






Received:
March 21, 2021

Accepted:
April 27, 2021

Published:
April 30, 2021

Analysis of Concrete Strength with Addition of Bamboo Fiber

Ana Paula Lages Nogueira¹ , Ana Letícia de Souza Ferreira¹ , Jéssica Fernanda Sousa Pinto¹  · Sarah Mendes de Oliveira¹  · Stênio Cavalier Cabral¹ 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil.

ana.lages@ufvjm.edu.br (Ana P.L. Nogueira) – Corresponding author.

leticia.ana@ufvjm.edu.br (Ana L.S. Ferreira)

jessica.pinto@ufvjm.edu.br (Jéssica F.S. Pinto)

sarah.mendes@ufvjm.edu.br (Sarah M. Oliveira)

stenio.cavalier@ufvjm.edu.br (Stênio C. Cabral)

Abstract

Currently, technological advances and the development of new construction methods are being directed towards the search for more sustainable materials, that is, research and studies are being developed in favor of the use of materials that have low energetic consumption, that are less polluting, that are accessible and economically viable, as well as have high mechanical performance. Bamboo is one of the materials that fits such conditions and, therefore, has been the object of study in civil construction. Therefore, the main purpose of this work is to analyze the behavior of the concrete with the addition of bamboo fibers, regarding the resistance of the material, and to compare the results obtained with conventional concrete. Three traces were performed, one for conventional concrete, one for concrete with the addition of 1% bamboo fiber and the last with the addition of 2% bamboo fiber, where the specimens were submitted to uniaxial compression and diametrical compression resistance tests on the 7th, 14th and 28th day of the concrete curing time. The results showed an increase in the tensile strength of concrete with the addition of bamboo fiber in relation to conventional concrete, in all the days in which the tests were performed, but there was little difference between the traces of conventional concrete, with 1% and 2% of fiber in relation to compressive strength.

Keywords: Sustainable Concrete, Bamboo Fiber, Tensile Strength, Compressive Strength.

1. Introdução

Inúmeros são os materiais utilizados como componentes construtivos no ramo da Construção Civil. O concreto, o aço e a madeira, por exemplo, são materiais usados em grande escala e, dentre eles, o concreto é a opção mais escolhida devido às suas características intrínsecas, como a resistência à compressão, a trabalhabilidade, a simplicidade de execução e a durabilidade. As técnicas construtivas convencionais demandam uma elevada retirada dos materiais que compõem o concreto do meio e requer grande consumo de energia durante o processo de preparo. Tal fato vem sendo alvo de preocupação de uma parcela da população e pesquisadores a nível mundial, com isso, investir em materiais renováveis que colaboram com a sustentabilidade, a redução do consumo energético, a redução da poluição e que

tenham baixo custo de obtenção, se torna muito interessante, visto que minimizam o impacto ambiental.

Dessa forma, a utilização do concreto com adição de fibras de bambu vem ganhando espaço por apresentar resultados satisfatórios em termos de resistência e custo, quando são oferecidas as condições físicas e mecânicas adequadas.

A incorporação das fibras à mistura do concreto permite vantagens que se destacam, principalmente, por atribuir ao material resistência à tração, melhoria da tenacidade, resistência à fadiga e por obter melhores resultados quanto à ductilidade. Atualmente, pesquisas a respeito desse tema são muito desenvolvidas com o intuito de contribuir com a melhoria das características do concreto, bem como com a transformação do

sistema convencional da construção (Jacoski et al., 2014).

Segundo Jacoski et al. (2014), por conseguirem conter a propagação de fissuras no processo de endurecimento do concreto, as fibras são eficientes no aumento da resistência à tração tanto axial como da resistência à tração na flexão. As fibras também têm efeito sobre as propriedades dinâmicas do concreto e apresentam melhorias sob a ação de cargas de impacto. Portanto, diante de tantos benefícios, a adição das fibras fortalece a ideia de se chegar ao máximo de eficiência do concreto sem, necessariamente, depender de aço convencional.

Dentre as diversas opções de materiais fibrosos, a fibra de bambu é uma das mais viáveis para realizar as adições convencionais. Isto porque o bambu é leve e pode apresentar características notáveis para o concreto, sendo eles a resistência mecânica, o baixo custo e a facilidade de aquisição na natureza. Outro ponto positivo é o fato de o bambu ser um material natural e renovável, ou seja, não degrada o meio ambiente, o que contribui diretamente com a sustentabilidade, um dos propósitos da engenharia atual.

