



## INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE CONCRETOS DE RESISTÊNCIA NORMAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS POR MEIO DE PARÂMETROS REOLÓGICOS E MECÂNICOS

**CEDRIM, Matheus Barbosa Moreira** <sup>1</sup>;

**SILVA, Rafael Coelho de Mendonça** <sup>2</sup>;

**BARBOZA, Aline da Silva Ramos** <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrando, UFAL, Maceió, AL, matheuscedrim@hotmail.com.

<sup>2</sup> Mestrando, UFAL, Maceió, AL, rcmendoncasilva@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutor, UFAL, Maceió, AL, aline@lccv.ufal.br.

<sup>4</sup> Trabalho da disciplina Mecânica do Concreto Armado do Mestrado em Estruturas da UFAL.

**Resumo.** *O emprego dos concretos fluidos reforçados com fibras vem crescendo ao longo das últimas décadas. Como consequência desse crescimento, o estudo das fibras como reforço de matrizes cimentícias vem sendo objeto de análise de diversas pesquisas. Em especial, os concretos reforçados com fibras de aço são estudados com base nos parâmetros da fração volumétrica e o fator de forma das fibras. Este tipo de reforço de concreto vem ganhando aplicações em diversas áreas da construção civil, por apresentar ganhos técnicos e econômicos frente ao concreto convencional. São exemplos de utilização: pisos industriais, concreto para revestimento de túneis, pavimentação com placas de concreto e estruturas pré-moldadas. A literatura sobre o assunto já apresenta dados confiáveis na eficiência do uso de fibras de aço contra as tensões de tração induzidas no concreto, evitando fissuração e contribuindo para o aumento da vida útil da estrutura. No presente trabalho, objetivou-se analisar as propriedades mecânicas e reológicas para concreto autoadensável com adição de fibras de aço, e discutir o resultado apresentado pela literatura e pelo grupo de pesquisa em concretos fibrosos da Laboratório de Estruturas e Materiais – LEMA da Universidade Federal de Alagoas. Além disso, apresenta-se mais um resultado para comparação com concretos convencionais.*

**Palavras-chave:** *Concreto autoadensável, Fibras de aço, Parâmetros mecânicos e reológicos.*

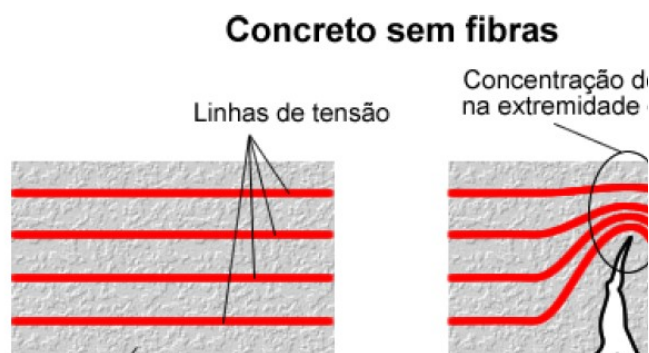
## 1 INTRODUÇÃO

O concreto reforçado com fibras de aço (CRFA) é uma mistura heterogênea, cujo objetivo principal é a obtenção de um material que, combinando as características de seus componentes de maneira adequada e harmoniosa, apresente um melhor desempenho estrutural do que estes, sob condições específicas de uso.

De acordo com MEHTA E MONTEIRO (2008), dentre os diferentes tipos de fibras, as de aço são as mais utilizadas para aplicações estruturais e são levadas em consideração em muitas aplicações não estruturais. Estas apresentam um formato variável, com o intuito de elevar a sua aderência com a matriz cimentícia e tem sido objeto de estudo em diversas pesquisas, visando um avanço tecnológico no estudo das propriedades do concreto.

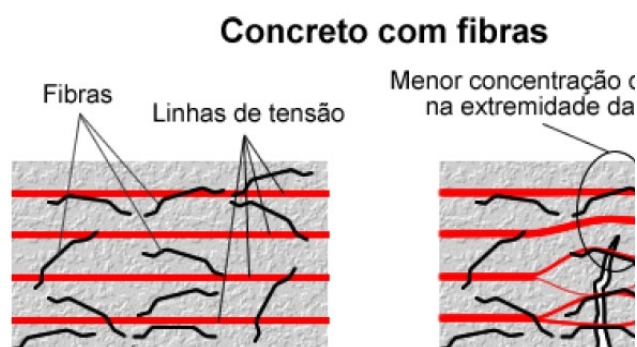
Conforme definição do código ACI 544.1R (1996), as fibras de aço para reforço de concreto são comprimentos discretos de aço tendo uma relação entre o comprimento e o diâmetro da seção transversal entre 20 e 100, com várias formas de seção transversal, e que são suficientemente pequenas para serem dispersas aleatoriamente e misturadas no concreto fresco por procedimentos usuais. O objetivo da utilização desta fibra é aumentar a tenacidade, resistência à flexão, resistência ao impacto e fadiga e o controle da fissuração do compósito.

