

SUSTENTABILIDADE: O USO DE MATÉRIA ORGÂNICA ADICIONADO AO CONCRETO

Fábio Remy de Assunção Rios¹
 Maria Ellen Martins de Alcântara Pereira²
 Karolynne Marques Nunes³
 Camila Karla Medeiros da Silva⁴

Artigo

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de elaborar uma análise comparativa entre o concreto convencional e o concreto com fibra de coco. O estudo é do tipo experimental, para seu desenvolvimento foram confeccionadas argamassas com adição (1% em relação à quantidade de cimento), de 2 comprimentos diferentes de fibras de coco: 25,0 mm e 50,0 mm, além de um concreto de referência sem adição de fibra de coco. Para a avaliação do comportamento de cada um desses elementos na argamassa, foram efetuados ensaios de consistência no estado fresco, e resistência à compressão axial no estado endurecido, durante 14 dias. Além disso, utilizou-se da análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para averiguar a interação e o comportamento dos materiais a nível microscópico. Após as análises, observou-se que todos os comprimentos de fibra de coco testados, diminuíram a resistência à compressão em relação ao concreto de referência, bem como melhorou a resistência ao cisalhamento. No entanto, dentre esses comprimentos testados e os tipos de cura realizadas, verificou-se que o concreto com adição de fibras de comprimento 25,0 mm obteve melhor desempenho na cura saturada e o de 50 mm na cura seca, demonstrando que o tratamento térmico melhora a rugosidade das fibras, e, conseqüentemente, sua adesão.

Palavras-chave: Fibra de coco. Cura seca. Cura saturada. Concreto. Comprimento.

STAINABILITY AND RESISTANCE: THE USE OF ORGANIC MATTER ADDED TO THE CONVENANT CONCRETE

Abstract

This work aimed to elaborate a comparative analysis between conventional concrete and coconut fiber concrete. The study is of an experimental type, for its development mortars were made with addition (1% in relation to the amount of cement), in 2 different lengths of coconut fibers: 25.0 mm and 50.0 mm, in addition to a concrete reference without adding coconut fiber. To assess the behavior of each of these elements in the mortar,

¹ Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor dos cursos graduação em Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da UNIFACISA – Centro Universitário. E-mail: fabiojemy@gmail.com.

² Graduanda do Curso de Engenharia Civil da UNIFACISA – Centro Universitário. E-mail: mellenmartinsap@gmail.com

³ Graduanda do Curso de Engenharia Civil da UNIFACISA – Centro Universitário. E-mail: Karolynne_marques_nunes@hotmail.com

⁴ Graduanda do Curso de Engenharia Civil da UNIFACISA – Centro Universitário. E-mail: camilamedeiros_cm@hotmail.com

consistency tests were performed in the fresh state, and resistance to axial compression in the hardened state, for 14 days. In addition, Scanning Electron Microscopy (MEV) analysis was used to ascertain the interaction and behavior of materials at the microscopic level. After the analyzes, it was observed that all the tested coconut fiber lengths decreased the compressive strength in relation to the reference concrete, as well as improved the shear strength. However, among these tested lengths and the types of curing carried out, it was found that the concrete with the addition of fibers of 25.0 mm length obtained better performance in saturated curing and 50 mm in dry curing, demonstrating that the thermal treatment improves the roughness of the fibers and, consequently, their adhesion.

Keywords: Coconut fiber. Dry cure. Saturated healing. Concrete. Length.

1 INTRODUÇÃO

O concreto consiste em um material compósito, cuja “composição básica apresenta uma matriz cimentícia formado por cimento e água, que envolve os agregados graúdos e miúdos” (AMARAL JÚNIOR, 2016, p. 1). O concreto é um material estrutural muito utilizado em todo o mundo. Todavia, apesar de apresentar alta resistência mecânica, rapidez na execução, fácil moldabilidade e um custo relativamente baixo, ele exibe algumas limitações quando submetido a esforços de tração, como: baixa capacidade de deformação antes da ruptura e rápida propagação de fissuras (FIGUEIREDO 2011; SALVADOR, 2013).

Atualmente, os pesquisadores têm buscado novas possibilidades de utilização do concreto, sobretudo, no que diz respeito à modificação de suas propriedades. Dentro dessa perspectiva, destaca-se o uso de materiais não convencionais, a exemplo dos resíduos industriais, componentes orgânicos e inorgânicos. Segundo Silva (2018, p. 1), “a utilização de fibras vegetais em novos materiais de construção pode contribuir para diminuir a extração de recursos não renováveis necessários para a produção de alguns compósitos cimentícios”.

