

ANÁLISE TÉCNICA DO COMPORTAMENTO DA FIBRA DE COCO COMO ADIÇÃO NO CONCRETO

TECHNICAL ANALYSIS OF COCONUT FIBER BEHAVIOR AS A CONCRETE ADDITION

Antonio, Julia Bonin (1); Lara, Fábio Alexandre Rodrigues de (2); Souza, Julia de Paula (3); Cappelletti, Tathiane Tomaiolo (4); Amaral, Patrícia Tolaine do (5).

(1) Graduando em Engenharia Civil – EEP – email: juliabonin7@gmail.com

(2) Graduando em Engenharia Civil – EEP – email: fabiordlara@gmail.com

(3) Graduando em Engenharia Civil – EEP – email: juliapaulasouza@gmail.com

(4) Graduando em Engenharia Civil – EEP – email: tathy.cappelletti@hotmail.com

(5) Professora Mestre de Fundamentos do Concreto – EEP – email: engenheira.patricia@yahoo.com.br

Resumo

Atualmente, estudos buscam desenvolver tecnologias alternativas para combater impactos causados no meio ambiente pelos rejeitos da construção civil, assim como, melhorar as propriedades dos materiais que são usados em todos os setores da engenharia. Levando em consideração o concreto como sendo o segundo material mais consumido no mundo, e a Engenharia Civil a principal responsável, tornou-se inevitável o estudo de alternativas mais ecológicas na utilização desse produto. As fibras de coco, também chamadas de coir, vêm sendo empregadas como adição ao concreto. São materiais orgânico-naturais, extraídos exclusivamente da fruta que provém do coqueiro comum, existindo em abundância, sendo renováveis e biodegradáveis. Além das outras centenas de artigos provenientes do coco, a fibra é aquela retirada do mesocorpo, logo abaixo da casca, possuindo comprimento variado de 5 a 50 cm, com diâmetro entre 0,5 e 0,6 mm. Com o objetivo de entender mais sobre o comportamento desse material como uma solução para a sustentabilidade, este trabalho se dedicou a testar e analisar o funcionamento e a trabalhabilidade das fibras de coco dentro do concreto. Para avaliação, foram testados porcentagens distintas de fibra de coco, 2%, 5% e 8%, sendo utilizados 3 unidades de cada amostragem em relação à compressão, totalizando 40 espécimes, com intervalos de 7, 14 e 28 dias e avaliadas quanto à absorção de água após 14 dias submersas. Todo o trabalho foi realizado com objetivo de fazer um comparativo ao concreto convencional e realizando cura úmida a vapor.

Palavra-Chave: Fibra de coco; Concreto sustentável; Concreto convencional; Concreto ecológico; Coir.

Abstract

Currently, studies have been developing technologies that seek alternatives to combat impacts caused to the environment by waste from construction as well as to improve the properties of materials that are used in all engineering sectors. Taking concrete into account as the second most consumed material in the world, and Civil Engineering being the main responsible for this position, it became inevitable the study of greener alternatives in the use of this product. As an alternative, coconut fibers, also called coir, have been used as an addition to concrete. They are organic-natural materials, extracted exclusively from the fruit that comes from the common coconut, existing in abundance, being renewable and biodegradable. In addition to the other hundreds of articles from the coconut, the fiber is that removed from the mesocorpo, just below the shell, having a length varying from 5 to 50 cm, with a diameter between 0.5 and 0.6 mm. With the objective of understanding more about the behavior of this material as a solution for sustainability, this work was dedicated to test and analyze the functioning and the workability of the coconut fibers inside the concrete. For evaluation, 4 traits were tested with different percentages of coconut fiber, 0%, 2%, 5% and 8%. Three samples of each sample were tested in relation to the compression, totaling 40 specimens, with intervals of 7, 14 and 28 days and evaluated for water absorption after 14 days of submersion. All the work was carried out with the objective to make a comparison with the conventional concrete and performing wet steam cure.

Keywords: Coconut fiber; Sustainable concrete; Conventional concrete; Ecological concrete; Coir.