Na construção civil, o uso das fibras de bambu ainda é pequeno, porém considerando os resultados obtidos ao longo dos anos e o progresso da tecnologia de processamento, tratamento e produção, a sua utilização atinge um potencial imenso. Frente a isto, o presente trabalho busca fazer uma análise sobre a resistência do concreto que tem em sua composição a adição de fibras de bambu. Para a compreensão de tal característica desta mistura foi realizada a confecção de corpos de prova cilíndricos submetidos a ensaios de compressão e ensaios de caracterização do material, de acordo com as normas técnicas vigentes.

2. Revisão bibliográfica

O concreto é um material de ampla utilização na construção civil devido às suas características construtivas vantajosas. Sobretudo, ele é um material cuja composição é simples e formada somente pela junção do aglomerante, dos agregados, da água e, eventualmente, são utilizados os aditivos na mistura.

Para obter-se o concreto é necessário que se junte o cimento, geralmente o Portland, com água, afim de que se forme uma pasta, que envolve as partículas de agregados (miúdos e graúdos),

moldável nas primeiras horas de fabricação. A alta resistência mecânica é obtida com o passar do tempo, pela reação da água com o cimento (Helene et al., 2010).

Assim como o cimento, os demais materiais que compõem o concreto são de suma importância para a qualidade deste como, por exemplo, os agregados. Agregados são considerados materiais inertes, podendo ser divididos em agregados miúdos e graúdos. O que difere esses materiais é o tamanho de suas partículas, sendo o de partículas inferiores a 4,8mm o agregado graúdo e o superior a esse valor, agregado graúdo. (Moraes et al., 2015).

Dentre os agregados miúdos estão o pedregulho fino, o pedrisco grosso, o médio e o fino, a areia grossa, a média e a fina, de dimensões nominais entre 4,8mm e 0,075mm. (ABNT NBR 7225). Estes agregados desempenham uma função fundamental nas argamassas e nos concretos, no sentido econômico e técnico, aumentando a resistência à retração e o aumento da resistência ao desgaste. Esse fato dá-se pelas características físico mecânicas que estes agregados apresentam, principalmente quando a forma e a textura superficial (Moraes et al., 2015).

Os agregados graúdos são definidos pela NBR 7225 como sendo o material granular com pelo ou menos 95% em massa retidos na peneira com abertura de malha de 4,75mm (Hawlitschek *apud* NBR 9935; NBR 2005). Dentre os agregados graúdos pode-se citar a pedra britada, pedregulho ou pedregulho grosso, muito grosso ou médio, como dimensões entre 100mm e 4,8mm.

Os agregados graúdos possuem a função principal de incorporar volume à mistura do concreto de forma a diminuir o consumo da pasta de cimento, observando-se as dosagens de concreto para que as características desejadas sejam atingidas (Moraes et al., 2015). Além dos agregados, que têm por finalidade melhorarem as características do concreto, pode-se adicionar ainda os aditivos.

O uso dos aditivos no concreto está condicionado ao desempenho deste material, suas características e seu comportamento quando implementados na mistura. Os aditivos estão cada vez sendo mais adotados como aliados ao concreto. Eles são geralmente explorados comercialmente pelos fabricantes especializados, cujo catálogos contêm informações detalhadas sobre sua melhor utilização (Piernas, 2002 *apud* Franczak e Prevedello, 2012).

O concreto é considerado o material mais utilizado na construção civil atualmente, sendo o convencional o mais comum. Esse fato pode ser explicado devido seu baixo custo e a facilidade de ser moldado de acordo com cada aplicação. Apesar de sua alta aplicabilidade e seu baixo custo, esse composto possui diversas deficiências como, por exemplo, a baixa ductibilidade, a permeabilidade em determinados ambientes e a dificuldade de ocupar peças esbeltas com muitas amarrações (Figueiredo, 2011 *apud* Braz e Nascimento, 2015).

Uma deficiência do concreto convencional que causa grandes problemas na construção civil é sua baixa resistência à tração, que se limita a cerca de 10% de sua resistência à compressão. Sendo assim, para sanar essa deficiência são adotadas as fibras como alternativa para melhorar o desempenho do concreto (Góis, 2010 *apud* Braz e Nascimento, 2015).

A taxa de fibra utilizado no concreto é determinado de acordo com a quantidade de argamassa utilizado na mistura, que neste caso deve ser maior que no concreto convencional, visto que as fibras ficam aderidas ao concreto. O teor de fibra está diretamente relacionado ao teor de argamassa, ou seja, quanto maior for o teor de fibra, maior deverá ser o teor de argamassa. Ocorrerá um aumento no teor de água, também, visto que maior será a área para ser molhada, afim de se obter o mesmo abatimento do cone do concreto (Figueiredo, 2005 *apud* Moscatelli, 2011).