É importante relatar que na região nordeste do Brasil, observa-se uma grande área de coqueiros nativos, sem utilização econômica dos resíduos gerados e das suas fibras vegetais. E, apesar da fibra de coco ser utilizada em peças de artesanato, seu uso é parcial, milhões de toneladas ainda são descartadas na natureza, gerando impactos ambientais de extrema relevância.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), através do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), a produção de coco no Brasil alcançou 1.932.504 de toneladas na safra 2013. Considerando que

aproximadamente 10% da massa do fruto são constituídos por fibras, o volume gerado neste ano foi em torno de 966.252 m³ de fibra de coco, tornando-se, portanto, útil na construção. Este material, por conseguinte, deixará de ser resíduo se a ele for dada uma valorização, ou seja, um reaproveitamento, dando origem a um novo produto.

Sobre essa questão, é importante ressaltar, que o grande avanço da tecnologia favoreceu o estudo do reaproveitamento de resíduos descartados na natureza, bem como suas possíveis adições nos materiais de construção, cujo intuito é adequar o material convencional a diversas inovações de uso, e, portanto, melhorar suas propriedades, principalmente as de caráter sustentável.

Dessa forma, a matéria orgânica de origem vegetal, vem se destacando como insumos de grande potencial para reforço de matrizes nos materiais de construção, a exemplo disso, pode-se evidenciar as fibras vegetais do coco (*Cocos nucifera*). A notoriedade desses compósitos nessa área, deve-se ao fato de combinar dois ou mais materiais diferentes e obter um elemento híbrido, cujas propriedades em alguns aspectos, podem ser superiores ou até mesmo melhores que as dos componentes utilizados (SMITH, 2012).

Diante da escassez de materiais sustentáveis no âmbito da construção civil, verifica-se que a utilização de fibra vegetal, em particular a fibra de coco, como reforço em compósitos cimentícios, apresenta várias vantagens, como: altas propriedades mecânicas específicas, biodegradabilidade, reciclabilidade, baixa densidade, não-abrasividade, baixo consumo de energia, custo e oferta de empregos rurais, conforme afirmam Silva *et al* (2014) e Bonato *et al* (2013).

Posto isto, considerando as utilidades e benefícios da fibra vegetal dentro construção civil, este estudo teve o objetivo de elaborar uma análise comparativa entre o concreto convencional e o concreto com fibra de coco.

2 METODOLOGIA

O estudo realizado é do tipo experimental, que de acordo com Rodrigues Júnior (2018, p. 7), “consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”. A pesquisa foi desenvolvida no período de junho de 2018 a fevereiro de 2019, nos laboratórios de Mecânica dos Solos e Materiais de Construção da Unifacisa – Centro Universitário e Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Com relação aos procedimentos executados, primeiramente empreendeu-se a caracterização dos materiais a serem utilizados nos experimentos, tais como: cimento, água, fibra de coco de 25 mm e 50 mm. O cimento Portland usado foi o CP V ARI RS, em virtude deste apresentar maior velocidade de hidratação e menor teor de adições minerais, haja vista que tais elementos podem influenciar no desempenho da fibra de coco. As fibras empregadas para confecção dos compósitos foram obtidas através da coleta de coco *in natura* num bairro da cidade.

Foram utilizados três tipos de amostras: 1) concreto convencional (referência), 2) concreto modificado com fibras de 25 mm e 3) concreto modificado com fibras de 50 mm de comprimento. Previamente, foi realizado um tratamento cuidadoso de retirada da substância tanino, presente nas fibras de coco *in natura*. Posteriormente, foram desfiadas e cortadas em suas dimensões específicas (Figuras 1 e 2). O procedimento de retirada do tanino consistiu na troca diária da água durante o período de 7 dias e fervura de 40 minutos, no último dia. Após serem retiradas da fervura, as fibras do coco foram colocadas na estufa durante 24 horas, numa temperatura de 50°C.

Figura 1: Retirada de taninos das fibras de coco



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

Figura 2: Secagem do coco após retirada do tanino



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

Para a argamassa utilizada, foram realizadas as caracterizações relativas à sua consistência, fator água/cimento e do agregado tipo areia média, através de ensaios de granulometria, passante na peneira 10 (malha de 2mm), conforme suas respectivas normas (Figuras 3 e 4).

A determinação da dosagem do traço empregada no experimento, apoiou-se nos ensaios de Li *et al* (2006) e Ali *et al* (2012), empregando 1: 2,3 (cimento: areia) e o fator 0,55 para água/aglomerante, de modo a proporcionar consistência adequada e

trabalhabilidade à mistura. A conversão dos respectivos traço e fator para preparação da mistura estar disposta na Tabela 1.

Tabela 1: Composição em massa e volume da argamassa.