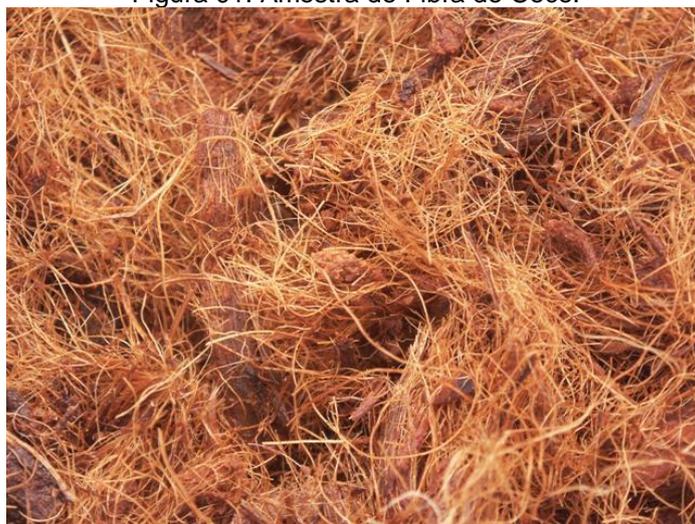
1. INTRODUÇÃO

O homem sempre buscou utilizar os recursos naturais encontrados na natureza, transformando-os, assim, segundo as suas necessidades. Entretanto, têm-se utilizado esses recursos sem consciência, de forma devastadora e provocando alterações no meio ambiente.

Dentre as atividades que o homem exerce sobre a terra, a construção civil é uma das que mais polui e que mais explora recursos minerais, hídricos e vegetais. Devido a toda essa preocupação de preservar o planeta é que os profissionais relacionados a esse setor começaram a desenvolver estudos de construção sustentável e materiais alternativos e, dentre esses, está a utilização de fibras vegetais.

Na construção civil, um material muito utilizado é o concreto. Uma das propriedades mais características e importantes do concreto é a sua resistência à compressão. Apesar das vantagens do concreto como material de construção, o mesmo possui também algumas desvantagens. Tais desvantagens podem ser: é um material frágil, quebradiço, com uma baixa resistência à tração e uma baixa capacidade de alongamento na tração. Muitas pesquisas têm sido estudadas em busca de melhorar essas propriedades nos concretos. Dentre estas pesquisas, está a de adição de fibras naturais, como a de coco, que constitui uma boa alternativa para uso como elemento de reforço de matrizes frágeis, devido à sua abundância, baixo custo e consumo de energia para sua produção.

Figura 01. Amostra de Fibra de Coco.



Fonte: Cohibra (2013)

Atualmente, tem-se também como desafio a necessidade de se obter materiais de construção com baixo consumo de energia, duráveis e ecológicos, capazes de satisfazer a necessidade de infraestrutura da população, sobretudo nos países em desenvolvimento (SWAMY, 2000). No caso dos países em desenvolvimento, em que a escassez de habitações e de edifícios para fins públicos, comerciais e industriais é bem maior, a aplicação desses resíduos, pode contribuir para acelerar a produção de edificações com desempenho adequado.

Desta forma, tem-se buscado nos resíduos gerados pela agroindústria importantes fontes de matéria prima para a produção de componentes construtivos, dependendo das quantidades disponíveis e da dispersão geográfica. Contudo, o aproveitamento desses resíduos depende principalmente das características intrínsecas das plantas, e do processo para a sua obtenção. No caso de plantas fibrosas, por exemplo, tem-se como pontos importantes a porcentagem de fibra existente na parte explorada (folha, caule ou fruto) e o método utilizado no desfibramento.

Um esforço considerável tem sido dirigido para a aplicação de fibras vegetais, como a de coco, em substituição a outras fibras, por causa da disponibilidade, baixo custo e baixo consumo de energia. Entretanto, peças fabricadas com matriz de cimento e reforçadas com fibras de coco apresentaram fragilização e perda de ductilidade após seis

meses de exposição em clima tropical (GRAM, 1983; BERHANE, 1994). Essa redução de vida útil está associada com a deterioração e enfraquecimento da fibra causado por uma combinação de diversos fenômenos, como ataque alcalino na fibra, mineralização devido à migração de produtos de hidratação do cimento para seu interior e variação volumétrica da fibra devido à alta absorção de água.

