horas ininterruptas.

A cura das placas com adição de fibra de coco foi realizada aspergindo água por toda sua área diariamente por 28 e 56 dias, uma vez que as fibras naturais se degradam quando submersas em água.

O início da produção das placas com fibras sintéticas foi baseado nos resultados prévios obtidos com as placas contendo fibras naturais. Porém as placas com fibras sintéticas ficaram submersas em água até a realização dos ensaios.

Para todas as placas foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão e absorção de água por imersão, seguindo os preceitos da ABNT NBR 9778:2009 e da ABNT NBR 14715:2010 respectivamente, aos 28 e 56 dias de idade de produção.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resultados obtidos com o uso de fibras naturais e já publicados (RIBEIRO; MOREIRA, 2016), verificou-se o melhor traço para as fibras naturais de 1:2,5, fator a/c de 0,32, com um teor de incorporação equivalente a 25,63g. Verificou-se também que esse teor de incorporação tornou-se inviável para as fibras sintéticas, visto que não apresentaram facilidade de homogeneização de material e distribuição nas fôrmas. Com isso, optou-se por fazer uma relação de densidades para

descobrir uma nova massa a ser testada, mas que esta garantisse uma boa aderência entre os materiais, resultando em 8,4g.

Os resultados obtidos para os ensaios realizados aos 28 dias e 56 dias de idade de produção das placas estão detalhados nas tabelas 2 e 3, respectivamente, e os testes estão ilustrados na figura 7.

Tabela 2 – Média dos ensaios nas placas com fibras naturais e sintéticas aos 28 dias.

Ensaio	Fibras			
	Sem fibra	Coco	Polipropileno	Vidro
Absorção de Água por Imersão	9,03 %	10,69 %	7,11 %	4,36 %
Resistência da Ruptura à Flexão	9,90 N	11,27 N	10,89 N	11,53 N

Tabela 3 – Média dos ensaios nas placas com fibras naturais e sintéticas aos 56 dias.

Ensaio	Fibras			
	Sem fibra	Coco	Polipropileno	Vidro
Absorção de Água por Imersão	9,89 %	11,97 %	5,88 %	3,85 %
Resistência da Ruptura à Flexão	10,31 N	12,02 N	11,73 N	12,46 N

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado com a aplicação de impermeabilizante e de acordo com as recomendações do fabricante. Nota-se que a absorção de água aos 28 e 56 dias de idade de produção das placas teve um acréscimo de 18,38% e 21,03%, respectivamente, nas reforçadas com fibras de coco, em relação às placas sem fibras, uma vez que as fibras naturais sem tratamento químico prévio tendem a serem porosas e haver degradação da celulose. Em relação à absorção de água nas placas reforçadas com fibras sintéticas houve uma redução significativa para as fibras de polipropileno, comparado com as placas sem fibras, sendo cerca de 21,26% aos 28 dias e 59,45% aos 56 dias; bem como para as fibras de vidro, sendo cerca de 51,72% aos 28 dias e 61,07% aos 56 dias. Entende-se que as fibras sintéticas estavam bem preenchidas na matriz cimentícia, dificultando assim a entrada de água pelos vazios, além de ser um material não poroso. Também, a elevada trabalhabilidade das matrizes reforçadas com fibras sintéticas favoreceram um bom preenchimento de tais materiais na argamassa, diminuindo assim a formação de vazios.

Quanto ao ensaio mecânico, este tem como finalidade encontrar um valor de resistência à tração na flexão das placas, quando estiverem sujeitas a um carregamento contínuo e gradativo. De acordo com Agopyan (1993), os fatores de influência como volume crítico de fibras, comprimento crítico das fibras, relação água/cimento e aderência fibra/matriz, são possivelmente detectados. Nota-se portanto, um aumento de 13,83%, 10% e 16,46% para as placas com fibras de coco, polipropileno e vidro, respectivamente, em comparação às placas sem reforço, aos 28 dias de idade de produção dos elementos pré-moldados. Aos 56 dias de idade, houve um aumento de 16,59%, 13,77% e 20,85% para as placas com fibras de coco, polipropileno e vidro, respectivamente, também em comparação às placas sem fibras.

