Influência da Adição dos Teores de 0%, 0,5% e 2,0% de Fibras de Aço nas Propriedades Mecânicas do Concreto



Geferson Souza Luz[1]; Juliane de Castro[2]; Lauri Anderson Lenz[3]; Ana Paula Brandão Capraro[4]; Gabriel Pereira Marinho[5]
Centro Universitário UNIFACEAR

RESUMO
O concreto é um dos materiais com maior resistência à compressão, contudo, sua resistência à tração é baixa se comparada à compressão, exigindo um reforço para suportar os esforços de flexão. Esse reforço de forma geral ocorre por meio de barras de aço, permitindo que estrutura suporte esforços de tração, mas podem ser feitos também através da adição de fibras. Dentro deste contexto, o presente trabalho visa avaliar a influência da adição de fibras de aço na resistência à compressão e tração do concreto com diferentes teores de fibras (0; 0,5; e 2,0%). Realizou-se o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, tração na flexão e compressão axial. Os resultados indicam que não existe influência das fibras de aço na resistência mecânica à compressão. Na tração por compressão diametral os ganhos de resistência foram de 20,5% para a adição de fibras de aço de 0,5% e 22,8% para o teor de 2,0%, quando comparados ao traço referência. A tração na flexão houve um incremento de 18,5% na resistência à tração no concreto com 0,5% de adição de fibras e manteve-se para adições de 2,0%. Com relação à ruptura na tração por flexão, observou-se que enquanto o concreto referencia se rompe completamente os concretos com adições de fibras apresentam apenas fissuramentos. Neste sentido, o uso de fibras de aço na matriz cimentícia minimizou a propagação das fissuras e consequentemente o colapso por esforços à tração foi menor, havendo um ganho de ductilidade para os dois teores.

Palavras chave: fibras de aço, resistência, reforço, resistência à tração.

ABSTRACT
Concrete is a material with greater compressive strength, however, your tensile strength is low if compared to the compression, demanding a reinforcement to support the efforts of flexion. This reinforcement generally occurs by means of steel bars, allowing strain relief support structure, but can be made also by the addition of fibres. With in this context, the present study aims to assess the influence of the addition of steel fibers on the compressive strength and traction of concrete with different fiber contents (0;0.5; and 2.0%). The tensile strength test by diametric compression, traction in flexion and axial compression. The results indicate that there is no influence of steel fiber on mechanical resistance to compression. In traction by diametric compression resistance were gains of 20.5% for the addition of steel fibers 0.5% and 22.8% to 2.0% content, when compared to the reference. Flexion traction there was an 18.5% increase in tensile strength on concrete with 0.5% addition of fibers and remained to 2.0% additions. With respect to the break in traction for bending, it was observed that while the reference concrete breaks down completely the concretes with additions of fibers have only cracks. In this sense, the

use of steel fiber in cementitious matrix down played the propagation of cracks and consequently the collapse tensile strain was smaller, with a gain of ductility for both levels.

Key Words: steel fiber, resistance, strengthening, tensile strength.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados no mundo, pelo fato de ser um material com ampla escala de resistência à compressão e trabalhabilidade variável, permitindo atender as diversas demandas construtivas. (PEDROSO, 2009). Contudo, é um material com baixa resistência a tração, ou seja, quando exposto a impactos e esforços de tração, não tem o mesmo desempenho do que quando comprimido.

Borges (2006) cita que a resistência à tração do concreto influencia diretamente o processo de fissuração e, por isso, faz-se necessário o uso de materiais que melhorem seu desempenho à tração. Por isso, se faz o uso da adição de fibras de aço no concreto, que pode contribuir com dois importantes efeitos no material: no aumento da ductilidade e tenacidade do material, e no reforço do compósito quando submetido a todo tipo de carregamento que induz a tensão de tração. (JOHNSTON, 1994 apud GAVA et al., 2004).

Diante do exposto, o estudo deste trabalho será focado no concreto reforçado com fibras metálicas de aço, analisando como a adição de fibras de aço age na matriz cimentícia e analisar as propriedades mecânicas de resistência a tração e compressão em relação ao concreto convencional.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Concreto Convencional

O concreto é um material da construção civil composto por uma mistura de cimento, agregados miúdos, graúdos e água. Pode-se ainda, se necessário, usar aditivos e outras adições (Neville; Brooks, 2010).