As fibras tem por finalidade melhorar as características mecânicas do concreto, atuando no processo de transferência de tensão da matriz para as fibras, elas atuam também como pontes de transferência de tensão da matriz fissurada, quando há um elevado carregamento (Sant’ana, 2005).

As tensões originadas no interior do concreto se propagam e quando o concreto é o simples convencional há a presença de fissuras. As fibras funcionam como uma barreira que impedem a propagação destas. Sem a presença das fibras a fissura contorna o concreto podendo chegar ao rompimento da peça de concreto (Braz e Nascimento, 2015). As Figuras (1) e (2) demonstram o caso apresentado anteriormente.

O Concreto Reforçado com Fibras – CRF pode ser utilizado em pavimentos rígidos, pisos industriais, concreto projetado em túneis, contenção de encostas, reforço estrutural, etc., ou seja, a fibra deve possuir um bom desempenho para auxiliar na resistência do concreto (Barbosa et al., 2020).

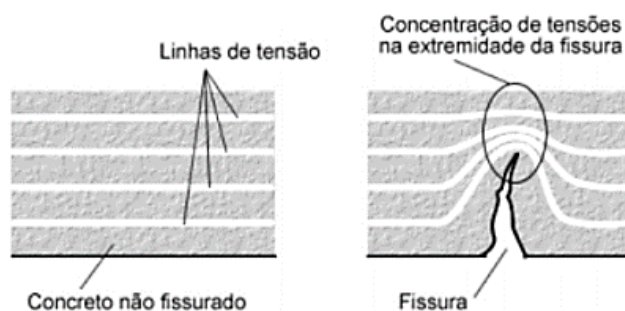


Figura 1 – Esquema da concentração de tensões para concreto sem reforço de fibras (Barros, 2009).

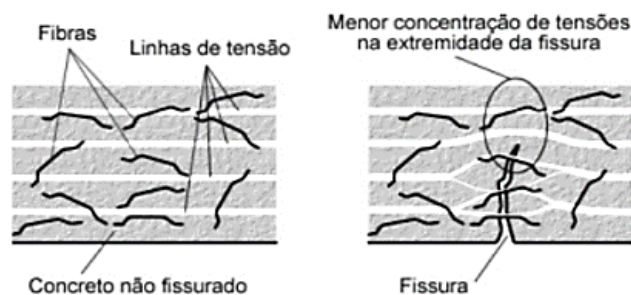


Figura 2 – Esquema da concentração de tensões para concreto com reforço de fibras (Barros, 2009).

Segundo Borges (2017), as fibras naturais são normalmente menos resistentes que as fibras artificiais, logo, a utilização de fibras vegetais em materiais compósitos tem como objetivo principal torná-lo mais econômico e sustentável. Entretanto, quando comparadas algumas fibras vegetais com as fibras de polipropileno, por exemplo, as propriedades mecânicas das fibras vegetais podem ser superiores.

As fibras naturais apresentam uma série de vantagens sobre as fibras artificiais, sendo elas: baixa densidade, baixo custo, são encontradas em abundância na natureza, são biodegradáveis e, normalmente, não são prejudiciais à saúde. Entretanto, o seu uso em matrizes cimentícias tem apresentado baixa durabilidade devido ao efeito da alcalinidade presente nas misturas com cimentos (Cunha, 2019).

O bambu é de modo geral constituído por, aproximadamente, 40% de fibras, 50% de células parenquimosas e 10% de vasos, a sua estrutura é constituída, a grosso modo, de fibras longas e alinhadas de celulose imersas em uma matriz de lignina. As fibras se concentram mais próximas da casca para que o material possa resistir as cargas do vento, que são as solicitações mais constantes durante a vida do bambu na natureza (Ghavami; Marinho, 2005).

As fibras de bambu possuem boas propriedades mecânicas em comparação com outras

fibras de alto desempenho, como fibras de vidro e carbono, além de vantagens como baixo custo, baixa densidade, recicláveis, biodegradáveis, antibactericidas, anti-UV e antiestáticas (Carraro, 2018).

A composição química e as propriedades mecânicas das fibras de bambu, fundamentais para seu desempenho em um compósito, estão apresentadas na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 – Composição química e propriedades mecânicas das fibras de bambu (Liu et al., 2012, adaptado)

Fibra	Bambu
Densidade (kg/m ³)	0,6 -0,8
Ângulo das microfibrilas	2 - 10
Celulose (%)	60,80
Lignina (%)	32,20
Tração (MPa)	140 - 180
Alongamento na ruptura (%)	1,3
Módulo de Elasticidade (GPa)	11 - 30

No Brasil existe a maior diversidade de espécies de bambus dentre todos os países das Américas, possuindo cerca de 230 espécies de 34 gêneros e dentre estas, 75% ou 174 são endêmicas sendo que algumas ainda não foram formalmente descritas (Manhães, 2008; Oliveira, 2013).

