

**Análise das propriedades do concreto no estado fresco e endurecido
com a adição de fibras de aço**

**Analysis of the properties of concrete in the fresh and hardened state
with the addition of steel fibers**

DOI:10.34117/bjdv7n3-509

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 20/03/2021

Igor Meireles Vitor

Engenheiro civil - Centro universitário Santo Agostinho – UNIFSA1
Pós - graduando em Avaliações de Perícias, Engenharia diagnóstica e patologia das
construções - BSSP.1
E-mail: igormeireless19@gmail.com

Kassio Emanuel Carvalho Melo

Engenheiro civil - Centro universitário Santo Agostinho – UNIFSA2
Técnico em Edificações – IFMA2
E-mail: edf.kassio@gmail.com

Laécio Guedes do Nascimento

Graduando de engenharia civil – Centro universitário Santo Agostinho – UNIFSA3
Bacharel em Teologia / especialista em ciências da religião com ênfase em docência do
ensino superior – Faculdade Evangélica do Piauí – FAEPI3
E-mail: Laecioguedes25@hotmail.com

Idlla Holanda Pessoa Pio

Engenheira civil - Centro universitário Santo Agostinho – UNIFSA4
E-mail: Idllapio@gmail.com

Annamaria Faria de Carvalho Loureiro

Engenharia Civil - Universidade Federal do Piauí – UFPI5
Especialista em Gerenciamento de obras e tecnologia na construção civil -
INBEC5
E-mail: annamariabio@hotmail.com

Letícia Queiroz Monteiro

Graduando de engenharia civil – Centro universitário Santo Agostinho – UNIFSA6
E-mail: leettqueiroz@hotmail.com

Mariana Melo Meneses

Engenheira Civil – Centro Universitário Uninovafapi7
Mestranda em Engenharia dos Materiais – IFPI7
Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações-INBEC7
Especialista em Docência do Ensino Superior – UNIP7
E-mail: marianameneses13@hotmail.com

Ana Gabriela lima pacífico

Engenheira civil - Centro universitário Santo Agostinho – UNIFSA8
Especialista em segurança do trabalho – FAVENIS
E-mail: anagabrielalimap@gmail.com

RESUMO

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo, seu destaque se deve ao seu baixo custo e grande capacidade de adequação a variadas produções, além da possibilidade de moldar peças de acordo com a necessidade de projeto. Contudo, as fibras de aço adicionadas a esses, aumentam a resistência, ajudam a controlar a fissuração e dispõem de outras vantagens. Assim, este trabalho tem como objetivo, identificar as propriedades do concreto tanto no estado fresco como endurecido na presença e adição de fibras de aço. Qualificando-se ainda em uma pesquisa de cunho quantitativa, descritiva, explicativa e experimental para a então análise das características como trabalhabilidade, resistência, ductilidade etc. No experimento, foram moldados e rompidos 30 corpos de prova aos 28 dias de cura úmida e ensaios de resistência à tração na flexão, resistência à compressão e o slump test para todos os traços na análise do concreto no estado fresco e endurecido com a adição de fibras de aço. Os estudos realizados mostraram que o aumento da resistência é diretamente proporcional a adição de fibras de aço, sendo para esforços de tração na flexão e compressão, já a trabalhabilidade diminuía à medida que se adicionaram as fibras, tendo o menor abatimento de tronco de cone de 49 mm com ductilidade afetada positivamente pela adição. Portanto, pode-se afirmar que em quantidades adequadas, a adição das fibras é vantajosa em diversas características, bem como o aumento da resistência a compressão e a tração quando submetido a cargas elevadas, incluindo redução da fissuração.

Palavras-chave: Fibra de aço, trabalhabilidade, resistência, tração na flexão, ductilidade.

