

PRODUÇÃO DE PLACAS PRÉ-MOLDADAS COM MATRIZ CIMENTÍCIA REFORÇADA COM FIBRAS NATURAIS E FIBRAS SINTÉTICAS

FRANCISCO ROGER CARNEIRO RIBEIRO^{1*}, BRUNA TAYNA MACEDO FIDELES²; JOANA MARIA DE SOUZA RIBEIRO³, KELVYA MARIA DE VASCONCELOS MOREIRA⁴;

¹Discente do curso de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, roger.ribeiro_@hotmail.com

²Discente do curso de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, brunatayna_eng@hotmail.com

³Discente do curso de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, joanamariasr@gmail.com

⁴Msc. Professora do Curso de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, kelvyamoreira@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016–Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Uma das preocupações dos profissionais de engenharia civil diz respeito à vida útil das edificações. No caso dos elementos pré-moldados, essa durabilidade pode ser afetada pelo aparecimento de fissuras, principalmente, causadas pelo fenômeno de retração e durante a atividade de transporte/manuseio. Uma das alternativas para se controlar esta manifestação patológica é a incorporação de fibras à matriz cimentícia. Tendo em vista a grande variedade de fibras naturais e sintéticas com potencial para reforço de compósitos usados na produção de elementos pré-moldados para construção civil, torna-se imprescindível o conhecimento das potencialidades desses elementos mediante caracterização a fim de melhor aplicá-los, uma vez que as fibras naturais existem em abundância, possuem disponibilidade a baixo custo, mas são biodegradáveis; e as fibras sintéticas, apesar de seu custo ser ainda considerado elevado, podem garantir uma melhor resistência e durabilidade às peças. A metodologia da pesquisa, portanto, envolveu a análise da influência da incorporação de três tipos de fibras (coco, polipropileno e vidro) em placas cimentícias para o uso como elemento de vedação, avaliando o desempenho de cada pelos ensaios de resistência à tração na flexão, dureza superficial, densidade superficial e absorção de água por imersão aos 21 dias de idade. Para cada tipo de fibra foram notadas diferentes influências negativas que limitam alguns usos; também se verificou que o custo torna-se compensador para usos mais específicos.

PALAVRAS-CHAVE: placa pré-moldada, matriz cimentícia, fibra natural, fibra sintética

PRODUCTION OF PRE-FRAMED CARDS WITH CEMENTITIOUS MATRIX REINFORCED WITH NATURAL FIBERS AND SYNTHETIC FIBERS

ABSTRACT: One of the concerns of professionals in civil engineering concerns the life of buildings. In the case of the precast elements, this durability may be affected by the appearance of fissures, mostly caused by the phenomenon of retraction and during transport/handling activity. One of the alternatives to control this pathological manifestation is the incorporation of fibres to the cementitious matrix. In view of the wide variety of natural and synthetic fibers with the potential for reinforcement of composite materials used in the production of precast elements for construction, it becomes essential to the knowledge of the potential of these elements through characterization in order to best apply them, since natural fibers exist in abundance, have availability at low cost, but are biodegradable; and synthetic fibers, although its cost is still considered high, can guarantee a better resistance and durability to the pieces. The methodology of the survey, therefore, involved the analysis of the influence of incorporation of three types of fibre (coconut, polypropylene and glass) on cementitious boards for the use as sealing element, evaluating the performance of each tests of tensile strength in bending, surface hardness, surface density and water absorption by immersion to 21 days of age. For each fiber type were noted different negative influences that limit some uses; also it was found that the cost becomes rewarding for more specific uses.

KEYWORDS: pre-shaped plate, cementitious matrix, natural fiber, synthetic fiber

INTRODUÇÃO

O cenário atual da engenharia civil encontra-se em um complexo sistema de planejamento e controle de custos, em que a escolha do material influencia a tecnologia de execução, a qualidade e a mão de obra a serem empregadas. A utilização de tecnologias avançadas é vista como geradora de altos gastos, o que não corresponde necessariamente à realidade. Dessa forma, é importante mostrar os benefícios que as novas tecnologias trazem.

Dentro deste cenário, encontram-se os elementos pré-moldados de vedação, com a adição de fibras naturais e sintéticas: coco, polipropileno e vidro, que agem como reforço às matrizes cimentícias em argamassas e em concretos, controlando a fissuração do compósito e alterando seu comportamento após a fissuração da matriz.

A utilização de fibras vegetais, como a de coco, para reforçar matrizes frágeis à base de cimento, é uma técnica que foi amplamente utilizada na década de 70, na produção de placas planas e corrugadas para elementos de cobertura em países em desenvolvimento (Coutts, 1988). No início dos anos 80, o uso de fibras vegetais como reforço de compósitos a base de cimento foi bruscamente interrompido depois que alguns elementos construtivos apresentaram perda de resistência após poucos meses de uso. Somente após a identificação dos mecanismos de deterioração da fibra vegetal em meio alcalino e da proposição de soluções para garantia de compósitos duráveis (Lima e Toledo Filho, 2008), que coincidiram com a preocupação mundial sobre a sustentabilidade, é que a utilização deste tipo de fibra como reforço de compósitos a base de cimento voltou a despertar interesse científico, uma vez que é uma alternativa de baixo custo, tendo em vista sua ocorrência natural e em larga escala.