Vários estudos apontam a viabilidade técnica e econômica para o uso do bambu, ou até mesmo a substituição como material alternativo em alguns segmentos da construção, o bambu também é um material renovável e não poluente, pois este sequestra dióxido de carbono (CO₂) e libera oxigênio (O₂) na atmosfera, favorecendo a manutenção ambiental do planeta e sendo um produto potencialmente econômico e sustentável (Oliveira, 2013; Carvalho, 2007; Silva; Barbalho, 2018).

3. Metodologia

3.1. Materiais

Os materiais utilizados, exceto o bambu, foram fornecidos pela empresa Concrewolff Concretagem e Serviços Ltda., que também cedeu o espaço e os equipamentos para realização dos trabalhos.

- **Cimento**

O cimento utilizado no estudo é do tipo CP III 40 RS, Cimento Portland de Alto Forno (Resistente a Sulfatos). Ele se caracteriza por apresentar maior

impermeabilidade e durabilidade, além de baixo calor de hidratação.

- **Agregados**

Os agregados utilizados foram a areia média, a brita 0 e a brita 1.

- **Água**

- **Fibra de bambu**

A fibra de bambu foi adquirida em forma de palitos de dente, da marca Natural Produtos. Para realização dos trabalhos foi adquirido uma embalagem contendo 5000 unidades.

3.2. Metodologia

O trabalho foi dividido em três procedimentos, sendo o primeiro a confecção do concreto convencional; o segundo a confecção do concreto com adição de 1% de fibra de bambu; e o terceiro a confecção do concreto com adição de 2% de fibra de bambu.

Cada um desses procedimentos foi dividido nas seguintes atividades: separação dos materiais, determinação do teor de umidade, ensaio granulométrico, ensaio de *slump*, produção do concreto, moldagem dos corpos de prova, e ensaios de compressão uniaxial e diametral.

3.2.1. Preparação das fibras

Para a execução deste trabalho foram utilizados palitos dentais de bambu. Estes foram cortados com o auxílio de uma tesoura de poda, como mostra a Figura 3, adotando-se as seguintes dimensões para as fibras: 40 mm de comprimento, e diâmetro de aproximadamente 20 mm.



Figura 3 – Fibras antes e após o corte.

3.2.2. Separação dos materiais

A relação do traço em massa a ser utilizado foi de 1: 3: 0,65: 2,6: 0,64, representando respectivamente o cimento, areia, brita 0, brita 1 e

água. A Tabela 2 mostra as proporções de materiais utilizados em cada traço.

Tabela 2 - Proporção de cada material utilizado em cada traço.

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita 0(kg)	Brita 1(kg)	Água (l)	Fibra (kg)
Convencional	15	45	9,75	39	9,6	-
1% de fibra	15	45	9,75	39	9,6	0,15
2% de fibra	15	45	9,75	39	9,6	0,3

3.2.3. Determinação do teor de umidade da areia

O teor de umidade da areia foi calculado com a equação (E1).

$$h (\%) = \frac{M_a}{M_s} * 100 \quad (E1)$$

Onde h representa a umidade, Ma representa a massa da água e Ms representa a massa da areia seca.

Além disso, foram realizados os ensaios de análise granulométrico, conforme a NBR 6457 (ABNT,2016), e ensaio de abatimento de cone (*Slump*), conforme a NBR NM 67 (ABNT,1998).

3.2.4. Produção do concreto

Para a confecção do concreto foi realizado um traço de 15 MPa, com a seguinte relação 1: 3: 0,65: 2,60: 0,64 (cimento: areia: brita 0: brita 1: água). O concreto foi misturado com auxílio de uma betoneira com capacidade para 45 kg.

O primeiro concreto produzido foi o convencional, ou seja, sem adição de fibras. Esse foi confeccionado para servir como parâmetro de comparação. Posteriormente, foi realizado o segundo e terceiro traço, introduzindo 1 e 2% em massa de fibras simultaneamente. Em seguida, foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone.

3.2.5. Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram moldados em formas de $\varnothing 10 \times 20 \text{cm}$, conforme Figura (4), untadas com óleo para facilitar o desmolde.

Foram confeccionados 72 corpos de prova, sendo 24 para o concreto convencional, 24 para o concreto com a adição de 1% de fibra e 24 para o concreto com a adição de 2% de fibra. As

quantidades de corpos de prova moldados são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de corpos de prova.