Algumas medidas têm sido estudadas para minimizar a degradação da fibra vegetal em matrizes a base de cimento, aumentando a durabilidade destes compósitos como: (i) proteção superficial da fibra; (ii) utilização de cimentos de baixa alcalinidade; (iii) desenvolvimento de uma matriz de elevado desempenho (elevada resistência e baixa permeabilidade); e (iv) redução da alcalinidade e do teor de hidróxido de cálcio livre da matriz.

A substituição total do cimento portland comum por um aglomerante de baixa alcalinidade produzido, sem clínquer, a partir de escória de alto forno ativada com sulfato de cálcio, visando minimizar o ataque alcalino às fibras na matriz de cimento também se apresenta como uma alternativa, como o estudo desenvolvido por SAVASTANO *et al* (2002).

Como objetivo deste trabalho, os testes realizados servem para justificar o uso de fibras vegetais como adição, em vista das possíveis melhorias que podem acarretar ao concreto convencional.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com traços utilizando cimento Portland CP-V - Holcim, Sílica ativa - Elken, Aditivo superplastificante (baseado na tecnologia de polímeros policarboxilatos (PCE), areia BMRC – Mineradora e fibras de coco.

Para fazer a análise do comportamento da fibra de coco como adição no concreto, foram realizados 4 traços, sendo o primeiro chamado de base, composto de cimento, sílica, água deionizada, areia e superplastificante; o segundo com adição de 2% de fibra de coco; o terceiro com 5% de fibra e o último com 8%.

2.1. Características dos Materiais

2.1.1. Agregados

Utilizou-se agregado miúdo natural sendo uma areia quartzosa lavada da BMRC Mineradora adquirida no mercado local de Piracicaba/SP, empregando-se a fração passante na peneira de malha #0,50 mm.

As fibras naturais, adicionadas como elemento de reforço, foram provenientes de Salto Grande – SP, tendo como base os dados técnicos da Tabela 1 por Oliveira (2007) e Savastino Jr.(2000) (em vista da não existência de informações suficientes diretamente com o fornecedor escolhido), sendo adotadas fibras de todos os tamanhos, sem ter sido feito nenhuma padronização do tamanho delas. Também não foram submetidas a nenhum tratamento químico previamente.

Tabela 01: Propriedades físicas e mecânicas da fibra de coco

Propriedades Coco	Massa específica (kg/m ³)	Absorção máxima (%)	Alongamento na ruptura (mm)	Resistência à tração (MPa)	Modulo Elasticidade (GPa)
Oliveira (2007)	1200	93,8	21,0	142	-
Savastano Jr. (1997)	1177	93,8	23,9 a 51,4	95 a 118	2,8

Fonte: Savastino Jr., 2000 e Oliveira,2007

2.1.2. Aglomerantes

O cimento utilizado foi o CP-V HOLCIM – possui alta resistência inicial e final e oferece maior plasticidade e a sílica ativa que tem o objetivo de dar resistência, fluidez e durabilidade ao concreto. Além disso, ela ajuda o projeto a tornar-se ecologicamente correto, por ser um produto que seria descartado no meio ambiente.

2.1.3. Aditivos

Para o desenvolvimento deste artigo foi utilizado um tipo de aditivo superplastificante baseado na tecnologia de polímeros policarboxilatos (PCE) com teor de 1% em relação à massa de cimento.

Tabela 02: Massa específica dos materiais utilizados no artigo

Material	Identificação/Tipo/Marca	Procedência/Fabricante	Massa específica (g/cm ³)
Água	-	-	1,000
Adição	Microsílica 920U	Elken	2,200
Aditivo	ADVA Flow 880	GCP	1,100
Agregado 01	Areia quartzosa	BMRC	2,650
Agregado 02	Fibra de Coco	Plantei	1,200
Cimento	CP V - HOLCIM - Ultra Rápido	Holcim	3,120

Fonte: dos autores (2019)