ABSTRACT

Concrete is one of the most used materials in the world, its prominence is due to its low cost and great ability to adapt to various productions, besides the possibility of molding parts according to the project needs. However, steel fibers added to these, increase resistance, help to control cracking, and have other advantages. Thus, this paper aims to identify the properties of concrete in both fresh and hardened states in the presence and addition of steel fibers. It also qualifies as a quantitative, descriptive, explanatory and experimental research for the analysis of characteristics such as workability, strength, ductility, etc. In the experiment, 30 specimens were molded and broken at 28 days of wet curing and flexural tensile strength tests, compressive strength and slump test for all mixtures in the analysis of concrete in the fresh and hardened state with the addition of steel fibers. The studies showed that the increase in strength is directly proportional to the addition of steel fibers, being for tensile stress in flexion and compression, already the workability decreased as the fibers were added, having the lowest slump of 49 mm with ductility positively affected by the addition. Therefore, it can be stated that in adequate amounts, the addition of fibers is advantageous in several characteristics, as well as the increase in compressive and tensile strength when subjected to high loads, including the reduction of cracking.

Keywords: Steel fiber, workability, strength, flexural tensile, ductility.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material essencial nos canteiros de obras. Sua composição consiste em no mínimo um aglomerante (cimento), somado ao agregado miúdo (areia) e ao agregado graúdo (brita ou seixo rolado), adicionando-se água com possível adição e/ou aditivo. O cimento, ao ser hidratado pela água forma uma pasta, que ao unir-se com os agregados miúdo e graúdo e o possível aditivo e/ou adição, ganham boa trabalhabilidade no estado fresco e alta resistência à compressão no estado endurecido (LIMA et al., 2014).

Segundo Figueiredo (2011), as principais vantagens do concreto se dão ao baixo custo e capacidade de adequação a variadas produções, permitindo a moldagem de peças de acordo com a necessidade e projetos. Contudo, também possui limitações, como a baixa relação resistência/peso, sua qualidade ser aferida apenas pós produção da peça estrutural e frente a fissuração excessiva, perde boa parte da sua capacidade de resistir aos esforços de tração, surgindo então o concreto armado, em que barras de aço auxiliam na resistência desses esforços e atualmente, dispõe-se ainda uma nova possibilidade de reforço do concreto, o uso da adição de fibras.

Nesse sentido, existem vários tipos diferentes de fibras a serem utilizadas para melhoramento do concreto, bem pelo aumento de resistência e controle da fissuração. As principais são as fibras poliméricas, fibras de vidro, fibras naturais e fibras de aço ou metálicas, cada uma adicionada para garantir uma vantagem característica a estrutura. O maior propósito da adição das fibras ao concreto é diminuir o aparecimento de fissuras causadas pela retração e assim aumentar sua resistência mecânica, resistência à abrasão, tenacidade, ductilidade e com isso prolonga-se a vida útil da estrutura (AMARAL JUNIOR; SILVA; MORAVIA, 2017).

Dentre os diferentes tipos de fibras, as de aço são as de maior utilização para aplicações estruturais e não estruturais. As fibras de aço se apresentam em inúmeros formatos com o intuito de elevar sua aderência à matriz cimentícia, e cada vez mais vem sendo pesquisada com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas dos materiais de construção (BRAZ; NASCIMENTO, 2015). Os concretos reforçados com fibras são exemplos de elementos compostos, largamente conhecidos como compósitos. O compósito é um material cuja estrutura está relacionada a dois ou mais tipos de materiais diferentes, e nesse caso, a matriz é o concreto e a fibra, o reforço (BEBER, 2003).

Por conseguinte, um dos maiores obstáculos para o uso do Concreto Reforçado com Fibras de Aço (CRFA) em aplicações estruturais no ELU (Estado Limite Último) é

a ausência de uma normatização nacional aceita para esse tipo de material, pois existe uma norma direcionada as fibras de aço para concreto que é a NBR 15530/2007, porém essa norma está em revisão, de acordo com o catalogo da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). É importante então que sejam feitos estudos para que aumente o conhecimento sobre este material tão promissor para a construção civil (LOPES, 2005).

2 METODOLOGIA

2.1 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para esta pesquisa o valor do Fck (Resistência característica do concreto) definido para ser utilizado foi de 30 Mpa aos 28 dias de cura. O traço calculado para alcançar esse Fck foi 1:1,67:2 com relação água/cimento de 0,46, traço já corrigido de acordo com a umidade da areia e da brita. Houve cinco tipos de traços. Para cada um, adicionados os teores de fibra de 1,0%; 2,0%; 3,0% e 5,0% além do traço referência, que não conteve adição de fibra. A quantidade de adição tem como base a massa do concreto com exceção do peso da água, ou seja, somaram-se os pesos do cimento, do agregado miúdo e do agregado graúdo. A porcentagem da adição se dá em relação a esse valor obtido. A Tabela 01 indica o quantitativo dos materiais nas misturas.