Ensaio	Dia de cura	Concreto convencional	Concreto com adição de 1% de fibra	Concreto com adição de 2% de fibra
Compressão Uniaxial	7	4	4	4
	14	4	4	4
	28	4	4	4
Compressão Diametral	7	4	4	4
	14	4	4	4
	28	4	4	4
Totais por tipo de concreto		24	24	24



Figura 4 – Moldagem dos corpos de prova.

Após a moldagem os corpos de prova permaneceram em ambiente livre de ação de intempéries durante 24 horas. Posteriormente, estes foram identificados e colocados em um tanque contendo água para a devida cura, Figura (5), permanecendo neste local durante 28 dias. Os procedimentos de moldagem e cura foram realizados seguindo a NBR 5738/2015.



Figura 5 – Processo de cura dos corpos de prova.

Após o período de cura, os corpos de prova foram retificados e encaminhados para os testes de compressão.

3.2.6. Ensaio de compressão Uniaxial

Os corpos foram submetidos aos ensaios uniaxial e diametral em um tempo de cura do concreto de 7, 14 e 28 dias respectivamente. No sétimo dia de cura foi realizado a retificação dos corpos de provas, Figura (6).



Figura 6 – Retificação dos corpos de prova.

O ensaio de compressão uniaxial, Figura (7), e o cálculo da resistência à compressão, seguiram os procedimentos estabelecidos na NBR 5739/2018. A resistência à compressão uniaxial é calculada conforme a Equação (E2).

$$f_c = \frac{4F}{\pi * D^2} \quad (E2)$$

Sendo:

f_c – é a resistência à compressão, expressa em megapascals (MPa); F – é a força máxima alcançada, expressa em Newtons (N); D – é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).



Figura 7 – Ensaio de Compressão Uniaxial.

O ensaio de compressão diametral, Figura (8), e o cálculo da resistência à tração, seguiram os procedimentos estabelecidos na NBR 7222/1994. A resistência à tração por compressão diametral é calculada de acordo com a Equação (E3).

$$f_{t,D} = \frac{2F}{\pi * D * L} \quad (E3)$$

Sendo:

$f_{t,D}$ – é a resistência à tração por compressão diametral, expressa em MPa, com aproximação de 0,05MPa; F – é a carga máxima obtida no ensaio (N); D – é o diâmetro do corpo de prova (mm); L – é a altura do corpo de prova (mm).



Figura 8 – Ensaio de Compressão Diametral.

4. Resultados e discussão

4.1. Ensaio de umidade e teste granulométrico

Como a confecção dos concretos ocorreram em dias diferentes, os agregados utilizados eram diferentes. Então os ensaios de umidade e de granulometria foram realizados três vezes. As amostras 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente, as amostras do agregado miúdo utilizadas no concreto convencional, concreto com adição de 1% de fibra e do concreto com adição de 2% de fibra, conforme mostra Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de umidade para a areia.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Umidade	1,01%	5,26%	5,26%

Após o teste de umidade obteve-se 0,495 kg de areia seca para a amostra 1, 0,475 kg para a amostra 2, e 0,475 kg para a amostra 3. Esse

material foi passado nas peneiras e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 6.

O Figura (9) mostra as curvas granulométricas para as três amostras.

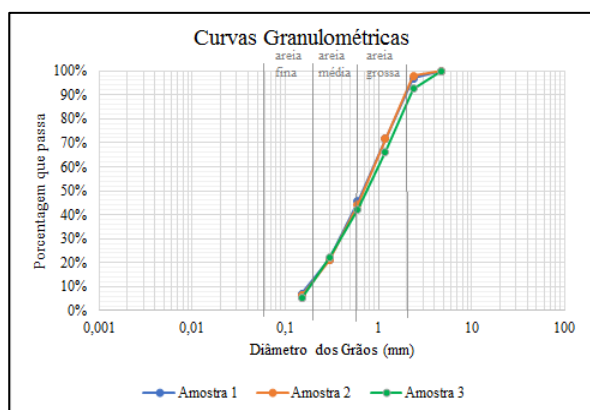


Figura 9 – Curvas Granulométricas.

Pela análise do Figura (9), é possível perceber que para a amostra 1 e 2 a maior parte do material ficou retido na peneira de 0,6 mm, já para a amostra 3 a maior parte do material ficou retido na peneira de 1,18 mm. Segundo NBR 6502/2005 as areias possuem diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 2 mm. Areia com grãos de diâmetros compreendidos entre 0,60 mm e 2,0 mm é considerada grossa, então podemos dizer que a areia utilizada para os procedimentos é uma areia grossa.

4.2. Ensaio de Slump

Os resultados para o ensaio de *slump* foram diferentes para cada traço executado, para o concreto convencional houve um abatimento de 140 mm, para o concreto com adição de 1% de fibra de bambu houve um abatimento de 70 mm, e para o concreto com adição de 2% de fibra de bambu houve um abatimento de 50 mm.