2.2. Metodologia e Procedimento

1ª Etapa

Após a coleta de dados da pesquisa bibliográfica (consultas a monografias, dissertações, teses e normas), foi definido o traço base utilizado para todos os testes, com a dosagem exata de cada componente e então iniciou-se o processo para determinação das porcentagens de fibra de coco em relação a massa de cimento, realizando um teste o qual adicionou-se fibra ao traço base até a sua saturação, ou seja, até o ponto em que se perdia a trabalhabilidade. Esse ponto foi atingido com volume de 5,926% em relação a massa total. A partir disso, adotou-se outros dois valores intermediários, sendo 3,778% e 1,550%. Todos os materiais foram devidamente separados e pesados em balança de precisão com 0,001 gramas.

Optou-se por não fazer a substituição da areia pela fibra, pois o objetivo do trabalho era verificar o comportamento da fibra como adição, e não substituição, assim seria possível obter a melhor dosagem com melhor aproveitamento da adição.

2ª Etapa

Definidos os traços, iniciaram-se os testes misturando a fibra na proporção correta ao traço base, feito por meio de misturador mecânico dentro de um tacho de inox por cerca de 5 minutos. Quando verificado que o composto estava uma massa homogênea e na condição desejada, iniciou-se a moldagem dos corpos de prova cilíndricos de 50 x 100mm, que já estavam preparados com desmoldante específico, realizando, assim, a moldagem de 10 unidades para cada traço, sendo 3 rompidos após 7 dias, 3 após 14 dias e 3 aos 28 dias e 1 para teste de absorção de água.

3ª Etapa

No dia seguinte, desmoldaram-se os corpos de prova da maneira como indica a NBR 5738, e foram submetidos à cura em câmara úmida a 26°C +/- 5°C e umidade acima de 95% durante todo o período antecedente à ruptura.

Após o tempo de cura, foi iniciado o processo de capeamento do material para uniformizar as superfícies de contato das peças com as placas da prensa, para receber as cargas do ensaio de compressão.

O corpo de prova que foi submetido ao teste de absorção de água seguiu o mesmo processo de cura úmida, porém foi aferido seu peso logo após sair da câmara, e colocado em seguida na estufa por 24h à 100°C para total secagem, sendo aferido seu peso novamente. Após, submergiu-se o corpo de prova em água da rede pluvial por 14 dias e por fim mediu-se seu peso. Assim, obteve-se 3 valores distintos referentes ao peso.

4ª Etapa

Para dar início aos ensaios foram feitas várias análises de conformidade das peças, com a finalidade de avaliar se os mesmos cumpriam a norma NBR 5739 e NBR 5738, que visa garantir a boa qualidade das peças de concreto. Para isso foram medidas as dimensões e feita a inspeção visual. Todos os testes de resistência à compressão foram realizados na prensa da Solotest com capacidade de 100 toneladas. Os rompimentos foram seguidos conforme a norma vigente da ABNT NBR 5739/2018.

2.3. Programa Experimental

A função das fibras descontínuas, distribuídas aleatoriamente no concreto, é a de melhorar as propriedades desse material e de atravessar as fissuras, que se formam no mesmo, seja quando sob a ação de cargas externas ou quando sujeito a mudança na temperatura ou na umidade do meio ambiente. Esse trabalho teve como objetivo estudar a utilização de fibras de coco na confecção de concreto, visando os comportamentos mecânicos do compósito, afim de se obter materiais alternativos visando aplicações ecologicamente sustentáveis, permitindo realizar teste para um comparativo em relação ao concreto convencional. Todos os ensaios foram realizados na Escola de Engenharia Civil (FUMEP/EEP) no Laboratório de Construção Civil.