Tabela 01 - Quantitativo dos materiais utilizados para cada traço.

Material	Traço A Referência 0% (Kg)	Traço B 1,0% (Kg)	Traço C 2,0% (Kg)	Traço D 3,0% (Kg)	Traço E 5,0% (Kg)
Cimento	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50
Areia	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50
Brita	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00
Água	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59
Fibra de aço	-	0,84	1,54	2,31	3,85

Fonte: Autores (2021).

“Foram utilizadas para a granulometria do agregado miúdo as peneiras de número 4, 8, 16, 30,50 e 100, e para a granulometria do agregado graúdo as peneiras de número 1/2”, 3/8”, 3/16”, 8, 16, 30, 50 e 100. Com isso, definiu-se além da curva granulométrica, a dimensão máxima característica e o modulo de finura dos agregados.

2.2 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

2.2.1 Agregado miúdo

Como agregado miúdo utilizou-se a areia de rio lavada, quartzosa, comumente comercializada em Teresina, sendo proveniente do município de Teresina-PI e extraído

do Rio Parnaíba. Com os valores das massas retidas em cada peneira utilizada foi possível calcular o percentual do material retido, o acumulado retido e o acumulado passando.

Tabela 02 – Granulometria do agregado miúdo.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217 - AGREGADO MIÚDO								
PENEIRAS		1º Peneiramento		2º Peneiramento				
Nº	mm	Massa retida (g)	% Retida	Massa retida (g)	% Retida	% Retida Média	% Retida Acumulada	% Passante Acumulada
4	4,80	0,00	0,00	1,00	0,05	0,03	0,03	99,97
8	2,40	18,00	0,90	21,00	1,05	0,98	1,00	99,00
16	1,20	24,00	1,20	29,00	1,45	1,33	2,33	97,67
30	0,60	1397,00	70,06	1489,00	74,64	72,35	74,68	25,32
50	0,30	418,00	20,96	356,00	17,84	19,40	94,08	5,92
100	0,15	130,00	6,52	95,00	4,76	5,64	99,72	0,28
FUNDO		7,00	0,35	4,00	0,20	0,28	100,00	0,00
TOTAL		1994	100,00	1995	100,00	100,00	-	-

DIÂMETRO MÁXIMO= 1,2mm

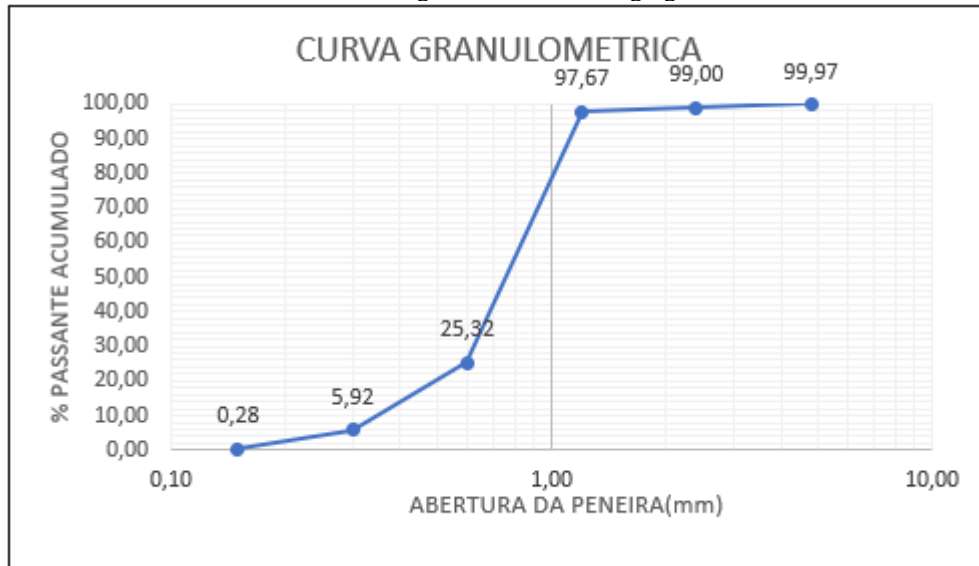
MÓDULO DE FINURA= 2,72mm

Fonte: Autores (2021).