Mistura da Argamassa	Traço	Consumo do material (g)			
		Cimento	Areia	Água	Fibra de Coco (FC)
Concreto convencional	1:2:fa/c 0,55	125 g	287,5 g	68,75 ml	-
FC 25mm	1:2:fa/c 0,55	125 g	287,5 g	68,75 ml	1,25 g
FC 50mm	1:2:fa/c 0,55	125 g	287,5 g	68,75 ml	1,25 g

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Para a execução do ensaio de granulometria, utilizou-se balança, máquina de peneiramento, peneiras e escovas (Figura 3 e 4). Inicialmente, realizou-se a pesagem de 1000 gramas da areia, a seguir os agregados foram colocados na máquina de peneiramento por 30 segundos para empreender o processo de peneiramento, de modo a propiciar a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra. Após a segregação, selecionou-se o material para a preparação dos corpos de prova.

Figura 3: Material agregado e peneiras para granulometria.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

Figura 4: Máquina de peneiramento.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

Subsequentemente a granulometria foi realizado o ensaio de consistência no estado fresco (table flow), através do abatimento do material na mesa de consistência (Figuras 5 e 6).

Figuras 5 e 6: Mesa *Table flow* para ensaio de consistência.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

O procedimento realizado nesta etapa, consistiu em preencher o molde com argamassa preparada para à análise (Figuras 7 e 8) e depois, cuidadosamente, foi feito a retirada do molde metálico deixando uma amostra de argamassa em forma de tronco de cone em cima da mesa de consistência. Após esse tempo, mediu-se o diâmetro da argamassa espalhada com o auxílio de uma trena verticalmente e horizontalmente, e determinou-se o índice de consistência da argamassa. Para a mistura do material foi utilizada uma argamassadeira eletro-mecânica.

Figuras 7 e 8: Argamassa com fibra vegetal do coco pronta para moldagem.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

O preparo do material para confecção dos Corpos de Provas (CPs) consistiu na aplicação das fibras, paulatinamente na argamassa preparada. Após a mistura na

argamassaderia eletro-mecânica, foi realizado o processo de preenchimento de dezoito CPs em moldes, com aplicação de desmoldantes e em seguida, realizou-se a compactação necessária para o adensamento dos corpos de prova. Após a moldagem, os moldes foram identificados e direcionados para as secagens, utilizando a cura saturada e a cura a seco (Figuras 9 e 10).

Figura 9: CPs moldados para ensaio de consistência.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

Figura 10: cura a seco dos CPs moldados para ensaio de consistência.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

Depois da moldagem, os CPs passaram-se 24 horas de cura ao ar livre, em seguida foi realizada a desforma. Posteriormente, 09 (nove) CPs foram colocados na câmara úmida e os demais na câmara a seco durante 14 dias. Após esse período empreendeu-se o ensaio de resistência na prensa eletro-hidráulica.

Para averiguação da resistência dos CPs testados no experimento, foi utilizado um desvio relativo máximo de 6% da média ponderada, comparada com a resistência obtida no rompimento do corpo de prova referência, na mistura especificada na análise, ou seja, com fibras de 25 mm e fibras de 50 mm (figuras 11 e 12). Para análise da precisão do comportamento da resistência das fibras, utilizou-se o Multiple Range Test de Duncan, a um nível de confiabilidade de 0,95.

No experimento realizou-se à análise da microscopia eletrônica de varredura (MEV) do compósito formado pelo cimento com fibras vegetal do coco, através de um microscópio eletrônico, com o objetivo de examinar à estrutura interna do material investigado.

Figura 11: Prensa Hidráulica para rompimento.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

Figura 12: Corpo de prova após rompimento.



Fonte: Acervos da pesquisa, 2019.

É importante salientar, que todos os procedimentos adotados neste estudo encontra-se em conformidade com as normas da ABNT- NBR 5739/1994; NBR-7215/1996; NBR 7211/2009; NBR 7222/2011; NBR 6118/2014 e NBR 5738/2015.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o cotejo entre as argamassas produzidas com adição de fibra de coco e argamassa de referência, as análises demonstraram que o aumento da quantidade de fibras vegetais pode acarretar a redução da trabalhabilidade da mistura, devido à absorção de água pela mesma, podendo assim, influenciar na resistência final do material. Sobre essa questão, é importante ressaltar que, quanto maior o diâmetro formado na distribuição da argamassa na mesa de consistência (table flow), mais fluida é sua consistência, influenciando, portanto, no seu manuseio.