O concreto é um material que apresenta vantagens na sua utilização, como por exemplo, versatilidade e menor custo, se comparado a outros materiais de construção civil, sendo por isso amplamente utilizado em todo o mundo. (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

2.2 Concreto Reforçado com Fibras

Apesar das vantagens do concreto convencional em comparação com outros materiais estruturais, como baixo custo e boa disponibilidade de insumos, ainda existem algumas limitações do material em função da não homogeneidade e sua complexa microestrutura, que cria uma grande dificuldade em interromper a disseminação das fissuras quando submetido a tensões de tração. (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Sendo assim o concreto pode receber em sua composição materiais, a fim de reforçar sua matriz, ou seja, aumentar sua resistência à tração e esforços de flexão. Chodounsky e Viecili (2007) relatam que é inevitável o uso de reforços no composto, pois evita a ruptura brusca do material. Assim, segundo Pujadas (2013), a adição de fibras modifica o comportamento do concreto em relação à tração, o uso impede a abertura e propagação das fissuras. Fornece também ao concreto as características que melhoram sua resistência à abrasão, erosão e cavitação.

2.2.1 Fibras de aço

As fibras de aço são elementos fabricados geralmente com base em fios de aço trefilados com suas extremidades dobradas a fim de favorecer a ancoragem dentro da matriz cimentante, com intuito de aumentar a resistência residual após fissuração, ou seja, torná-lo mais dúctil. (ANAPRE, 2012).

De acordo com **Error! Reference source not found.**Figueiredo (2000), quanto melhor for o sistema de ancoragem entre as fibras e a matriz cimentícia melhor a resistividade do material quando submetido a carregamentos dinâmicos, como também melhor será a capacidade de absorção de energia quanto maior for à tenacidade do compósito.

2.2.2 Compósito e Interação Fibra-Matriz

As fibras vêm sendo utilizadas na composição do concreto com objetivo de melhorar a interface da matriz cimentícia, portanto, novas técnicas dessa inserção estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas com intuito de se obter ganhos de resistências à tração e flexão significativas dessa interação. (MASIERO, 2008).

Segundo Mehta e Monteiro (2008), o concreto apresenta micro fissuras mesmo antes de ser submetido a tensões externas, devido às reações internas que ocorrem ainda na fase de cura. Garcez (2005) explica que há, portanto, uma concentração de

energia na extremidade das fissuras no concreto, e ao ser submetido a esforços de tração ou flexão as fissuras se propagam a um nível de tensão inferior comparado as tensões de compressão, resultando por consequência a ruína do material.

Sendo assim, a eficiência do reforço proporcionado pelas fibras de aço depende diretamente do teor de fibras adicionado ao concreto. Segundo Figueiredo (2011), a resistência pós-fissuração do concreto é diretamente proporcional a quantidade ou teor de fibras atuando como ponte de transferência de tensões nas fissuras.

3. METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado para composição do traço foi o CP V ARI. Este cimento foi escolhido devido à necessidade da desforma dos corpos de prova logo nas primeiras idades, para reutilização das formas.

3.1.2 Agregados

Os agregados miúdos e graúdos utilizados foram fornecidos pela empresa NOVAMIX Concreto e Argamassas. Como agregados miúdos foram utilizados areias naturais de origem basáltica.

Para caracterização desses agregados, foram utilizados os ensaios apresentados a seguir:

a) Composição granulométrica, segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003);
b) Material pulverulento, segundo NBR NM 46 (ABNT, 2003);
c) Absorção de água, segundo NBR NM 30 (ABNT, 2001) e Massa específica e Massa específica aparente, segundo a NBR NM 52 (ABNT, 2009) para os agregados miúdos e segundo a NBR NM 53 (ABNT, 2009) para os agregados graúdos;

3.1.3 Fibra De Aço

A fibra de aço utilizada neste estudo foi classificada segundo NBR 15530 (ABNT, 2007) como tipo A (com ancoragem nas extremidades) e de classe I (oriundas de fios trefilados a frio).

3.1.4 Aditivo

O aditivo utilizado na produção do concreto foi do tipo plastificante BF 38. Com teor de 0,8 % do peso do cimento, com objetivo de garantir o abatimento de 120 mm após a adição das fibras de aço.

3.1.5 Determinação Do Traço

Na dosagem foi fixada a relação água/cimento em 0,45 e foram desenvolvidos três traços, sendo:

a) Série 1 –Traço de referência sem adição de fibras.
b) Série 2 – Traço referência com adição de 0,5% de fibras de aço.
c) Série 3 – Traço referência com adição de 2% de fibras de aço.

3.1.6 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização e análises do concreto no estado fresco:

a) Consistência pelo abatimento de tronco de cone, ou *slump test,* segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998);
b) Análise visual buscando identificar a presença de segregação e exsudação.