O autor BARROS (2009) exemplifica nas figuras 1 e 2 como se distribuem as linhas de tensão no concreto. Para a figura 1, sem adição de fibras, quando há fissuração, ocorre uma concentração de tensões que contribuem para o aumento da abertura. Já com a presença de fibras, na figura 2, estas atuam ajudando na transmissão dessas tensões, fazendo uma melhor distribuição destes esforços e mitigando a abertura de fissuras.



**Figura 1:** Esquema para concentração de tensões para concreto sem fibras

Fonte: BARROS, 2009.



**Figura 2:** Esquema para concentração de tensões para concreto reforçado com fibras

Fonte: BARROS, 2009.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O concreto de referência foi determinado através do método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Segundo este método, a definição das quantidades dos materiais constituintes do concreto é realizada com a proporção agregado gráúdo/miúdo, determinando-se o teor ótimo de agregado gráúdo na mistura, em função da sua dimensão máxima característica e do módulo de finura da areia, enquanto que o consumo de areia será função dos teores de pasta e agregado gráúdo do concreto.

A dosagem utilizada nesse estudo foi obtida junto aos integrantes do grupo de pesquisa em concretos fibrosos – LEMA – CTEC/UFAL para um concreto autoadensável, com resistência à compressão prevista de 30 MPa. Utilizando essa dosagem, foi possível obter os quantitativos de materiais para 50 litros da mistura, conforme informações da tabela 1.

**Tabela 1:** Dosagem do concreto produzido no estudo.

MATERIAL	VALOR	UNIDADE
Cimento Portland	20,750	Quilograma (Kg)
RBMG	10,375	Quilograma (Kg)
Areia	36,716	Quilograma (Kg)
Brita	39,549	Quilograma (Kg)
Água inicial	8,300	Quilograma (Kg)
Água complementar	1,833	Quilograma (Kg)
Água de absorção	1,103	Quilograma (Kg)
Superplastificante Glenium 51	0,346	Quilograma (Kg)
Fibra de aço FF 44	2,368	Quilograma (Kg)
Fibra de aço FF 80	1,303	Quilograma (Kg)

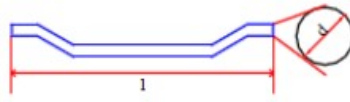
### 2.1 Materiais

O cimento utilizado foi o CP II Z-32 (com adição de material pozolânico). O agregado gráúdo utilizado foi a brita de origem granítica com dimensão máxima de 12,5 mm, comercialmente conhecida como brita 1. Somente um tipo de areia foi utilizado na mistura, tendo sido classificada como areia média, com módulo de finura de 2,91.

O aditivo utilizado neste estudo foi o superplastificante GLENIUM 51, o qual foi usado na confecção dos concretos para promover trabalhabilidade à mistura, sem a necessidade de alteração da relação água/cimento.

Tendo em vista a necessidade de uma elevada quantidade de finos na mistura de concretos autoadensáveis, neste trabalho, foi utilizado o resíduo do beneficiamento do mármore e granito (RBMG) como adição mineral, com o objetivo de conferir compacidade à estrutura interna do material cimentício.

Foram utilizadas fibras de aço com ancoragem em gancho nas extremidades, obtidas através do processo de trefilação à frio do aço, com resistência à tração em torno de 1000 MPa. Quanto à geometria (figura 3), as fibras apresentam comprimento (L) de 33 mm e 60 mm e seção transversal circular com diâmetro (D) de 0,75 mm, resultando em fatores de forma (L/D) de 44 e 80, respectivamente, utilizando apenas uma ou outra em cada dosagem. Conforme classificação da NBR 15530, a fibra de aço usada neste estudo corresponde ao tipo A I (com ancoragem e oriunda de arame trefilado a frio).

Tipo (Geometria)	Classe de fibra	Geometria
A	I	

**Figura 3:** Fibra de aço utilizada no estudo

Fonte: NBR 15530:2007.

## 2.2 Avaliação do concreto no estado fresco

A capacidade de preenchimento dos concretos autoadensáveis (CAA), com e sem fibras de aço, foi avaliada através do ensaio do funil V e do ensaio de espalhamento padronizado no Japão (JSCE-F503). O funil V simula a capacidade de passagem do CAA através do estreitamento de uma seção, sob a ação do seu próprio peso.

O teste de espalhamento consiste em preencher o cone de Abrams com concreto, sem compactação mecânica, em seguida levantá-lo, lentamente, deixando o concreto se estender em forma aproximadamente circular. A média de duas medidas perpendiculares (D1 e D2) do concreto espreado resulta no valor do parâmetro de extensão final do fluxo (Dmed).

O tempo, medido em segundos, para o concreto alcançar um diâmetro de 50 cm, é chamado de T50. O ensaio é usado para verificar a capacidade de preenchimento do CAA e está diretamente relacionado com a sua fluidez para baixos níveis de tensão.