Comparando esses resultados é possível perceber que o concreto convencional teve um maior abatimento em relação aos outros e que o concreto com adição de 1% de fibra teve um abatimento maior do que o do concreto com 2% de fibra. Com isso, verifica-se que de acordo com que se aumenta a porcentagem de fibras no concreto, aumenta-se também a sua consistência.

4.3. Resistência à Compressão Uniaxial

O Figura (10) apresenta os valores médios de resistência à compressão uniaxial, obtidos para os três traços executados.

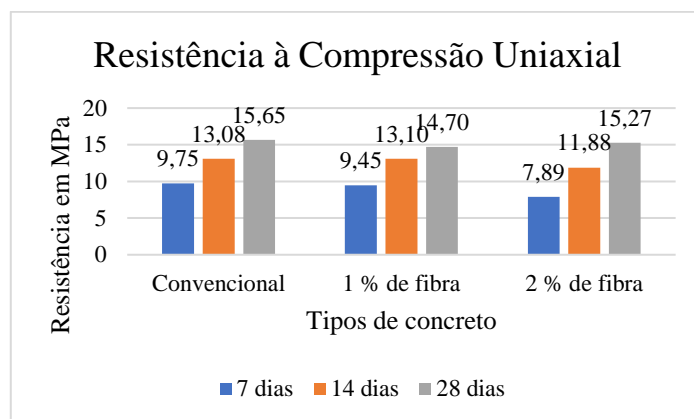


Figura 10 – Resistência à compressão uniaxial média para 7, 14 e 28 dias de cura de concretos.

Através dos valores médios de resistência à compressão obtidos nos ensaios, é possível observar que o valor de resistência foi crescente com o passar dos dias de cura, para os três traços. Nota-se que do 7º ao 28º dia houve um acréscimo de 60,51% na resistência do concreto convencional, um aumento de 55,55% para o concreto com adição de 1% de fibra, e um aumento de 93,54% para o concreto com adição de 2% de fibra de bambu. O concreto com 2% foi o que teve o maior aumento, quase dobrando a sua resistência, visto que para os 7 dias de cura a sua resistência foi mais baixa que para os outros concretos.

Ao observar o Figura (10), nota-se que não há uma diferença significativa nos resultados da compressão axial com a adição de fibras, embora tenha uma diminuição na resistência à compressão uniaxial do concreto a 7 dias com a adição de 2% de fibra em relação ao concreto com 1% e o convencional.

Auersvaldt et al (2019), observou em seu trabalho que a fibra de bambu causou uma diminuição na resistência de aproximadamente 9% em relação ao traço convencional. Já no trabalho de Cunha et al. (2017), que também utilizou uma adição de 2% de fibra de bambu sobre a massa do cimento, alcançou um aumento de aproximadamente 43% do concreto com a fibra em relação ao concreto convencional. O presente trabalho, causou uma diminuição de cerca de 2,5% do concreto com adição de 2% fibra de bambu em relação ao concreto convencional, e uma diminuição de 6,46% do concreto com adição de 1% de fibra de bambu em relação ao concreto convencional.

A Figura (11) mostra a comparação entre corpos de prova após submetidos ao ensaio de rompimento por compressão uniaxial. A primeira

imagem, da esquerda, é do concreto convencional, e a segunda imagem, da direita, é do concreto com fibra de bambu. Percebe-se que o concreto convencional, sem adição de fibras, após submetido a compressão uniaxial, ele rompeu de uma única vez. Já o concreto com adição de fibras de bambu, ao se romper, manteve-se conectado as fibras, fazendo com que ele tivesse mais fraturas. Isso se deve a aderência das fibras ao concreto, que fazem com que as fibras não se desprendam com facilidade do concreto.



Figura 11 – Corpos de prova sem fibra e com fibra após a compressão uniaxial.

4.4. Resistência à Tração por Compressão Diametral

O Figura (12) apresenta os valores médios de resistência à tração por compressão diametral, obtidos para os três traços executados