Foram utilizadas formas cilíndricas metálicas de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura e formas prismáticas metálicas de 50 cm de comprimento, 15 cm de largura e também de altura.

Os corpos de prova foram devidamente identificados com etiquetas contendo número sequencial, identificando a porcentagem de fibras utilizadas no concreto. Na mesma etiqueta foi anotada a data da realização do ensaio e data para o rompimento dos corpos de prova.

3.1.7 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

Os ensaios de caracterização do concreto em estado endurecido foram realizados nas idades 3, 7 e 28 dias para corpos de prova cilíndricos e 7 e 28 para corpos de prova prismáticos, com dois corpos de prova para cada idade e em cada ensaio. Os ensaios de

caracterização realizados foram: Resistência à compressão, segundo a norma NBR 5739 (ABNT, 2007); Resistência à Tração por Compressão Diametral, segundo a norma NBR 7222 (ABNT, 2011); Resistência à Tração na Flexão, segundo a norma NBR 12142 (ABNT, 2010);

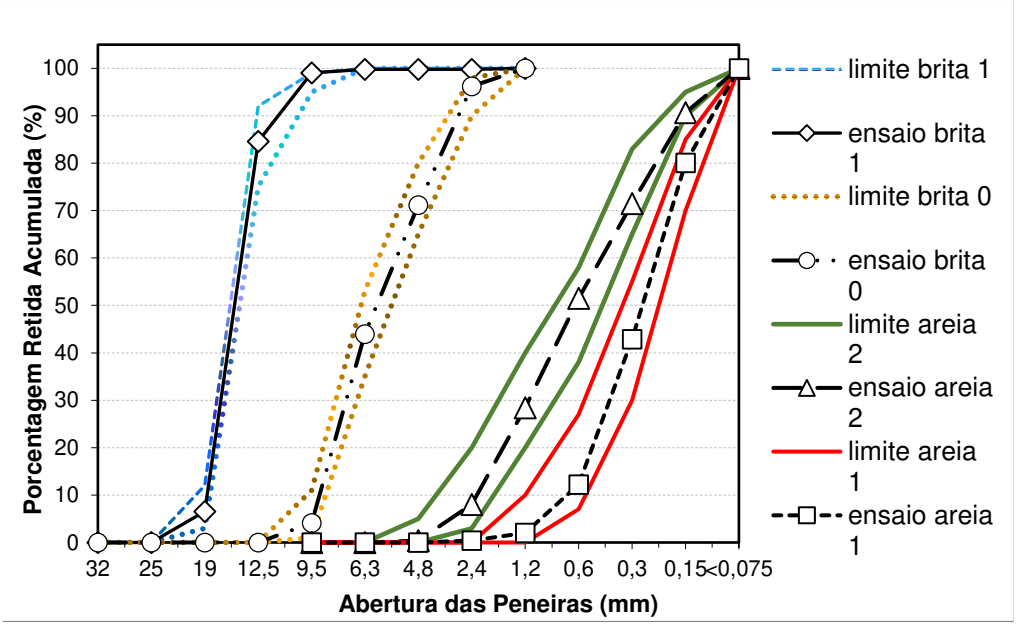
4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Caracterizações dos Agregados

4.1.1 Composição granulométrica

As curvas granulométricas dos agregados são mostradas na Figura 1. Para os agregados miúdos foram adotadas as zonas granulométricas recomendadas pela NBR 7211 (ABNT, 2009).

FIGURA 1: CURVA GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS



FONTE: OS AUTORES (2018).

Observa-se que os agregados miúdos encontram-se dentro das zonas ótimas mínimas e máximas estabelecidos pela na norma NBR 7211(ABNT, 2009).

4.1.2 Material pulverulento

Os resultados dos ensaios relacionados ao teor de material pulverulento estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO

Determinação	1ª	2ª	Média (%)
Areia 1	4,7	4,6	4,7
Areia 2	4,1	4,1	4,1
Brita 0	2,8	2,7	2,8
Brita 1	2,4	2,7	2,6

FONTE: OS AUTORES (2018).

Os resultados da porcentagem de material pulverulento da areia, brita 0 e brita 1 estão em conformidade com as prescrições da norma, esta permite alterar os limites de material pulverulento de agregados miúdos de 3% para 10% para concreto submetido a desgaste superficial e de 5% para 12% para concreto protegido de desgaste superficial, quando o material fino que passa através da peneira 75 μm por lavagem é constituído totalmente de grãos oriundos do processo de britagem da rocha, desde que seja possível comprovar por análise mineralógica, que os constituintes não interferem nas propriedades do concreto.