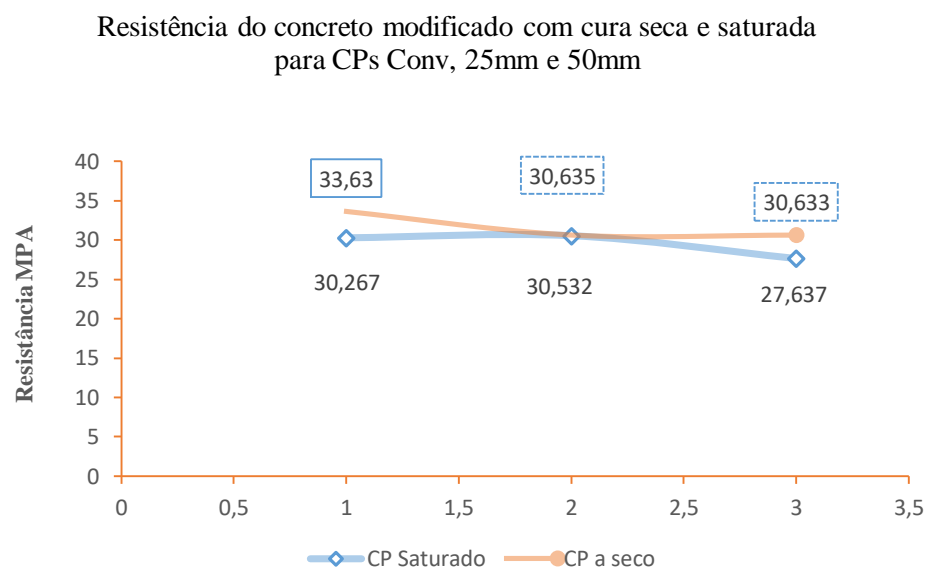
Observou-se ainda, que no corpo de prova com fibra de coco ocorreu o aumento na resistência cisalhante, causado pela presença das fibras que modificou o modo de ruptura da matriz. Resultados semelhantes foram averiguados nos estudos realizados por Silva (2015). O referido autor ainda ressalta, que a incorporação de fibras de coco, tanto em argamassas quanto em concreto, contribuiu para a redução de fissuras nos corpos de prova, quando submetidos ao ensaio de resistência à compressão, validando a capacidade do material em melhorar a tenacidade do compósito cimentício.

Ademais, Silva (2015) reitera que a utilização da fibra natural de coco em compósitos cimentícios é viável do ponto de vista técnico, atendendo, portanto, as

propriedades físicas de resistência exigidas pelas normas. Corroborando esse pensamento, Figueiredo (2011) afirma que é imprescindível à incorporação de fibras com propriedades mecânicas adequadas na mistura cimentícia, para que o compósito apresente comportamento não frágil.

Em relação à resistência final do concreto convencional, com cura seca e saturada, medido em Mega Pascal (Mpa), foi constatada variação decorrente da adição de percentagem das fibras, conforme demonstra a figura 13.

Figura 13: Comparativo do desempenho da resistência do convencional e incorporado.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

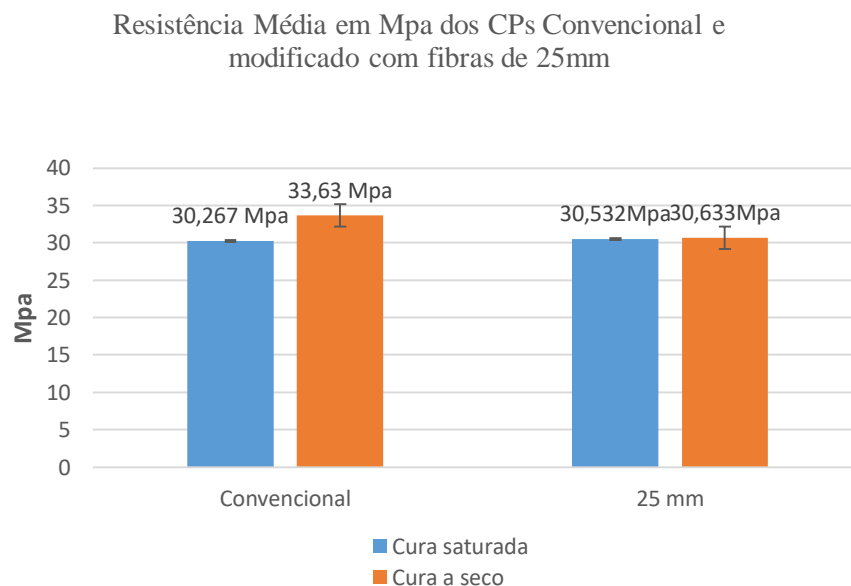
Os dados exibidos na figura 13, revelaram que no processo de cura a seco, a resistência do concreto convencional (33,63Mpa), mostrou-se superior à cura saturada (30,267 Mpa). Já com o acréscimo de 1% de fibras de 25 mm de comprimento ao composto, a cura seca apresentou resistência maior (30,635Mpa) que a cura saturada (30,532Mpa), havendo nesse caso, a mesma resistência para ambas às situações, demonstrando que as fibras com comprimento de 25 mm, reagem bem, tanto na cura saturada quanto na cura seca.

No caso das fibras de 50 mm, a cura a seco (30,633Mpa) também apresentou resistência maior que a cura saturada (27,637Mpa), evidenciando que o processo de produção, tipo de cura a seco empregado com fibras, influência na resistência final do concreto. Neste contexto, as propriedades mecânicas são dependentes de sua estrutura

molecular, sendo a energia de ligação e as interações intermoleculares, os principais fatores que influenciam sua resistência. De acordo com Lemos e Frendenberg (2019), A maneira como se produz a fibra pode exercer influência sobre suas propriedades.