Foram realizados 4 traços conforme a Tabela 03;

Traço Referência					
Cimento	Água	Superplastificante	Sílica	Areia Fina	Fibra de Coco
Volume (cm ³)					
320,513	200,000	9,091	113,636	415,094	0,000
% Volume					
30,285	18,898	0,859	10,737	39,221	0,000
Traço Saturado					
Cimento	Água	Superplastificante	Sílica	Areia Fina	Fibra de Coco
Volume (cm ³)					
320,513	200,000	9,091	113,636	415,094	66,667
% Volume					
28,490	17,778	0,808	10,101	36,897	5,926
Traço Intermediário					
Cimento	Água	Superplastificante	Sílica	Areia Fina	Fibra de Coco
Volume (cm ³)					

320,513	200,000	9,091	113,636	415,094	41,667
% Volume					
29,138	18,182	0,826	10,331	37,736	3,788
Traço Mínimo					
Cimento	Água	Superplastificante	Sílica	Areia Fina	Fibra de Coco
Volume (cm ³)					
320,513	200,000	9,091	113,636	415,094	16,667
% Volume					
29,815	18,605	0,846	10,571	38,613	1,550

Tabela 03: Volume em porcentagem dos traços realizados.
Fonte: dos autores (2019)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resistência à Compressão

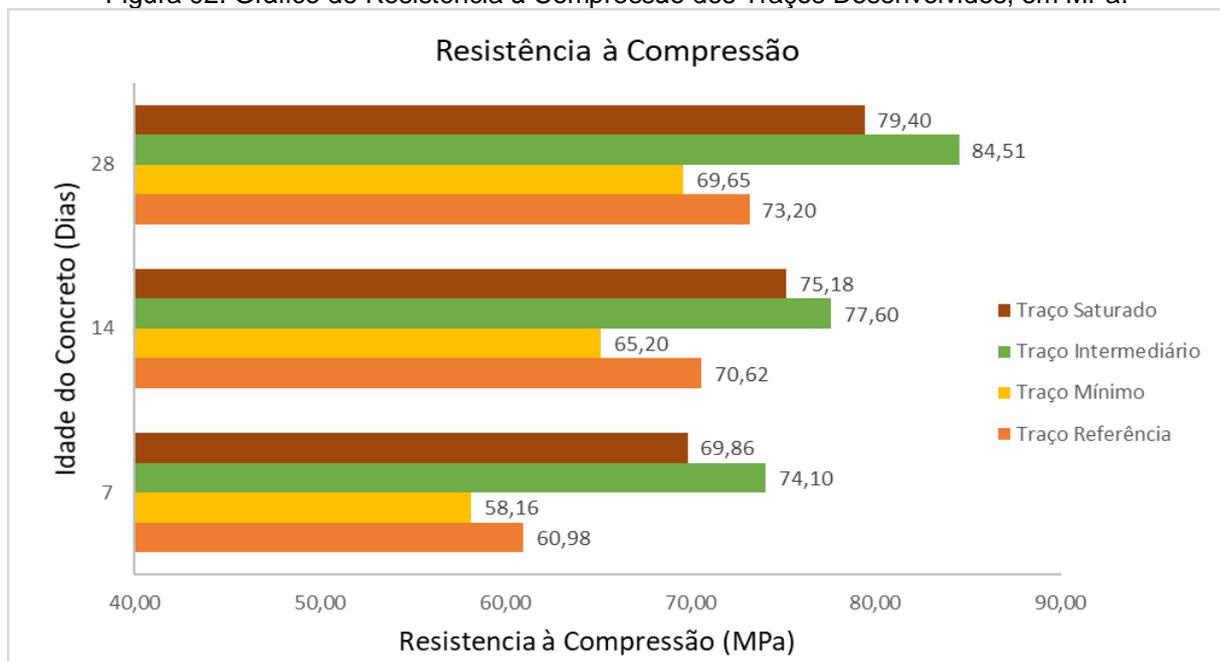
A seguir estão os dados referentes à resistência característica média de 03 corpos de prova para cada idade do traço referente. Os dados são dados em MPa.

Tabela 04. Resistência Característica à Compressão, Média em MPa

Resistencia à Compressão - Média em MPa			
	07 Dias	14 Dias	28 Dias
Traço Referência	60,98	70,62	73,20
Traço Mínimo	58,16	65,20	69,65
Traço Intermediário	74,10	77,60	84,51
Traço Saturado	69,86	75,18	79,40

Fonte: dos autores (2019)

Figura 02. Gráfico de Resistência à Compressão dos Traços Desenvolvidos, em MPa.