4.1.3 Absorção de água, Massa específica e Massa específica aparente

Os resultados dos ensaios quanto à absorção de água, massa específica e massa específica aparente tanto dos agregados miúdos quanto graúdos estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: ABSORÇÃO DE ÁGUA E MASSA ESPECÍFICA DOS AGREGADOS

Determinações	Massa Específica Seca d1 (g/cm³)	Massa Específica SSS d2 (g/cm³)	Massa Específica Aparente d3 (g/cm³)	Absorção de água (%)
AREIA 1	2,61	2,62	2,63	0,4
AREIA 2	2,60	2,61	2,63	0,7
BRITA 0	2,78	2,76	2,75	0,4
BRITA 1	2,79	2,78	2,77	0,2

FONTE: OS AUTORES (2018).

Os valores de massa específica dos agregados estão dentro dos limites estabelecidos pela NBR 9776 (ABNT, 1988), seus valores não diferindo em mais de 0,02g/cm³ entre as amostras para massa especifica e massa especifica aparente. Com relação à absorção de água pelos agregados, percebe-se que todos os resultados estão abaixo de 1%, como prescreve a norma.

4.3 Caracterizações Do Concreto

4.3.1 Estado fresco

A avaliação do abatimento do tronco de cone, o *slump test*, apresentaram abatimento no intervalo preestabelecido de (100 ± 20) mm. O aditivo plastificante utilizado manteve o abatimento após a adição do maior teor de 2% de fibras de aço. E na análise visual do concreto observou-se que não houve segregação nem exsudação, apresentando um bom teor de argamassa em sua composição.

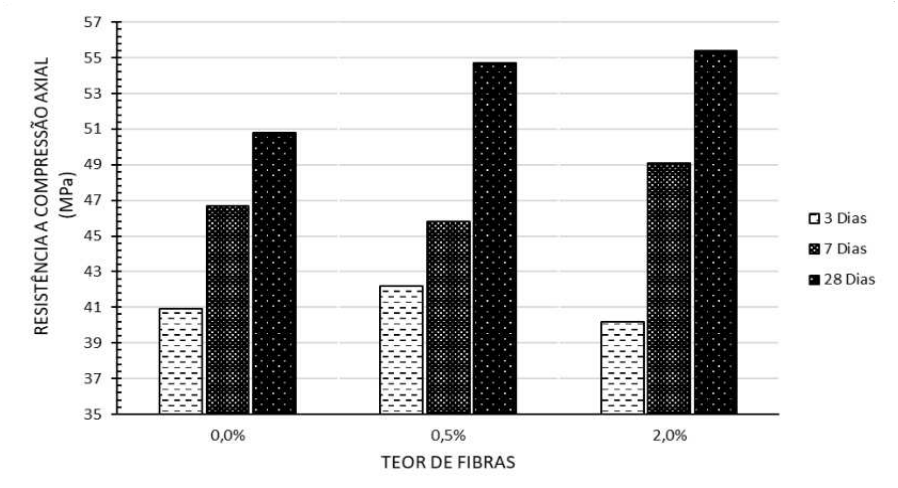
4.3.2 Estado endurecido

Ressalta-se conforme NBR 5738 (2015), que os resultados apresentados são o maior valor de resistência, obtido no rompimento de duas amostras.

4.3.2.1 Resistência À Compressão

Os resultados de resistência à compressão estão apresentados na Figura 2.

FIGURA 2: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

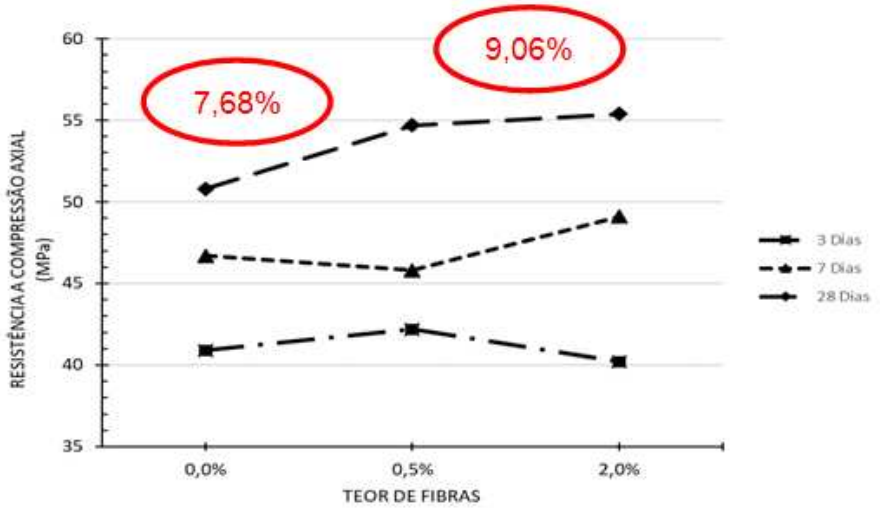


FONTE: Os autores (2018).