No comparativo do concreto convencional (Testemunha) com o concreto modificado, com adição de fibras de 25 mm, percebe-se que ocorreu um aumento da resistência na cura saturada. Esse efeito, provalvente, é decursivo da dimensão da fibra, pois esta quando se apresenta com comprimento menor nos interstícios do concreto, favorecem o acréscimo da resistência. No entanto, na cura a seco houve uma redução do índice de resistência. A figura 14 mostra o desempenho do material com adição de fibra de 25 mm.

Figura 14: Resistência média dos CPs convencional e com fibras vegetais de 25 mm.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

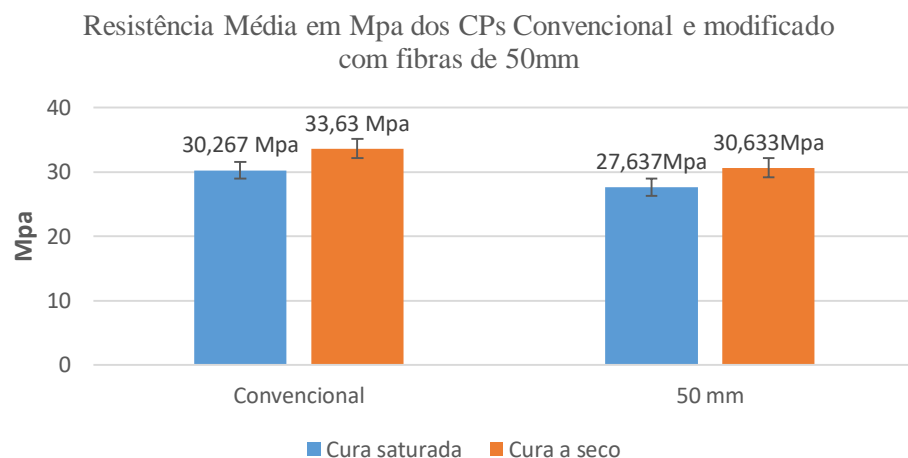
Posto isto, apreende-se que o desempenho da resistência final atua como indicativo do uso desse concreto com fibras, tanto como blocos estruturais ~~ou~~ como em placas cimentícias. Vale salientar, que essas resistências são compatíveis com os esforços solicitantes neste tipo de aplicação, pois o entrelaçamento das fibras, favorece o incremento da resistência à flexão e melhora ~~no~~ desempenho ao esforço cisalhante, de modo contrário, não contribuindo no esforço a compressão.

Com relação à resistência a compressão, Silva e Jerônimo (2012) averiguaram uma queda no desempenho para matrizes com adição de fibras. Todavia, considerando o

valor de 20 MPa para concretos estruturais, averigou-se que as matrizes com fibras de coco atingem o limite mínimo de resistência. O autor ainda reforça, que a maior relação água/cimento nas matrizes com fibras, também contribui para a queda na resistência.

Analisando o comportamento do concreto convencional com concreto modificado com fibras de coco de 50 mm, percebe-se a variação da resistência final (figura 15). Os resultados indicam que houve uma alteração na resistência do concreto modificado com fibras vegetal do coco nas duas modalidades de cura aplicadas (saturada e seca), eventualmente, possibilitado pelo entrelaçamento das fibras, que proporcionaram uma diminuição de resistência e, que, por conseguinte, podem influenciar na resistência final.

Figura 15: Resistência média dos CPs convencional e com fibras vegetais de 50 mm.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