De acordo com o diâmetro máximo indicado na tabela anterior (Tabela 02) igual a 1,2, a maior parcela da areia utilizada ficou retida nas peneiras de 0,6 e 0,3 mm, isso caracteriza o agregado miúdo como areia média, levando em conta a subdivisão da classificação dos agregados miúdos de acordo com o tamanho dos grãos. Agregado que passa na malha de 4,8 mm e ficam retidas na de 1,2 mm, esse é classificado como areia grossa, agregado que passa na malha de 1,2 mm e fica retida na de 0,3 mm, é classificado como areia média e o agregado que por sua vez passa na peneira 0,3 mm é classificado como areia fina (ABNT, 2005).

O modulo de finura da amostra confirma a classificação do agregado miudo em areia média. A classificação pelo modulo de finura é feita da seguinte forma, MF (Modulo de finura) < 1,71 mm para areias finas, 1,72 mm < MF < 2,73 mm para areias medias e MF > 2,71 mm para areias grossas. Sendo o modulo de finura da amostra igual a 2,72 mm como mostra a tabela 02.

Gráfico 01 – Curva granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: Autores (2021).

2.2.2 Agregados graúdos

O agregado graúdo utilizado foi à pedra britada de origem granítica comercializada em Teresina como brita proveniente de uma jazida e pedreira localizada no município de Teresina/PI.

Tabela 03 – Granulometria do agregado graúdo.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217 - AGREGADO GRAÚDO								
PENEIRAS		1º Peneiramento		2º Peneiramento				
Nº	mm	Massa retida (g)	% Retida	Massa retida (g)	% Retida	% Retida Media	% Retida Acumulada	% Passante Acumulada
1/2"	12,70	218	4,37	222	4,44	4,41	4,41	95,59
3/8"	9,50	2060	41,29	1950	39,04	40,17	44,57	55,43
3/16"	4,76	2230	44,70	2340	46,85	45,77	90,35	9,65
8	2,38	269	5,39	254	5,09	5,24	49,81	50,19
16	1,19	45	0,90	60	1,20	1,05	91,40	8,60
30	0,60	20	0,40	15	0,30	0,35	50,16	49,84
50	0,30	14	0,28	19	0,38	0,33	50,49	49,51
100	0,15	33	0,66	35	0,80	0,73	51,22	48,78
FUNDO		99,6	2,00	100	1,90	1,95	53,17	46,83
TOTAL		4988,6	100,00	4995	100,00	100,00	-	-

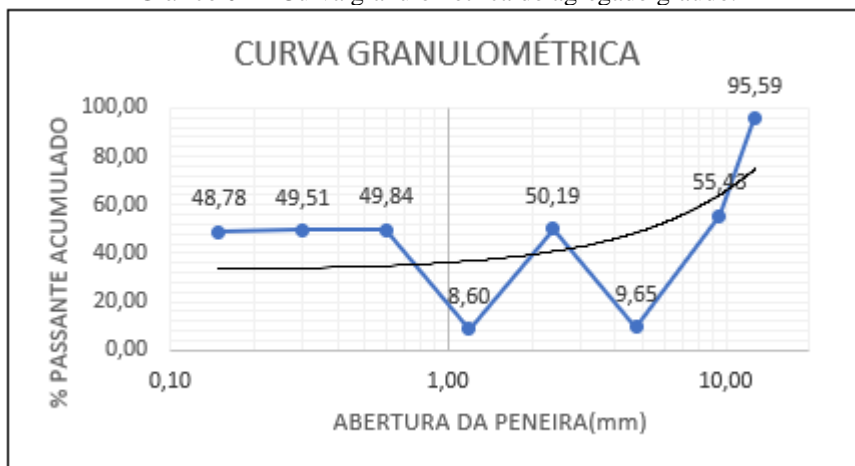
DÍAMETRO MÁXIMO= 12,70mm MÓDULO DE FINURA= 4,32mm

Fonte: Autores (2021).