Com base na Figura 2, analisando a resistência à compressão axial aos 28 dias, observou-se que esta propriedade foi afetada pela incorporação de fibras, ou seja, as adições de fibras de aço nas duas proporções de 0,5% e 2%,influenciaram positivamente, aumentando a resistência a compressão. Esse fato mostra que além das fibras de aço atuarem no processo de propagação de fissuras, a adição de fibras colabora para o ganho de resistência na compressão.

A Figura 3 apresenta os resultados do ganho de resistência a partir do traço de referência.

FIGURA 3: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL



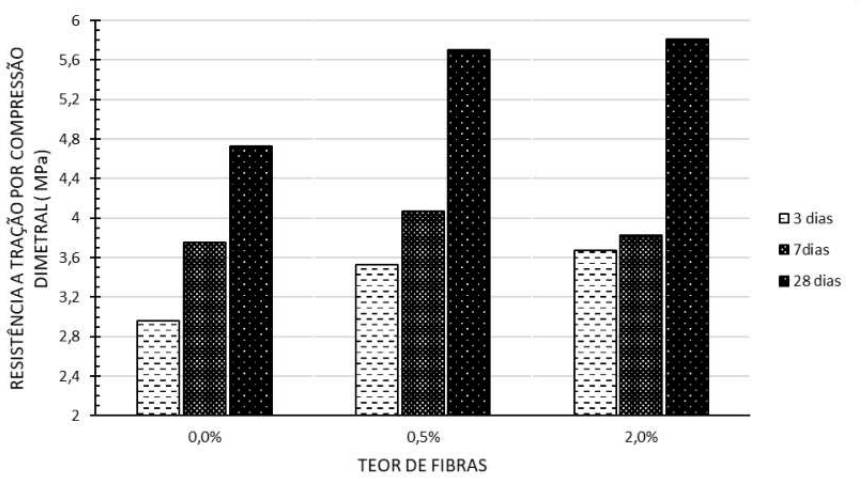
FONTE: Os autores (2018).

Observam-se na Figura 3 que, na idade de 28 dias o concreto referência 0,0% teve resistência inferior em comparação as outras amostras que receberam adição. Os concretos com teores de 0,5% e 2% obtiveram valores superiores ao concreto referência, sendo que o traço com 0,5% de adição teve ganho de 7,68 % de resistência a compressão axial. Ao se adicionar um teor maior de 2% a matriz, houve um ganho de resistência, passando de 7,68% com teor de 0,5%, para 9,06% com teor de 2% de adição de fibras ao traço.

4.3.2.2 Resistência à Tração Por Compressão Diametral

Os resultados de resistência à tração por compressão diametral dos concretos estudados nas idades 3, 7 e 28 dias estão indicados na Figura 4.

FIGURA 4: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

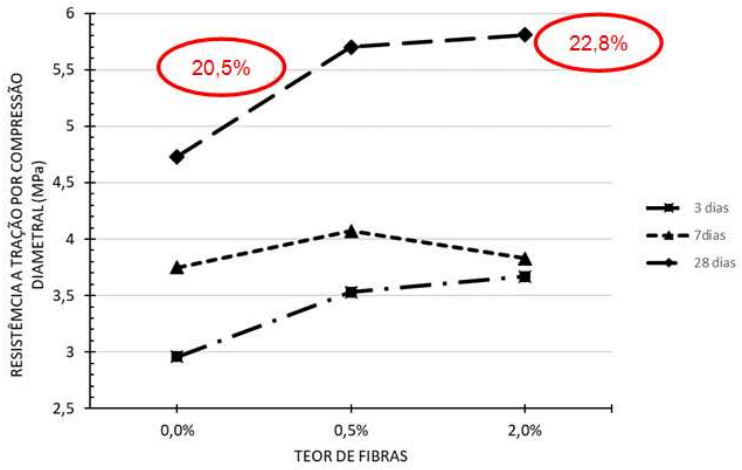


FONTE: Os autores (2018).