As fibras sintéticas são inseridas no mercado da construção como uma alternativa, que apesar de ter ainda um custo elevado, suas propriedades mecânicas e geométricas são determinantes no desempenho mecânico dos compósitos, devido à dificuldade na utilização das fibras vegetais pela degradação da celulose, principal constituinte das fibras naturais, em meio alcalino em materiais cimentícios. Segundo Bentur (2000), as características mais relevantes destas fibras são: resistência à tração, módulo elástico superior às fibras vegetais e sua estabilidade em matriz alcalina.

Alguns estudos realizados têm contribuído para um melhor entendimento de como a inserção dessas fibras nas matrizes cimentícias podem modificar suas propriedades. Resultados experimentais (Santos, 2006; Lameiras, 2007 e Ferraz, 2011), comprovaram que o nível de tensão no qual as matrizes trincam pode ser aumentado com a utilização de fibras de alto módulo de elasticidade. Com o surgimento da primeira trinca, as fibras interligam-se as fissuras, promovendo um aumento na resistência à tração, à flexão e na resistência ao impacto, conferindo assim características importantes relacionadas à durabilidade das peças, tais como a retração, a permeabilidade e a resistência mecânica.

A partir dessas características, Bastos (2001) afirma que a retração e a fissuração de argamassas são fenômenos normalmente associados. As argamassas sofrem retração, cuja intensidade depende fundamentalmente das proporções de mistura, das condições de preparo, da aplicação e das condições de exposição. Entretanto, a fissuração, decorrente do desenvolvimento de tensões de tração pela retração, pode ser evitada pela incorporação de materiais que modifiquem o comportamento das argamassas sob tração.

Neste contexto, o objetivo do estudo é analisar a viabilidade de produção de placas pré-moldadas com a adição de diferentes fibras e analisar suas influências a fim de melhorar as propriedades funcionais das peças, obtendo um controle de fissuração e tornando-as elementos de vedação mais funcionais e duráveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção das argamassas utilizadas para a produção das placas, utilizou-se o cimento Portland CPII-Z-32-RS que, segundo informações do fabricante, possui massa específica de 1400 kg/m³ (Figura 1). A água de amassamento utilizada foi a fornecida pelo sistema de abastecimento público da cidade de Sobral, Ceará. As fibras naturais adicionadas como elemento de reforço foram provenientes da Usina de Produção de Fibras de Coco da cidade de Fortaleza-CE, cortadas com um comprimento médio de 40 mm e não foram submetidas a nenhum tratamento químico prévio. Já as fibras sintéticas de polipropileno e de vidro possuíam 45 mm e 36 mm de comprimento, respectivamente. O agregado miúdo utilizado foi a areia quartzosa lavada, oriunda das margens do Rio Acaraú, em Sobral/CE, cujos ensaios de caracterização foram realizados, de acordo com as normas técnicas pertinentes e os resultados estão dispostos na 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 ³	ABNT NBR NM 45:2006
Massa específica	2614 kg/m ³	ABNT NBR NM 52:2009

Figura 1. Materiais para a confecção das placas pré-moldadas.



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 nove placas com adição de fibras naturais, dividindo em três placas para cada dosagem, sendo uma placa para cada teor de incorporação, constituída de três camadas de argamassa, incorporando fibras apenas na matriz central, conforme figura 2. Esta divisão teve por objetivo assegurar um bom acabamento da superfície externa das placas.

Figura 2: Divisão das camadas da matriz cimentícia.



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 21 dias, uma vez que as fibras naturais se degradam quando submersas em água. Já as

placas com fibras sintéticas ficaram submersas em água até a realização dos ensaios, sendo estes: resistência à tração na flexão, dureza superficial, densidade superficial e absorção de água por imersão, seguindo os preceitos da ABNT NBR 9778:2009 e da ABNT NBR 14715:2010 aos 21 dias de idade das placas pré-moldadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado em estudos de Ribeiro & Moreira (2015), todos preconizados pela ABNT NBR 9778:2009 e a NBR 14715:2010, constatou-se o melhor traço para as fibras naturais de 1:2,5, um fator a/c de 0,32, com um teor de incorporação de fibras de 13%, equivalente a 25,63g, assim como apresentaram maior facilidade de homogeneização de material e distribuição nas fôrmas. A partir desses resultados, na segunda etapa da pesquisa procurou-se observar as propriedades funcionais das placas pré-moldadas com a adição de fibras sintéticas de polipropileno e de vidro (Figura 3).