Observando a tabela anterior (Tabela 03) notou-se que a maior parte da amostra ficou retida nas peneiras de 9,5 e 4,76 mm, isso significa que a dimensão dos grãos que predominam no agregado graúdo utilizado são entre 9,5 e 12,7 mm. Contudo, o agregado graúdo utilizado é classificado como artificial, pois é proveniente do processo industrial

de fragmentação controlado, também é especificado quanto ao diâmetro das partículas NBR 7225/1993 - Materiais de pedra e agregados naturais, o agregado graúdo é classificado como pedra britada 1, conhecida como pedregulho médio com dimensões predominantes de 12 mm.

Gráfico 02 – Curva granulométrica do agregado graúdo.

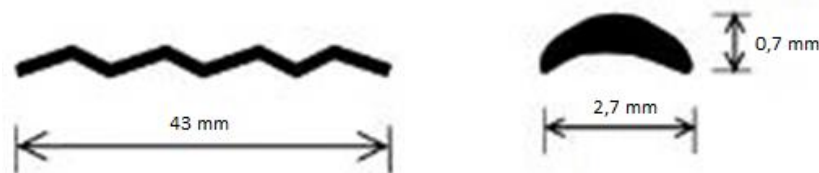


Fonte: Autores (2021).

2.2.3 Fibras de Aço corrugado.

A fibra de aço corrugada além de ser corrugada e cortada a frio, é elaborada a partir de arame de aço de baixo teor de carbono. Logo, dispendo de um perfil senoidal que promove a aderência ao longo de sua extensão. Uma vez adicionado na matriz de concreto, é gerado um composto provido de um coeficiente de resistência à fadiga, tração e impacto, proporcionado às condições favoráveis para torná-lo altamente tenaz e dúctil. As fibras de aço corrugadas possuem densidade de aproximadamente $7,8 \text{ g/cm}^3$.

Figura 01 – Fibra corrugada.



Fonte: Figueiredo (2008).

Com a execução de cada um dos ensaios já citados em todos os corpos de prova com percentuais diferentes de fibra de aço, partindo de 0% e seguindo a sequência 1,0%, 2,0%, 3,0% e 5%, obtiveram-se os valores para a análise e comparação de cada característica específica. Com isso foi possível analisar onde houve o aumento ou perda de cada característica. Também foi estabelecida a relação do corpo de prova com cada

porcentagem de fibras com o concreto com 0% de adição. Por fim conclui-se a peça com a adição tem características superiores ou inferiores à peça sem adição.

Figura 2 – Fibras de aço corrugada utilizadas nos ensaios.



Fonte: Autores (2021).

2.2.4 Determinação do abatimento do tronco de cone

O adensamento do concreto está diretamente ligado a: facilidade de reduzir os vazios na peça de concreto e do adensamento da mesma; facilidade de moldagem (preenchimento uniforme da fôrma e dos espaços entre as armaduras em caso de concretos armados) e a resistência à segregação e manutenção da homogeneidade do concreto, durante o manuseio e adensamento.

Tabela 04 – Abatimento do tronco de cone dos concretos executados na pesquisa.

ABATIMENTO	TRAÇO A 0,0% (mm)	TRAÇO B 1,0% (mm)	TRAÇO C 2,0% (mm)	TRAÇO D 3,0% (mm)	TRAÇO E 5,0% (mm)
MEDIDA 01	63	76	65	74	48
MEDIDA 02	76	95	62	65	50
MEDIDA 03	82	96	60	60	49
MEDIA ABATIMENTO	73,67	89	62,33	66,33	49

Fonte: Autores (2021).

De acordo com a variação na adição de fibras de aço em todos os traços de concreto, verificou-se que a redução da trabalhabilidade do compósito se deu de forma diretamente proporcional. Foi perceptível a diferença entre o compósito no estado fresco sem a adição de fibras, em relação as características do concreto nos traços que continham fibras de aço, constatou-se uma significativa perda da trabalhabilidade, bem

como a redução da plasticidade (correlaciona a facilidade que a substância pode ser moldada sem se romper).

Figura 3 – Abatimento de tronco de cone dos traços A, B, C e D.



Fonte: Autores (2021).

Percebeu-se nas amostras dos três primeiros traços (A, B e C) que a segregação era praticamente inexistente visualmente (Ainda não existem ensaios comuns para analisar a característica de segregação). Já na amostra seguinte (traço D) visivelmente demonstrou uma segregação tímida, a adição de 3% de fibras de aço pareceu já ser uma quantidade limite em termos de segregação.