Com base na Figura 4, constata-se que os resultados dos concretos com teores 0,5% e 2% de fibras obtiveram ganhos consideráveis de resistência a tração, comparados ao traço 0,0%. A amostra com teor de 0,5% de adição teve resultado inferior comparado ao resultado do traço com adição de 2%. Pode-se atribuir este comportamento pela menor quantidade de fibras na matriz, consequentemente menor ancoragem na seção de ruptura. É possível com base nos resultados afirmar que para maiores teores de fibras a um ganho de resistência a tração.

A Figura 5 apresenta os resultados do ganho de resistência à tração por compressão diametral a partir do traço de referência.

FIGURA 1: RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL



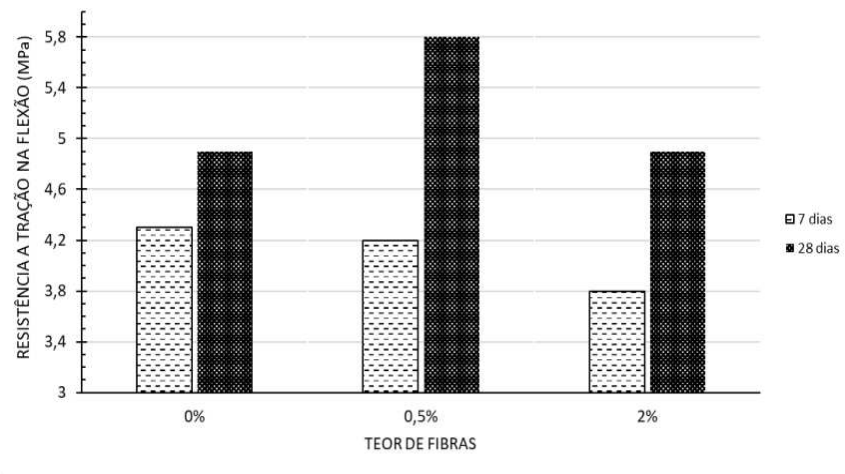
Fonte: Os autores (2018).

Analisando os resultados apresentados na Figura 5 pode-se identificar o comportamento *strain-hardening* (endurecimento) para ambos, concreto com adição de 0,5% e 2%, pois os compósitos apresentam uma resistência residual superior a resistência da matriz.

4.3.2.3 Resistência à tração na flexão

Os resultados de resistência à flexão dos concretos estudados estão indicados na Figura 6. Ressalta-se conforme NBR 5738 (2015), que os resultados apresentados são os maiores valores individuais de resistência obtidos no rompimento de duas amostras.

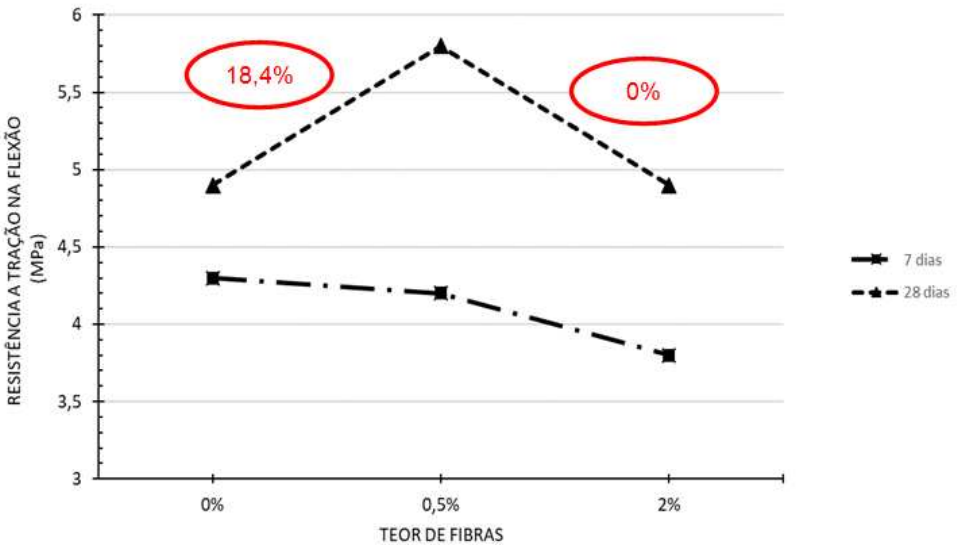
FIGURA 6: RESULTADO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO



Fonte: Os Autores, 2018

A Figura 7 apresenta os ganhos de resistência à tração, onde é possível identificar que na idade de 28 dias, o concreto referência obteve o menor crescimento. Já o ganho de resistência para a amostra com 0,5% de adição foi significativo, passando de 50% do obtido no ensaio de 7 dias. O concreto referência não diferiu da ruptura de 7 dias, e manteve a ocorrência de ruptura total do corpo de prova. Já aos 28 dias o ganho de resistência comparando a amostra com 0,5% de adição com o de referência 0,0%, o ganho foi de 18,4%. A amostra com 2% de adição de fibras não obteve ganho de resistência em comparação ao traço referência

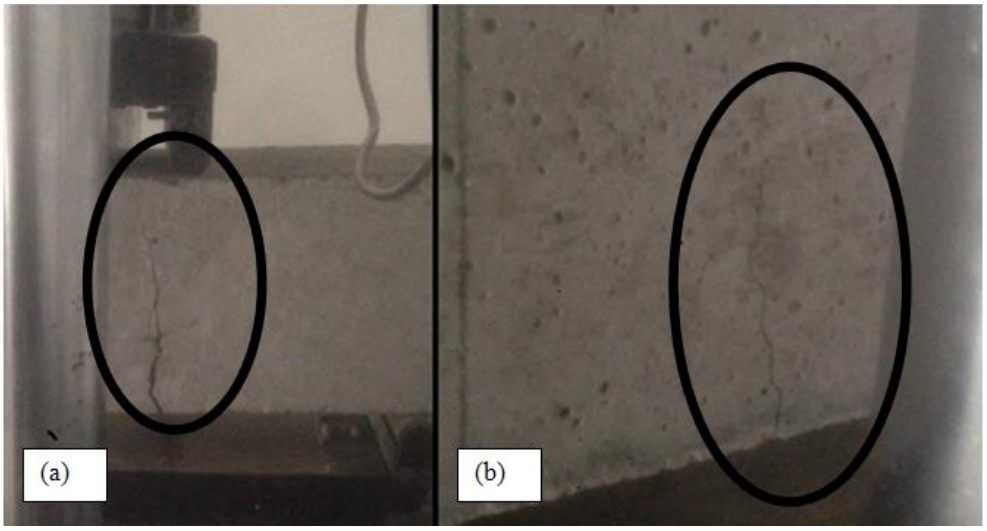
FIGURA 7: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO



FONTE: OS AUTORES (2018).

Analisando visualmente o rompimento aos 28 dias, observou-se que o concreto sem fibras rompe-se bruscamente devido ao comportamento quase frágil do concreto quando sujeitos aos esforços de tração. Já as amostras com adição de fibras não se rompem bruscamente, conforme Figura 8 é mostrada as fissuras ocorridas nas amostras com adição de 0,5% e 2% de fibras de aço.

FIGURA 8: DEFORMAÇÕES NOS TRAÇO 0,5% (a), e TRAÇO 2% (b)



FONTE: OS AUTORES (2018).

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento do concreto em seu estado fresco e endurecido, ao ter adicionado em sua massa dois diferentes teores de fibras de aço.

Devido ao uso de 0,8% de aditivo plastificante na massa do concreto em todos os traços com fibras de aço, não houve redução significativa da fluidez em seu estado fresco. Este fato pode ser observado através dos testes de abatimento de tronco de cone que ficou na faixa 100 mm ± 20 mm. A consistência das amostras manteve-se coesa e as misturas apresentaram boa homogeneidade. Não houve segregação nem exsudação dos concretos. Pode-se verificar na seção das amostras rompidas que as fibras ficaram bem distribuídas na matriz cimentícia.

Já no concreto no estado endurecido, houve alterações significativas em suas propriedades mecânicas, variando de acordo com o teor de fibra de aço incorporado ao concreto.

Ao ser avaliado a resistência à compressão axial, observou-se que esta propriedade também foi afetada pela incorporação de fibras, ou seja, tanto o traço com 0,5% quanto o 2% tiveram ganhos de resistência. Esse fato mostra que além das fibras de aço atuarem no processo de propagação de fissuras, a adição de fibras colabora para o ganho de resistência na compressão.

Em relação à resistência à tração por compressão diametral, os concretos com adição de fibras tiveram alterações significativas em relação ao concreto convencional. Notou-se que no teor de 0,5% de fibras de aço adicionadas ao concreto, o mesmo apresentou um aumento de 20,5% na resistência à tração quando comparado ao concreto 0,0%, sem adição de fibras. Contudo, o traço de com adição de 2% obteve um ganho de 22,5%, um aumento bem significativo de resistência à tração se comparado ao de 0,0% sem adição, mostrando que o aumento no teor de fibras influência no ganho de resistência à tração, sendo que, ao se incorporar um maior teor de fibras de aço ao concreto é possível se obter resistências maiores.