## 2.3 Avaliação do concreto no estado endurecido

Utilizando como referência o concreto produzido pelo grupo de pesquisa em concretos fibrosos, e com objetivo de determinar as resistências à compressão axial e à tração por compressão diametral, foram confeccionados corpos de prova 10x20 cm, seguindo as orientações da NBR 5738:2015, que determina os procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos.

Para o processo de cura do concreto, feita a desmoldagem, após 24 horas da concretagem, os corpos de prova cilíndricos foram levados à cura em tanque de imersão. Para cada idade de ensaio, foram rompidos 9 corpos de prova, sendo 3 corpos de prova de concreto sem fibras, 3 corpos de prova de concreto com fibras de aço FF 44 e 3 corpos de prova de concreto com fibras de aço FF 80. Os valores obtidos são representados através das médias de cada ensaio.

## 3 RESULTADOS

Como avaliação dos parâmetros reológicos, a tabela 2 mostra os resultados obtidos no ensaio de espalhamento e de funil V para o concreto dosado neste trabalho:

**Tabela 2:** Resultados do ensaio do funil V e de espalhamento.

	FUNIL V (s)	ESPALHAMENTO			
		T50 (s)	D1 (mm)	D2 (mm)	Dmed (mm)
C-ref 02/02/2016	11	3	860	720	790
C-44 03/02/2016	23	3,31	830	710	770
C-80 04/02/2016	27	3,46	820	730	775

Após realizar os ensaios de resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral, os seguintes resultados foram obtidos, conforme as tabelas 3 e 4:

**Tabela 3:** Resultados dos ensaios para a idade de 14 dias.

	ESTADO ENDURECIDO - 14 DIAS	
	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
C-ref 16/02/2016	3,35	28,82
C-44 17/02/2016	3,77	33,02
C-80 18/02/2016	3,94	30,79

**Tabela 4:** Resultados dos ensaios para a idade de 28 dias.

	ESTADO ENDURECIDO - 28 DIAS	
	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
C-ref 01/03/2016	3,68	32,17
C-44 02/03/2016	4,95	34,36
C-80 03/03/2016	4,37	34,80

## 4 DISCUSSÃO

Através dos resultados obtidos, foi possível observar que a adição de fibras de aço FF 44 ocasionou redução de 2,53% na fluidez do CAA, conforme os valores de Dmed apresentados na figura 4. Esses resultados indicam que, como já era esperado, parte da pasta, que serviria para transportar o agregado graúdo da mistura durante o fluxo do concreto, é consumida no envolvimento das fibras, resultando numa menor extensão de espalhamento. Além disso, pode ser observado no aumento do tempo T50, quando da adição das fibras de aço, indicando uma maior coesão do concreto produzido.

Em termos de propriedades mecânicas, observa-se que com a adição das fibras há um aumento nas resistências à tração e à compressão, fato proporcionado pela atuação das fibras como um sistema de confinamento do concreto, dificultando o desenvolvimento de fissuras e ocasionando ganhos na resistência.

## 5 CONCLUSÕES

BARROS, GOMES E BARBOZA (2011) citam os benefícios técnicos e econômicos do CRFA. A combinação das propriedades mecânicas dos dois materiais melhora significativamente as propriedades no estado endurecido, principalmente frente aqueles esforços que induzem tensões de tração, como no caso das solicitações usuais em vigas submetidas à flexão simples.

O CAA por si só já traz vantagens em relação ao concreto convencional, a adição de fibras de aço no mesmo proporciona novas vantagens e possibilidades de aplicação, fazendo um material mais eficiente e durável. A aplicação de um novo material ainda é um paradigma a ser quebrado, porém, verifica-se que há vários campos de aplicação na construção civil para um desempenho satisfatório e seguro.

### *Agradecimentos*

Os autores agradecem ao grupo de pesquisa em concretos fibrosos do Laboratório de Estruturas e Materiais (LEMA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pelo apoio técnico e informações prestadas para a produção deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 544.1R-96**: State-of-the-art report on fiber reinforced concrete. Michigan, 1996.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15530**: Fibras de aço para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 2007.

BARROS, Alexandre Rodrigues de. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, Centro de Tecnologia. Avaliação do comportamento de vigas de concreto auto-adensável reforçado com fibras de aço, 2009. 155f, il. Dissertação (Mestrado).

BARROS, A. R., GOMES, P. C. C., BARBOZA, A. S. R., Concreto autoadensável reforçado com fibras de aço – comportamento à flexão. Revista Ibracon de estruturas de materiais, v. 4, n. 1, p. 49-78, 2011.

JAPANESE SOCIETY OF CIVIL ENGINEERING. **JSCE-F503** – Method of Test for the Slump Flow of Concrete. Tóquio, 1990.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 2 eed. São Paulo: Ibracon, 2008.