Fonte: dos autores (2019)

Como pode ser observado, quando realizada a comparação dos traços, o que continha 2% de fibra de coco teve sua resistência prejudicada em relação ao referencial. Entre o traço de 5 e 8%, a melhor opção seria o de 5%, pois além de resistir um pouco mais que o de 8%, a trabalhabilidade neste último ficou quase inexistente, portanto apenas uma resistência relativamente maior compensaria a utilização do traço com maior concentração de fibras.

Quando analisado o corpo de prova após o rompimento, ficou claro que as fibras de coco haviam se rompido, objetivo inicial do teste, pois havia a possibilidade de ocorrer o escorregamento devido à má aderência por conta de partículas de impurezas que poderiam conter no entorno da fibra. Também observou que as fibras estavam dispersas uniformemente em todos os traços e corpos de prova.

Após o rompimento, foi constatada que a perda de massa foi praticamente nula, em vista que com as fibras, os corpos de prova não rompiam com grande dispersão de energia, eles apenas fissuravam de forma branda, podendo ser uma propriedade vantajosa em certos tipos de aplicação.

3.2. Massa Específica Aparente

A massa específica aparente de cada traço desenvolvido está apresentada na Tabela 05 e exibida no gráfico da Figura 03.

Tabela 05. Massa Específica Aparente dos Traços produzidos.

Resultados 28 Dias Massa Especifica Aparente (g/cm³)	
Traço Referência	2,3760
Traço Mínimo	2,2991
Traço Intermediário	2,2843
Traço Saturado	2,2476

Fonte: dos autores (2019)

Figura 03. Gráfico da Massa Específica obtida em g/cm³.



Fonte: dos autores (2019)

3.3. Absorção de Água

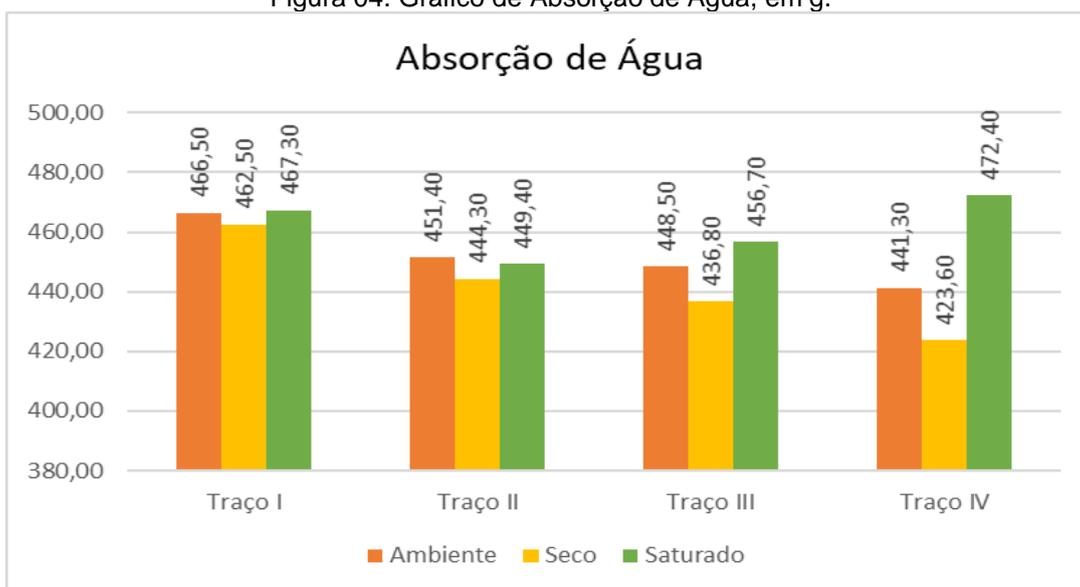
A absorção de água é definida como o ganho percentual de massa que tem a amostra, quando absorve o máximo de água. Para comparação e avaliação da propriedade na fibra de coco, observam-se as Tabelas 06 e 07 e Figuras 04 e 05.

Tabela 06. Absorção de Água, em gramas.