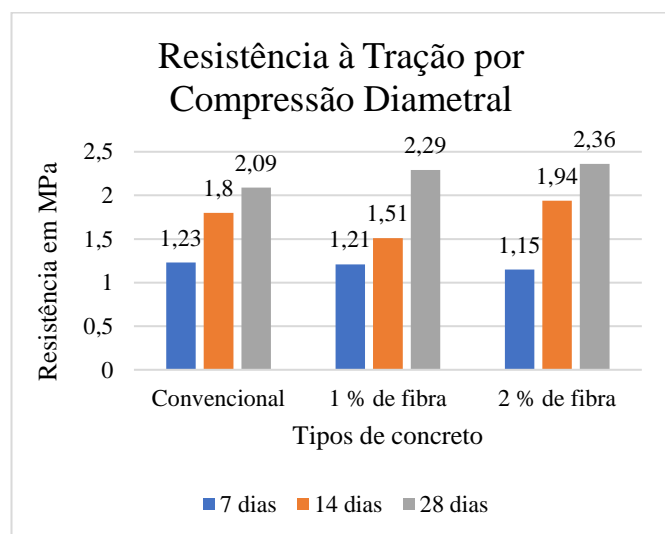


Figura 12 – Resistência à tração por compressão diametral média para 7, 14 e 28 dias de cura de concretos.

Através dos valores médios de resistência à tração obtidos nos ensaios, é possível observar que o valor de resistência foi crescente com o passar dos dias de cura, para os três traços. Nota-se que do 7° ao 28° dia houve um acréscimo de 69,92% na resistência do concreto convencional, um aumento de 89,26% para o concreto com adição de 1% de fibra, e um aumento de 105,22% para o concreto com adição de 2% de fibra de bambu. O concreto com 2% foi o que teve o maior aumento, mais que dobrando a sua resistência, visto que para os 28 dias de cura a sua resistência foi a maior.

No Figura (12), nota-se um aumento na resistência à tração por compressão diametral do concreto com a adição da fibra em relação ao concreto convencional que foi utilizado como base.

Auersvaldt et. al. (2019), obteve em seu trabalho um aumento de aproximadamente 7,38% na resistência da compressão diametral do concreto com a adição de fibra em relação ao concreto convencional.

No estudo em que compara a resistência das fibras de aço e de bambu, Cunha et al. (2017), obtiveram uma maior resistência à tração por compressão diametral nos concretos com a adição de fibras com relação ao concreto convencional utilizado como base. O aumento obtido com o uso da fibra de bambu foi de aproximadamente 114%.

No presente trabalho o aumento da resistência à tração por compressão diametral do concreto com a adição de 2% de fibra de bambu em relação ao concreto convencional foi de aproximadamente 12,92%. E para o concreto com adição de 1% de fibra nota-se um acréscimo de 9,57% em relação ao concreto convencional. Comparando os concretos com adição de fibra, nota-se que o concreto com adição de 2% de fibra teve um aumento de 3,06% em relação ao concreto com adição de 1% de fibra de bambu.

A Figura (13) mostra a comparação entre os corpos de prova após submetidos ao ensaio de rompimento por compressão diametral. A primeira imagem, da esquerda, é do concreto convencional, e a segunda imagem, da direita, é do concreto com fibra de bambu. Percebe-se que o concreto convencional, sem adição de fibras, após submetido a compressão diametral, ele rompeu de uma única vez. Já o concreto com adição de fibras de bambu, ao se romper, manteve-se conectado as fibras, fazendo com que ele tivesse mais fraturas. Isso se deve a aderência das fibras ao concreto, que fazem

com que as fibras não se desprendam com facilidade do concreto.



Figura 13 – Corpos de prova sem fibra e com fibra após a compressão diametral

A Figura (14) mostra a disposição das fibras no concreto rompido.



Figura 14 – Visualização das fibras o concreto rompido.

5. Conclusão

É de senso comum a importância da construção civil para o desenvolvimento socioeconômico a nível mundial, assim como a sua influência no meio ambiente. Como forma de amenizar os efeitos da produção em larga escala dos materiais construtivos convencionais, foram intensificadas as pesquisas e as investigações sobre novos materiais capazes de minimizar tais impactos e de melhorar o desempenho do concreto. Entre eles, a utilização de adição de fibras vegetais ao concreto, como as fibras de bambu.

Estudos voltados para a o comportamento do concreto com adição de fibra de bambu demonstraram resultados favoráveis quanto a contribuição da fibra de bambu no concreto, principalmente em relação a resistência à tração. A partir dos ensaios de compressão uniaxial e diametral foi possível determinar, respectivamente, a resistência a compressão e a resistência à tração para os diferentes traços de concreto. Com esses valores, verificou-se que a adição de 1% e 2% de fibra de bambu, sobre o traço convencional, não contribuí de forma significativa para a resistência à compressão do mesmo, já em relação a resistência à tração houve um aumento na resistência. Então, a

adição de fibra de bambu é uma opção viável como adição ao concreto principalmente em referência a sua contribuição sustentável e ao acréscimo da resistência à tração que confere ao concreto.