Quanto à resistência à tração na flexão, o traço que apresentou os resultados superiores difere do obtido no ensaio de resistência à tração por compressão diametral, onde o traço de maior ganho de resistência comparado ao traço de referência 0,0% foi o traço com adição de fibras de aço de 0,5%, sendo o seu ganho de resistência em torno de 18,4% de resistência à tração. O traço com 2% de fibras de aço não obteve ganho de resistência à tração comparado com o traço referência 0,0%.

Com relação à ruptura à tração dos corpos de prova, observou-se uma diferença visual significativa no rompimento, uma vez que o traço referência 0,0% se rompe por completo, não tendo capacidade de suportar cargas residuais. Já os concretos com adição de fibras de 0,5% e 2,0% romperam apenas por fissuramento.

Desta forma, considerando a fibra utilizada e seu fator de forma de 0,65 é possível concluir que houve um aumento na resistência à tração com a adição de fibras de aço na matriz cimentícia, sem que o concreto perca suas características no estado fresco, associado ao uso de aditivo plastificante em sua composição. Contudo, nota-se no presente estudo que é possível se obter resultados próximos para um teor menor de fibras, ou seja, dependendo da exigência quanto à resistência à tração aumentar o teor de fibras no concreto não significa aumento também de resistência.

Em tempo, reiteramos que este estudo poderia ser complementado com o uso de extensômetros nos ensaios de ruptura do ensaio de resistência à tração na flexão, que aumentariam os parâmetros de análise dos concretos com adição de teores de fibras de aço.

6. REFERÊNCIAS

ANAPRE. **Fibras de aço para concreto em Pisos Industriais:** Especificações. São Paulo: Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**: Concreto e argamassa - Determinação da resistência a tração na flexão em corpos de prova prismáticos. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 5 p.

_____. **NBR 15530**: Fibras de aço para concreto - Especificações. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____.**NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6 p

_____.**NBR NM 30**: Agregado miúdo - Determinação de absorção de água. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 3 p.

_____.**NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6 p

_____.**NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6 p.

_____.**NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente, e absorção de água. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 8 p

_____.**NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 9 p.

_____.**NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 9 p.

_____.**NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 11 p.

_____.**NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificações. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 9 p.

_____.**NBR 7222**: Concreto e argamassa - Determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 5 p

BORGES, F. P S., **Otimização Via Algoritmo Genético Do Processo Construtivo De Estruturas De Concreto Submetidos À Retração Restringida Tendo Em Vista A Fissuração Nas Primeiras Idades**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 97 p., 2006.

CHODOUNSKY, M. A.; VIECILI, F. A. **Pisos Industriais de Concreto: Aspectos Teóricos e Executivos.** São Paulo: Ed. Reggenza, 2007.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com Fibras**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Boletim técnico. São Paulo, 2000.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto Reforçado com Fibras**. 248 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.Disponível:<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/TeseLivreDocenciaAntonio Figueiredo2011.pdf>. Acesso em: 01 set. 2017.

GARCEZ, E. O. **Análise Teórico-experimental do Comportamento de Concretos Reforçados com Fibras de Aço Submetidos a Cargas de Impacto.** 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JOHNSTON, C. D. **Fibre-reinforced Cement and Concrete.** 2. ed. Ottawa: Gordon and Breach Publishers, 1994. 673 p. In: Malhorta VM. Advances in concrete technology.

MASIERO, I. M. **Aplicações Práticas para Concretos Reforçados com Fibras de Aço: Pisos Industriais.**Concreto e Construções**,** São Paulo, v. 51, n. 36, p.38-42, set. 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M**. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon - Instituto Brasileiro de Concreto, 2008. 674p.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto.** 2. ed. Bookman, 2010. 460 p.

PEDROSO, Fabio Luiz. **Concreto:As Origens e a Evolução do Material mais Utilizado pelo Homem**. Ibracon, São Paulo, v. 53, p.14-19, mar. 2009. Trimestral. Disponível:<http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/revista_concreto_53.pdf>. Acesso em: 07 set. 2017.

PUJADAS, P. **Caracterización y Diseño de lhormigón Reforzado com Fibras Plásticas**.2013. 263p. TesisDoctoral. UPC, Barcelona, España, 2013. Disponível:<http://upcommons.upc.edu/handle/2117/94840>. Acesso em: 06 out. 2017.