Absorção de Água – em gramas			
	Ambiente	Seco	Saturado
Traço Referência	466,50	462,50	467,30
Traço Mínimo	451,40	444,30	449,40
Traço Intermediário	448,50	436,80	456,70
Traço Saturado	441,30	423,60	472,40

Fonte: dos autores (2019)

Figura 04. Gráfico de Absorção de Água, em g.



Fonte: dos autores (2019)

Tabela 07. Absorção de Água, em porcentagem.

Resultados da absorção de água (%)
Traço I
1,0380
Traço II
1,1480
Traço III
2,4730
Traço IV
5,7190

Fonte: dos autores (2019)

Figura 05. Gráfico de Absorção de Água, em porcentagem.



Fonte: dos autores (2019)

4. CONCLUSÃO

Com a finalização do trabalho, conclui-se que houve o alcance do objetivo inicialmente proposto, visto que a adição de fibras de coco em corpos de prova de cimento resulta em um compósito com reforço satisfatório, resistência elevada em relação ao referencial sem fibras, gerando maior resistência ao impacto, maior capacidade de absorção de energia e maior qualidade na zona plástica da peça, melhorando a ductilidade no estado de pós-fissuração. Outro ponto de destaque foi a reduzida perda de massa gerada após o rompimento dos cp's, em vista de que a matriz não apresenta uma ruptura brusca.

Quando analisada a resistência à compressão, foi possível obter um aumento de até 15% com o traço de Intermediário de fibra em relação ao referencial, sem que se prejudicassem outras propriedades como trabalhabilidade, estética. Contudo, absorção de água teve um aumento de 2,4730%, resultado esperado devido à fibra de coco ser de origem orgânica, porém o que poderia ser prejudicial para uma estrutura que utilizasse a fibra de coco como adição.

Dessa forma, os resultados apontam uma possibilidade plausível no reaproveitamento da fibra residual da casca do coco em compósitos cimentícios que não necessitem de altas resistências à compressão.

É interessante ressaltar que o estudo das fibras vegetais, em especial a de coco, ainda está num estágio inicial, contudo, com base nos resultados obtidos neste trabalho e relacionados ao uso deste tipo de fibra, tem-se uma grande possibilidade de uso na produção de concretos e compósitos cimentícios.

Contudo, para que o uso da mesma se torne uma realidade, há a necessidade de mais estudos mecânicos para um perfeito conhecimento da influência deste tipo de fibras nas propriedades do concreto. Além disso, tem-se a necessidade de fornecer a esta fibra um aumento da sua durabilidade perante o meio alcalino.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 35: Agregados leves para concreto estrutural. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NM 52. Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5738 - Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018

FERRAZ, J. M. ***Produção e propriedades de fibra de coco verde (Cocos nucifera L.) em mistura com cimento Portland.*** Dissertação de mestrado - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2011.

FURTADO, C. F. C.; GADELHA, M. A. C. ***OS IMPACTOS AMBIENTAIS DO CONSUMO DO COCO VERDE NA PRAIA DO FUTURO EM FORTALEZA-CE.*** Faculdade Integrada da Grande Fortaleza, Ceará.

IDOETA, P. A. ***Indústria do coco cresce, mas alto desperdício gera desafio tecnológico.*** Revista eletrônica BBC BRASIL, São Paulo, 2014. SILVA, E.; MARQUES, M.; JUNIOR, C. F. ***APLICAÇÃO DE FIBRA DE COCO EM MATRIZES CIMENTÍCIAS.*** PIBIC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Bahia, 2012.

AGOPYAN, V; SAVASTANO JUNIOR, H. ***Fibras vegetais como materiais de construção.*** In: ISAIA, G. C. (editor) Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: Ibracon, 2007. 2v. 1721 p.

CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia. ***Utilização de fibras vegetais no fibro-cimento e no concreto-fibra.*** Rio de Janeiro: BNH-DEPEA, 1982, 72p.

TOLEDO FILHO, R. D. ***Materiais compósitos reforçados com fibras naturais: caracterização experimental.*** Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

Savastino Jr., H. ***Materiais à base de cimento reforçado com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção civil de baixo custo.*** São Paulo, 2000. 144p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.