O concreto com adição de 1% de fibra, comparado ao concreto convencional, teve uma redução da resistência à compressão de 6,46%, e um aumento da resistência à tração de 9,57%. Já o concreto com 2% de fibra, ao ser comparado ao concreto convencional, provocou uma diminuição da resistência à compressão de 2,5%, e um aumento na resistência à tração de 12,92%. Percebe-se então, que o aumento da porcentagem de fibras de bambu confere ao concreto uma maior resistência a tração.

Em síntese, este trabalho demonstra os benefícios da fibra de bambu no concreto, tanto em referência à contribuição sustentável que oferece, quanto em relação ao aumento da resistência à tração que confere ao concreto. Sendo assim o presente trabalho contribui para a pratica de projetos mais sustentáveis na área da construção civil, principalmente na produção de concretos para pisos e pavimentos rígidos, bem como contribui para o acervo de pesquisas sobre o tema.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993. NBR 7225: *Materiais de pedra e agregados naturais*. Rio de Janeiro, RJ.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1995. NBR 6502: *Rochas e solos*. Rio de Janeiro, RJ.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996. NBR NM 67: *Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, RJ.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003. NBR NM 248: *Agregados: Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, RJ.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011. NBR 7222: *Argamassa e concreto: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, RJ.

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015. NBR 5738: *Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016. NBR 6457: *Amostras de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, RJ.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018. NBR 5739: *Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, RJ.
- Barbosa, F.G., Silva, M.A.A.M., Folly, P.O. e Miller, C.P., 2020. *A utilização da fibra de bambu como aditivo no concreto*. Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico, 6(1).
- Barros, G.A., 2007. *Tubulações de PRFV com adição de areia quartzosa visando sua aplicação na indústria do petróleo*. 2007. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Braz, M.C.A. e Nascimento, F.B.C., 2011. *Concreto reforçado com fibra de aço*. Ciências exatas e tecnológicas, 3(1).
- Auersvaldt, B.L., Lay, L.A. e Miranda, T.L., 2019. *Incorporação de Fibras Vegetais de Bambu ao Concreto em Substituição à Fibras Sintéticas*. In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção.
- Carraro, C.G., 2018. *Tratamento de fibras de bambu com polipropileno para utilização em concreto estrutural*. Mestrado. Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- Carvalho, L.C., 2007. *Produção de fibras de bambu para a fabricação de compósito poliuretano de mamona*. Departamento de Engenharia Civil, pp.1-7.
- Cunha, G. D. C. J., Silva Junior, H. G., Maia, M. E. T. e Pinto, J.D.S., 2017. *Estudo do concreto reforçado com fibras de aço e fibra de bambu*. In: 69ª Reunião Anual da SBPC.
- Franczak, C.C.M. e Prevedello, F.Z.R., 2012. *Estudo comparativo entre dois tipos de aditivos para um mesmo traço em concreto auto-adensável*. Graduação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Ghavami, K. e Marinho, A.B., 2005. *Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guaduaangustifolia*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9(1), pp.107-114. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100016>.
- Hawlotschek, G., 2014. *Caracterização das propriedades de agregados miúdos reciclados e a influência no comportamento reológico de argamassas*. Mestrado. Universidade de São Paulo.
- Helene, P. e Andrade, T., 2010. *Concreto de Cimento Portland*. In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. Cap. 29.
- Jacoski, C.A., Guarnieri, G., Tonet, L. e Gehlen, M., 2014. *Prospecção tecnológica de concreto com adição de fibras*. Cadernos de Prospecção, 7(3), pp.368-376. <http://dx.doi.org/10.9771/S.CPROSP.2014.007.037>
- Liu, D., Song, J., Anderson, D.P., Chang, P.R. and Hua, Y., 2012. *Bamboo fiberand its reinforcedcomposites: structureandproperties*. Cellulose, [S.L.], 19(5), pp.1449-1480. <http://dx.doi.org/10.1007/s10570-012-9741-1>.
- Manhães, A.P., 2008. *Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar*. 2008. Especialização em Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Morais, G.C.M., Oliveira, D.R. and Ritt, H., 2015. *Characterization and application of fine aggregate crushed into Portland cement concrete*. Perquirere, 12 (1), pp. 226-238.
- Moscattelli, I., 2011. *Fibras de aço em concreto de cimento Portland aplicados a pavimento*. 2011. Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.
- Oliveira, L.F.A., 2013. *Conhecendo bambus e sus potencialidades para uso na construção civil*. 2013. Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais.

Sant'ana, M.V.P., 2005. *Modelo numérico para concreto reforçado com fibras*. Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Silva, J.R. e Barbalho, G.H.N., 2018. *Bambu, um material alternativo para trilhar caminhos conscientes e sustentáveis*. Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, 8(1), pp.46-56.