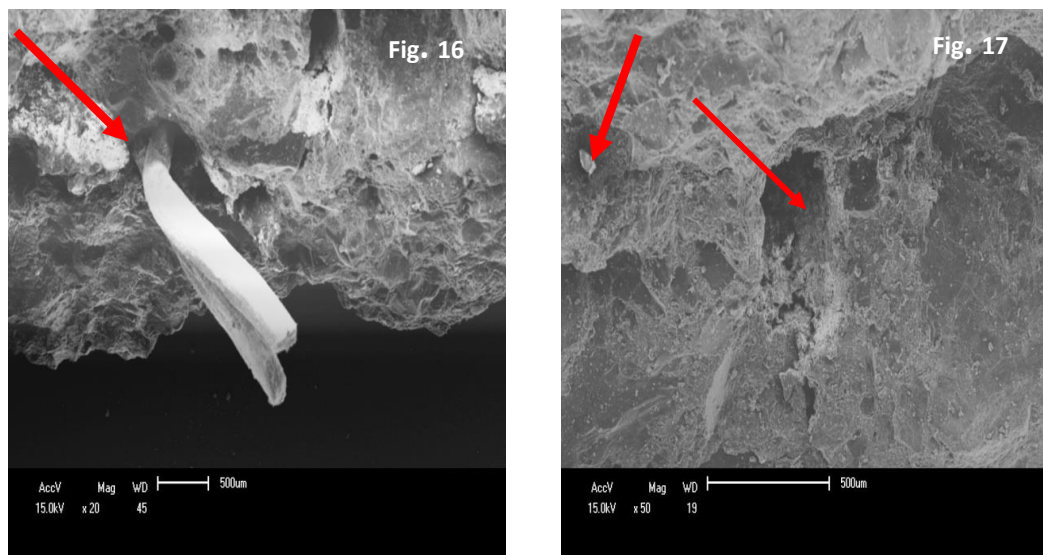
Dessa forma, averigou-se que no concreto com a adição de fibras de 50 mm, ocorreu uma diminuição da resistência na cura a seco e saturada. Esse resultado é justificado pela retração provocada pelo comprimento maior das fibras, que produz ocupação de mais espaço no interstício do compósito. Esses resultados, remetem aos achados de Lemos e Frendenberg (2019) envolvendo concreto com adição de fibras de coco, os quais demonstraram que quando confrontados, apresentam propriedades mecânicas com valores reduzidos. Os autores ainda ressaltam, que “o concreto com fibras de coco, comparadas com a convencional, sustentou a tensão até mesmo após a ruptura, podendo assim, ser benéfica em termos de segurança, evitando que o material se rompa bruscamente” (LEMOS; FRENDEMBERG, 2019, p. 7).

3.1 Análise da Microscopia de Varredura (MEV)

A análise por meio do microscópio eletrônico de varredura (MEV), teve a finalidade de examinar a superfície do compósito formado pelo cimento com fibras vegetal do coco. Segundo Marinelli *et al.* (2008), a exploração do material através deste procedimento é importante para conhecer a morfologia superficial das fibras, pois aspectos como rugosidade, tamanho dos poros (vasos) e comprimento das fibras, estão diretamente relacionados com a capacidade de adesão por compatibilidade na interface fibra/matriz polimérica; homogeneização com a matriz polimérica, e, conseqüentemente; com a afinidade entre os dois materiais. Por sua vez, essas capacidades são conclusivas para as propriedades mecânicas finais do compósito aqui estudado.

Esse comportamento pode ser observado nas figuras 16 e 17, as quais mostram a relação do compósito, a partir da adição de 1% de fibras com 25 mm de espessura, após a pega com idade de 14 dias.

Figuras 16 e 17 : Micrografias obtidas em MEV com aproximação de 25x para o concreto com fibra a 25mm.



Fonte: Arquivos da pesquisa, 2019.

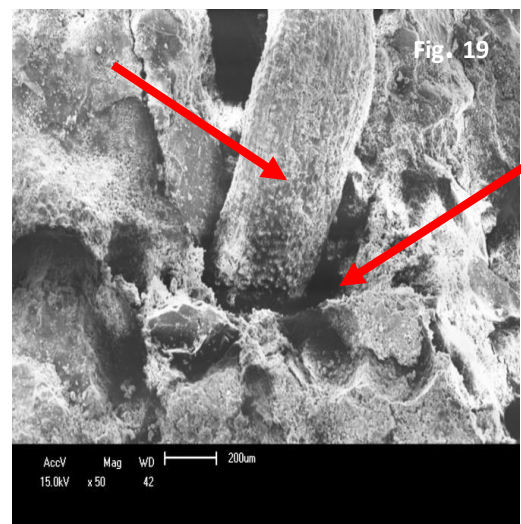
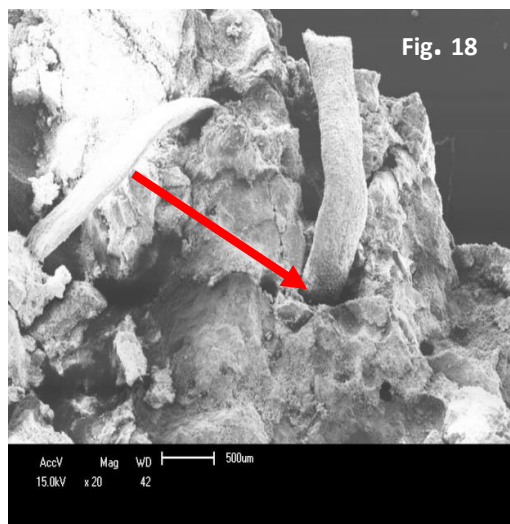
Verifica-se nas figuras acima, imagens de algumas fibras dobradas, além dos vazios e impurezas. A presença de vazios entre as fibras e a matriz, apontam, portanto, que não houve uma boa adesão entre a fibra e a matriz. Estudos realizados por Moura (2014), sobre as propriedades mecânicas e térmicas entre compósitos de PHB

(polihidroxitirato) reforçados com casca de arroz ou fibra de coco, demonstraram algumas rupturas das fibras, bem como seu desfibrilamento, devido ao esforço causado pelo ensaio mecânico. Esse resultado explica-se, pelo fato das fibras serem muitas vezes puxadas da matriz, deixando orifícios vazios. Além disso, a respectiva autora declara, que a adesão entre a fibra e a matriz foi bastante satisfatória para fibras *in natura* e baixa para as fibras tratadas com água quente.