Essa melhoria observada no comportamento mecânico das argamassas se deve ao fato de tais reforços absorverem parte da energia aplicada sobre o material e impedirem a abertura de fissuras. Aliás, é relevante ressaltar que as rupturas no compósito ocorreram de forma gradual, e não de maneira brusca. Assim sendo, as fibras conferem a característica de tenacidade, distribuindo bem as tensões nas peças e precisando de uma maior carga para rompê-las totalmente.

Contudo, conclui-se que as placas reforçadas com fibras de vidro apresentaram melhores resultados nos ensaios realizados, provavelmente por essas fibras possuírem um menor diâmetro comparada com as demais e por terem se aderido melhor à argamassa.

Figura 7. Ensaios de resistência à flexão e de absorção de água, realizados nas placas pré-moldadas.

(a) Resistência à tração na flexão



(b) Absorção de água



## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados supracitados acerca da adição de fibras naturais e fibras sintéticas nas matrizes de cimento Portland, pôde-se concluir:

- Os elementos pré-moldados reforçados com fibras se tornam uma alternativa interessante devido tais materiais atuarem como um reforço, capazes de melhorar a coesão entre os materiais, quando comparadas às argamassas convencionais;
- Importante considerar a dispersão e a homogeneidade das fibras, tornando fundamentais no estado fresco da argamassa, uma vez que uma grande quantidade de incorporação resulta na má aderência entre os materiais;
- No que se refere ao comprimento das fibras foram consideradas adequadas e aplicáveis às peças do presente trabalho;
- Níveis elevados de tensão produzirão uma maior deformação da peça, o que pode incrementar a abertura das fissuras. Além disso, poderá haver rompimento das fibras, o que também diminui a capacidade resistente;
- Por fim, comprovou-se que esse sistema construtivo torna-se adequado para a contenção da propagação das fissuras e redistribuições de tensões, da mesma maneira que é possível ter um controle de qualidade para estas fibras adequando-as para cada utilidade e tornando estas placas pré-moldadas com fins de vedação reconhecidas pelo mercado construtivo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa Bolsa Universidade da Universidade Vale do Acaraú (PBU/UVA), no seu Programa de Iniciação Científica pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

À Usina de Produção de Fibras de Coco da cidade de Fortaleza-CE pela concessão das fibras naturais; e as empresas Tecnosil da cidade de São Paulo-SP e Propex da cidade de Curitiba-PR pela concessão das fibras sintéticas.

## REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V. Materiais com fibras para a construção civil – Revista Politécnica. São Paulo, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 45: Agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 52: Agregado miúdo: determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. São Paulo, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14715-1: Chapas de gesso para drywall - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14715-2: Chapas de gesso para drywall - Parte 2: Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2010.
- BUDINSKI, K.G. Engineering Materials: properties and selection. Prentice Hall International, 5ed. New Jersey, 1996.

- HANNANT, L. Fibre-reinforced cements and concretes. In: J.M. ILLSTON. Construction Materials, 2ed. London, 1994.
- JOHNSTON, C.D. Fibre-reinforced cement and concrete. In: V. M. Malhorta. Advances in concrete technology, 2ed. Ottawa, 1994.
- MURRAY, N.P. Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: um nuevo material para el cultivo en substrato. Tesis del Doctorales. Universidad Politécnica de Valencia, 2001.
- RIBEIRO, F.R.C.; MOREIRA, K.M.V. Comparativo entre placas cimentícias reforçadas com fibras naturais e com fibras sintéticas. II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis. João Pessoa, 2016.
- SPECHT, L.P. Comportamento de Misturas Solo-Cimento-Fibra Submetidas a Carregamentos Estáticos e Dinâmicos Visando a Pavimentação. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.