Figura 3. Placas reforçadas com a fibra de coco (a), de polipropileno (b) e de vidro (c).



Os resultados para as placas reforçadas com fibras sintéticas não foram satisfatórios para o mesmo teor de incorporação das fibras naturais, visto que houve pouca aderência entre os materiais, provavelmente porque se manteve a produção das placas por efeito sanduíche, o que caracterizou a concentração de muita fibra sintética apenas no centro da placa, fragilizando a ligação entre as camadas. Com isso, optou-se por fazer uma relação de densidades para descobrir uma nova massa a ser testada, resultando em uma massa de 16,80g. No entanto, os resultados ainda não foram considerados satisfatórios, talvez pelo mesmo motivo supracitado. Decidiu-se, então, por mudar a forma de preparo das placas, não as dividindo em camadas, mas fazendo uma total homogeneização entre os materiais, além de efetuar uma nova redução na quantidade de fibras a ser utilizada, resultando em 8,40g, para verificar as potencialidades das peças.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos para os ensaios realizados aos 21 dias.

Tabela 2. Média dos ensaios das placas com fibras naturais e sintéticas aos 21 dias de idade.

Ensaio	Fibras			
	Sem fibra	Coco	Polipropileno	Vidro
Densidade Superficial	25,85 kg/m ³	25,77 kg/m ³	25,98 kg/m ³	26,85 kg/m ³
Absorção de Água por Imersão	11,05 %	13,99 %	11,02 %	10,10 %
Resistência da Ruptura à Flexão	9,90 N	11,27 N	10,70 N	11,77 N
Dureza Superficial	10,84 mm	9,07 mm	4,50 mm	3,00 mm

Analisando a tabela 2, verifica-se que as densidades superficiais foram constantes em todas as placas, uma vez que as fibras tanto naturais quanto sintéticas não apresentam altas densidades.

Nota-se também a alta absorção de água nas placas com adição de fibra de coco, isto porque os materiais fibrilares naturais tendem a serem porosos.

Em relação ao terceiro ensaio, percebeu-se uma melhora na resistência à flexão para as placas com fibras. Os resultados mostraram um aumento de 13,85%, 8,10% e 18,90% para as placas com fibra de coco, com polipropileno e com vidro, respectivamente, em comparação às placas sem fibras. Provavelmente a placa com fibra de vidro mostrou-se mais favorável porque a fibra possui menor comprimento comparado às demais.

Importante ressaltar que foi verificado nos ensaios de ruptura na flexão que as placas reforçadas com as diferentes fibras não tiveram uma ruptura brusca, resultante da tenacidade das mesmas, distribuindo bem as tensões e precisando de uma maior carga para rompê-las totalmente.

Constata-se no último ensaio, que as mossas realizadas por uma esfera de aço (440,20g) solta em queda livre de uma altura de 50 cm, sem repique, foram satisfatórias, conferindo as propriedades mecânicas das fibras, que distribuem bem as tensões aplicadas nas placas. As placas sem reforço apresentaram grandes fissuras.

As placas reforçadas com fibra de vidro foram as que apresentaram melhores resultados em todos os ensaios, visto que por ser uma fibra de menor diâmetro, se aderiu melhor à argamassa.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados prévios, conclui-se que os elementos pré-moldados reforçados com fibras se tornam uma alternativa interessante, devido essa tecnologia unir as vantagens de leveza, desempenho e flexibilidade de fôrmas com diferentes condições de exposição e exigências dos usuários, resultante da contenção da propagação das fissuras e da redistribuição de tensões.

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

- 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.
- Bastos, P. K. X. Propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2001.
- Bentur, A. Role of Interfaces in Controlling Durability of Fiber-Reinforced Cements. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 12, n. 1, p. 2-7, 2000.
- Coutts, R.S.P. Wood fibre reinforced cement composites. In: *Natural fibre reinforced cement and concrete*, V.5, Anais... Edited by R.N. Swamy, Blackie and Son Ltd, London, pp.1-62, 1988.
- Ferraz, J.M. Produção e propriedades de painéis de fibra de coco verde em mistura de Cimento Portland, 2011.
- Lameira, R.M. Contribuição ao estudo das propriedades dos materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro, 2007.
- Lima, P.R.L.; Toledo Filho, R. D. Uso de metacaulinita para incremento da durabilidade de compósitos à base de cimento reforçados com fibras de sisal, *Ambiente Construído*, Vol.8, N.4, pp.7-19, 2008.
- Ribeiro, J.M.S.; Moreira, K.M.V. Estudo da dosagem para produção de placas cimentícias com fibras de coco. Iniciação Científica. Universidade Vale do Acaraú, Sobral, 2015.

Santos, A.M. Estudos de compósitos híbridos polipropileno/fibras de vidro e de coco para aplicações em Engenharia. 2006, 90f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.