Até a idade de 28 dias que é a idade de ensaio, os corpos de prova foram mantidos em processo de cura úmida, nas condições padronizadas, conforme a NBR 5738/2015.

3 RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO

A partir dos dados coletados em laboratório, foram feitos uma série de procedimentos e cálculos para uma melhor análise de todo o ensaio. Assim, para a área da base do corpo de prova têm-se:

$$A_c = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

A_c = Área do círculo (cm²);

π = 3,14159 (constante);

d = Diâmetro do corpo de prova cilíndrico (cm).

Desse modo, para o diâmetro de 10 cm e $\pi = 3,1416$, a área da base do CPC (corpo de prova cilíndrico) foi igual a 78,54 cm². Para o cálculo da tensão, utilizou-se a formula:

$$t = \frac{F}{Ac}$$

t = Tensão (Tf/cm²);

F = Força a compressão (Tf);

Ac = Área da base do CPC (cm²).

Os resultados foram demonstrados em Mpa, havendo a necessidade de converter unidades nos valores da tensão obtidos com a fórmula anterior, multiplicando por 100, transformando a unidade de Tf/cm² para Mpa. Os rompimentos foram realizados com 28 dias de cura.

Figura 4 – Corpo de prova cilíndrico sendo rompido.



Fonte: Autores (2021).

A figura 4 mostra um dos corpos de prova cilíndricos sendo rompido na prensa manual, o resultado do rompimento foi obtido no visor localizado na lateral da prensa, onde esse registrava o pico de força a compressão aplicada. Os dados gerados pela prensa eram obtidos em toneladas força (Tf). Contudo, com os dados obtidos pelo rompimento a compressão dos corpos de prova cilíndricos dos traços A, B, C, D e E com a adição de fibra de aço de 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0% e 5,0% respectivamente. Contemplando a transformação de Tf/cm² para Mpa para melhor discussão dos resultados (tabela 5).

Tabela 05 – Resistência média dos corpos de prova a compressão.

Traço	%Fibra	CPC 1 (Tf)	CPC 2 (Tf)	CPC 3 (Tf)	CPC 4 (Tf)	Carga média	Resistência a compressão (Mpa)
Traço A	0	19,82	19,35	27,36	21,53	22,02	28,03
Traço B	1	20,16	21,46	20,66	21,37	20,91	26,63
Traço C	2	21,8	21,01	17,44	20,52	20,19	25,71
Traço D	3	18,3	24,54	23,4	20,71	21,74	27,68
Traço E	5	25,61	20,09	24,73	22,55	23,25	29,6

Fonte: Autores (2021).

Observa-se que no rompimento do CPC 3 do traço “A” houve uma certa variação relativamente grande em relação aos outros CPC do mesmo traço, esse fato pode ser por conta da constância e/ou da velocidade na adição de carga na prensa, pois a máquina utilizada é manual e outros possíveis erros de execução do ensaio.

Figura 5 – Corpos de prova cilíndricos do traço A.



Fonte: Autores (2021).

Podemos observar na imagem anterior (Figura 5) os quatro CPC do traço A já rompidos. Não houve um rompimento abrupto de nenhuma das peças, mas em relação aos CPC dos outros traços, visualmente os CPC do traço A foram os que mais desfragmentaram após o rompimento.

Figura 6 – Corpos de prova cilíndricos dos traços B, C, D e E.



Fonte: Autores (2021).

Pela figura 6, percebeu-se que os CPC dos traços B, C, D e E tiveram muitas trincas visíveis, porém não houve uma desfragmentação muito grande. Contudo os casos de fragmentação se deram em grandes pedaços, devido à união das partículas causada pelas fibras de aço. Nos corpos de prova rompidos do traço E constatou-se poucas fissuras nas peças, e essas foram mínimas em comparação aos traços anteriores (se dando pelas pontes de ligação causadas pela adição de fibras de aço).