A presença de vazios pode ser um indicativo de que não houve uma compactação consistente do material analisado. Nas figuras 16 e 17 foram identificados alguns pontos brancos, cuja concentração aumenta na superfície dos compósitos, conforme a quantidade de fibras adicionada. Esses pontos brancos são considerados impurezas, decorrentes do próprio cimento e das fibras vegetais. Observou-se ainda, que a fibra do coco *in natura* é inibidora da pega do cimento, consubstanciando a possibilidade de fazer um tratamento.

A seguir, nas figuras 18 e 19 serão apresentadas a MEV do compósito formado pelo cimento e adição de 1% de fibras vegetal do coco de 50 mm de espessura, as quais desvelam a relação e o desempenho do material, após a pega com idade de 14 dias.

Figuras 18 e 19: Micrografias obtidas em MEV com aproximação de 25x para o concreto com fibra a 50mm.



Fonte: Arquivos da pesquisa, 2019.

A respeito das figuras 18 e 19, as imagens da micrografia exibem o comportamento da fibra com relação à matriz cimentícia, os vazios e as impurezas existentes no interior do compósito, evidenciando que não houve uma boa adesão entre a

fibra e a matriz, assim como, uma compactação consistente. Em relação aos vazios apresentados nas imagens, Santos (2007) ressalta, que após a transferência de esforços da matriz para a fibra, ocorre o deslocamento na interface fibra-matriz devido à fraca interação entre os constituintes e às tensões friccionais, de modo, que afiliados as tensões ocasionadas nos finais das fibras, causam falhas no compósito. Os demais esclarecimentos sobre essa questão, são análogos aos explicitados anteriormente nas micrografias para o concreto com fibras de 25mm. Pois, de acordo

O tratamento das fibras com água quente gerou uma rugosidade nas fibras, que propiciou a adesão, conforme indica a micrografia. Para Moura (2014, p. 77), “a fibra sem tratamento apresentou melhor superfície de contato, influenciando positivamente no aumento da resistência a tração, nos compósitos [...]. A autora ainda destaca, que esses resultados apontam que o tratamento (com água quente) realizado na fibra, não favoreceu a interação fibra-matriz.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise comparativa entre os concretos convencional e a fibra de coco, o estudo demonstrou que:

A resistência do concreto convencional a compressão axial sofreu uma redução, tendo em vista que dentro do contexto explorado as fibras apresentaram o aumento da resistência à flexão, tração, cisalhamento e resiliência, efeitos esses comprovados em trabalhos desenvolvidos anteriormente.

Na micrografia das fibras de coco, tratadas com água quente para a retirada do tanino, revelou que parte das impurezas da camada superficial das fibras vegetal foi removida, gerando uma rugosidade superficial natural das fibras, que, por conseguinte, favoreceu a adesão as matrizes cimentícias.

Todos os comprimentos de fibra coco testados diminuem a resistência à compressão em relação ao concreto de referência. No entanto, dentre os comprimentos investigados e tipos de curas realizadas, pode-se afirmar que a argamassa com adição de fibras de comprimento 25,0 mm obteve melhor desempenho na cura a seco que a de 50 mm. Com relação a esse aspecto, verificou-se que o tipo de cura do concreto pode influenciar no comprimento da fibra, alterando consequentemente o resultado final. Entretanto, é importante evocar, que a maneira como se produz a fibra pode influenciar suas propriedades.

Por fim, todos os comprimentos de fibras testados diminuíram a resistência à compressão em relação à argamassa de referência. Não obstante, dentre os comprimentos testados, pode-se afirmar que a argamassa com adição de fibras de coco de 25,0 mm de comprimento, obteve melhor desempenho na idade testada.

Depreende-se, a partir dos resultados apresentados, que o reaproveitamento de resíduos vegetais descartados, como a fibra de coco na natureza, além de colaborar para promoção da sustentabilidade, pode apresentar grande potencial para reforço nos materiais de construção. Porém, acreditamos que para mensuração do comprimento ideal e um bom desempenho final, faz-se necessário a realização de novos ensaios com comprimentos diferenciados.

REFERÊNCIAS

AMARAL JÚNIOR, Josué Coelho do. **Avaliação da influência da adição de fibras poliméricas nas propriedades térmicas e mecânicas do concreto**. Belo Horizonte, 2016. 101 f. Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: http://www.posmat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Josu%C3%A9_Amaral.pdf. Acesso em: 14 abr. 2019.