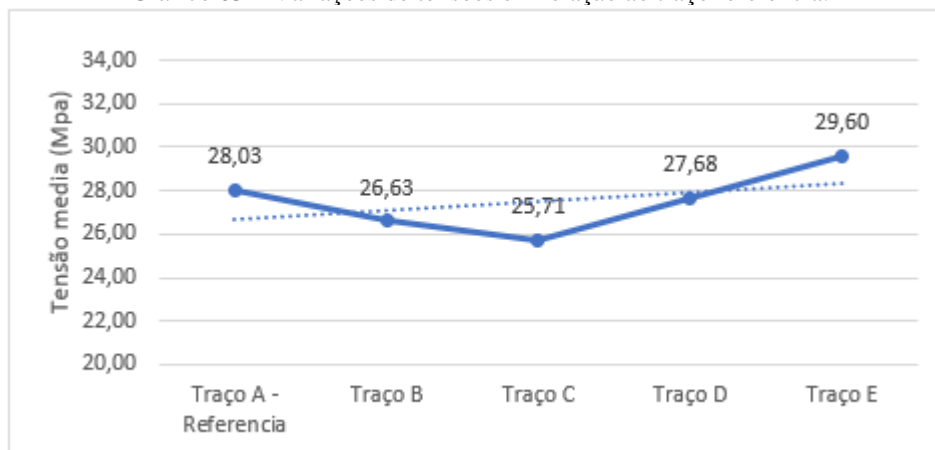
Tabela 06 - Resistências médias a compressão e variações em relação ao traço referência.

TRAÇO	% FIBRAS	Tensão média (Mpa)	Varição em relação a referência (Mpa)
A - Referência	0	28,03	0
B	1	26,63	1,4
C	2	25,71	2,32
D	3	27,68	0,35
E	5	29,6	1,57

Fonte: Autores (2021).

Com o gráfico 03, observa-se uma queda de resistência entre os traços A e C, e um ganho de resistência até o ponto do traço E. A diferença da resistência entre o ponto de menor adição de fibras de aço, que é de 0,0% no traço referência A com tensão igual a 28,03 Mpa e o ponto de maior quantidade de fibras que é o traço E com 5,0% de adição tendo a tensão igual a 29,60 Mpa, assim temos uma variação de tensão de 1,57 Mpa. Portanto o ganho de resistência com a adição de 5,0% de fibras de aço é de 1,57 Mpa.

Gráfico 03 – Variações de tensões em relação ao traço referência.



Fonte: Autores (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por conseguinte, observou-se que a trabalhabilidade do compósito é afetada negativamente de acordo com a quantidade adicionada de fibras de aço, porém a resistência à compressão e a tração na flexão apresentam ganho progressivo, além de ductilidade melhorada dentro das porcentagens e dos traços utilizados nesta pesquisa. Vale ressaltar que foram incluídas à análise da resistência a tração na flexão e análise visual da mecânica da fratura e da ductilidade, levando em conta os ensaios executados no concreto em seu estado endurecido para aprimorar os estudos.

Conclui-se ainda que, a adição de fibras de aço beneficia as estruturas que a utilizam, com características como a diminuição da fissuração por retração e em possíveis casos de abalo estrutural o rompimento se dará de forma branda, características que em prática auxiliariam os engenheiros na melhoria da qualidade das estruturas.

O laboratório no qual foi realizada a pesquisa e os materiais disponíveis para a execução dos ensaios não permitiram executar mais corpos de prova, no entanto, teria sido interessante ter feito mais amostras para cada traço, pois quanto maior a quantidade de amostra utilizada em cada ensaio melhor a qualidade dos resultados finais, incluindo maior variação dos traços, com adições superiores a 5,0 % para analisar uma possível queda na resistência e a atenuação ainda maior na trabalhabilidade.

REFERÊNCIAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento Portland. 7.ed. São Paulo, 2002.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro-RJ, 1987.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro-RJ, 2015.

ABNT.ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregado para concreto. Rio de Janeiro-RJ, 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro-RJ, 1991.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7225: Materiais de pedra e agregados naturais. Rio de Janeiro, 1993.

AMARAL JUNIOR, J.; SILVA, L.; MORAVIA, W. Análise experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto. Revista Matéria, Belo Horizonte-MG, v. 22, n. 1, p. 423-430, 2017.

BEBER, A.J. Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

BRAZ, M.C.A.; NASCIMENTO, F. B. C. Concreto reforçado com fibras de aço. Caderno de graduação. Maceio-AL, v. 3, n. 1, p. 43-56, 2015.