ALI, Majid.; LI, Xiaoyang.; CHOUW, Nawawi. Experimental investigations on bond strength between coconut fibre and concrete, **Materials and Design**, v. 44, p. 596-605, 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/17539231/Experimental_investigations_on_bond_strength_between_coconut_fibre_and_concrete. Acesso em: 14 abr. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/261967544/NBR-5738-2015-Procedimentos-Para-Moldagem-e-Cura-de-Corpos-de-Prova>. Acesso em: 29 out. 2018.

_____. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: <https://rotaacessivel.com.br/files/200000331-8d02e8df9a/Projeto%20de%20estruturas%20de%20concreto.pdf>. Acesso em: 29 out. 2018.

_____. NBR 7222. **Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=87151>. Acesso em: 29 out. 2018.

_____. NBR 7211. 3ª ed. **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Disponível em: <http://areiaovitoria.com.br/download/nbr%207211.pdf>. Acesso em: 29 out. 2018.

_____. NBR-7215. **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR%207215%20-.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2018.

_____. NBR 5739. **Concreto - Ensaio de Compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1994. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=398444>. Acesso em: 29 dez. 2018.

BONATO, Marcelle Maia, *et al.* **Argamassas fotocatalíticas e concretos com adição de fibras de coco e sisal para a redução de impactos ambientais de gases poluentes.** Relatório Técnico de Pesquisa, LACTEC/COELBA/ANEEL, Curitiba, PR, 2013.

FIGUEIREDO, Antonio Domingues de. **Concreto reforçado com fibras.** São Paulo, 2011. 248 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-18052012-112833/publico/TeseLivreDocenciaAntonioFigueiredo2011.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 jul. 2019.

LE MOS, Alexandre Moraes.; FREN DENBERG, Flávia Cristina. Estudo da utilização de fibra de coco em vigas de concreto. **Engineering Sciences**, v. 7, n. 2, 2019. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2019.002.0001/1552>. Acesso em: 30 jul. 2019.

LI, Zhijian.; WANG, Lijing.; WANG, Xungai. Flexural characteristics of coir fiber reinforced cementitious composites. **Fibers and Polymers**, v.7, p.286-294, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02875686>. Acesso em: 13 jun. 2019.

MARINELLI, Alesandra L. et al. Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, 2008; 18(2):92-9. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282008000200005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 30 jul. 2019.

MOURA, Adriana da Silva. **Estudo Comparativo das Propriedades Mecânicas e Térmicas entre Compósitos de PHB (polihidroxibutirato) Reforçados com Casca de Arroz ou Fibra de Coco.** Brasília, 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Integridade de Materiais) - Universidade de Brasília, DF, 2014. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16139/1/2014_AdrinaSilvaMoura.pdf. Acesso em: 22 jul. de 2019.

RODRIGUES JUNIOR, José Fernando. **Pesquisa Experimental.** Disponível em: http://www.escriitacientifica.sc.usp.br/wp-content/uploads/MPCC_5_DataAnalysis06-PesquisaExperimental.pdf. Acesso em: 22 jul. de 2019.

SALVADOR, Renan Pícolo. **Análise comparativa de métodos de ensaio para caracterização do comportamento mecânico de concreto reforçado com fibras**. São Paulo, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-29072013-115851/publico/Dissertacao_RenanPSalvador_unprotected.pdf . Acesso em: 22 jul. de 2019.

SMITH, William. F.; HASHEMI, Javad. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 734 p.

SANTOS, Evelise Fonseca dos. **Efeitos de agentes de acoplamento em compósitos de polipropileno com fibras de coco**. Porto Alegre, 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13347/000637310.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 jul de 2019.

SILVA, Everton José, *et al.* Compósito cimentício com elevado teor de fibra de coco tratada: Propriedades físicas e durabilidade. **Matéria** (Rio J.) vol.23 no.3 Rio de Janeiro, 2018 Epub 18-Out-2018 -. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0499>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762018000300418&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 22 jul de 2019.

SILVA, Everton José, *et al.* Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil. **Ambiência Guarapuava** (PR) v.11 n.3 p. 669 - 683 Set./Dez. 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/Alba/Downloads/2555-18163-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Alba/Downloads/2555-18163-1-PB%20(1).pdf). Acesso em: 22 jul. de 2019.

SILVA, Everton José da *et al.* Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1268–1273, 2014 -. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1268-1273>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n12/a10v18n12.pdf>. Acesso em: 22 jul. de 2019.

SILVA, Graciana. O.; JERÔNIMO, Carlos Enrique. Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco. **Monografias Ambientais REMOA/UFSM**, v(10), nº 10, p. 2193 – 2208, OUT-DEZ 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/6935/pdf>. Acesso em: 22 jul. de 2019.

Recebido em 10/Ago/2019

Aprovado em 27/Nov/2019