

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO

Ualison Felipe Soares Costa¹

Ricardo Fonseca de Oliveira²

RESUMO: Neste presente artigo foram realizadas pesquisas em relação aos métodos e procedimentos a serem realizados para o ensaio de resistência a compressão, fazendo-se também uma abordagem às características e influência das fibras em relação ao concreto, afim de se analisar as resistências entre o concreto sem fibras de aço e o concreto reforçado com fibras de aço, observando o seu comportamento por meio de ensaios normatizados realizados em laboratório, onde foi possível observar portanto que o concreto com fibras teve um aumento de resistência a compressão em relação ao sem fibras para concretos sob condições específicas.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto; ductilidade; compressão.

ABSTRACT: In this article, research was carried out in relation to the methods and procedures to be carried out for the compressive strength test, also making an approach to the characteristics and influence of the fibers in relation to the concrete, in order to analyze the strengths between concrete without steel fibers and concrete reinforced with steel fibers, observing their behavior through standardized tests carried out in the laboratory, where it was possible to observe therefore that concrete with fibers had an increase in compressive strength compared to without fibers for concretes under specific conditions.

KEYWORDS: Concrect; ductilit; compression.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Medeiros (2012), o concreto tem posto de material para construção civil mais utilizado no mundo (usado em diversos tipos de estruturas), devido ao seu baixo custo e alta durabilidade, e a sua matéria prima formada por areia, brita, cimento e água, ser encontrada com facilidade.

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil - Fundação Carmelitana Mário Palmério. Contato: felipeualison@gmail.com

² Docente do curso de Engenharia Civil - Fundação Carmelitana Mário Palmério - Av. Brasil Oeste, s/n, Jardim Zenith - Monte Carmelo, Fone: (34) 3842 – 5272. Contato: ricardooliveira2013@gmail.com
GETEC, v.10, n.30, p.53-72/2021

De acordo com Silva (2018), o concreto tem alta versatilidade, facilidade de produção e obtenção da matéria prima, sendo, portanto, possível alterar suas propriedades físicas e mecânicas quando se identifica suas propriedades e seu comportamento, isso pode tornar o concreto mais vantajoso. Por isso ao longo dos anos várias pesquisas estão sendo realizadas. Um material que pode ser usado para aumentar a resistência do concreto são as fibras.

O primeiro relato que se tem conhecimento sobre a concepção do Concreto Reforçado com Fibras é datado de 1847. Joseph Lambot, com o objetivo de criar um concreto mais resistente e com melhores propriedades, adicionava fibras contínuas em forma de arame ao concreto ainda fresco (TECNOMOR, 2019).

Segundo Rodrigues (2019), as fibras ainda são pouco exploradas no cenário atual, e existem diversos tipos que podem ser usados juntamente à matriz cimentícia, como: fibras de aço, vidro, carbono, polipropileno, dentre outras.

O aumento da resistência e da ductilidade do concreto submetido à tração direta, à tração na flexão e também à compressão pode ser obtido com a adição de fibras, que pode trazer outros benefícios ao concreto, como diminuição da retração, melhoria no comportamento pós-fissuração, à erosão e à fadiga, maior resistência ao impacto, dentre outros (MEDEIROS, 2012).

As fibras de aço são as mais utilizadas juntamente ao concreto devido às suas benéficas características. De acordo com Medeiros (2012), quanto maior for a esbeltez da fibra de aço, maior será a resistência do concreto. Dentro da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pode-se citar a Norma brasileira NBR 15530/2019 que classifica os tipos de fibras conforme sua geometria, e é de suma importância conhecer tais normas.

A ABNT NBR 5739/2007 prescreve os métodos que devem ser seguidos para ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos, além também da NBR 5738/2015 para moldagem dos mesmos.

Segundo Tecnomor (2019), as fibras permitem que após a fissuração as aberturas continuem pequenas, e é por meio da relação entre a matriz cimentícia e as fibras que o concreto pode resistir a altas tensões de tração e deformação pós fissuração.

Diante deste contexto, este trabalho tem como importância disseminar novas técnicas aplicadas ao uso do concreto de maneira que possa colaborar com melhorias aplicadas às construções em concreto armado, analisando seu comportamento com o uso das fibras de aço, colaborando assim com pesquisas.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar ensaio de compressão simples em concreto reforçado com fibras de aço, observando o comportamento do concreto.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- Levantar pesquisas sobre os parâmetros e métodos que podem ser utilizados para realizar os ensaios usando-se as normas;
- Realizar ensaio de compressão simples em laboratório;
- Comparar a resistência do concreto sem e com fibras (CRFA) observando o seu comportamento;
- Especificar os componentes do concreto e os tipos (formas) de fibras de aço.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

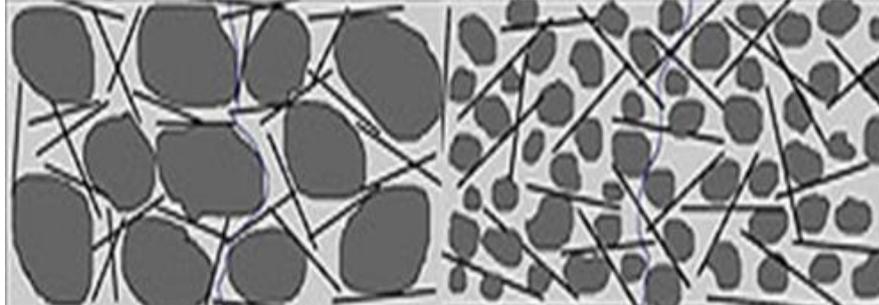
2.1 Influência das fibras de aço na resistência do concreto

De acordo com Rodrigues (2019), as fibras surgiram como necessidade na substituição das fibras de amianto, material altamente cancerígeno, que era utilizado até então.

Distribuídas aleatoriamente ao longo da massa cimentícia – têm por objetivo principal atravessar as fissuras que se formam no concreto quando sob ação de cargas externas, mudanças na temperatura ou umidade do ambiente. Como as fibras ocasionam certa ductilidade após a fissuração, se resistentes e bem aderidas à matriz de cimento em quantidade adequada, permitem que suas aberturas continuem pequenas. A real contribuição das fibras é de aumentar a ductilidade do concreto (TECNOMOR, 2019).

A Figura 1 representa a ação das fibras em reduzir o aparecimento de fissuras, aumentando a ductilidade do concreto, fazendo com que se ganhe acréscimos de resistência.

Figura 1- Combate das fibras no aparecimento de fissuras



Fonte: TÉCHNE (2010).

Segundo Rodrigues (2019), as fibras em que se encontram alto teor tendem a ter menor dimensão das fissuras e maior resistência pós fissuração.

De acordo com a Figura 1, é necessário ter uma compatibilidade dimensional no tamanho dos agregados. De acordo com Figueiredo (2000), os agregados não podem ter grandes dimensões, pois pode causar problemas de interferência fibra-agregado, comprometendo o efeito favorável das fibras, gerando uma distribuição não uniforme das fibras.

Segundo a Tecnomor (2019), as fibras não colaboram significativamente com a compressão, tendo como relevância o aumento a tração, a menos que se use um alto teor de fibras. Alguns fatores que podem alterar a resistência a tração são a geometria das fibras, a forma de conexão entre as fibras, a matriz cimentícia e a maneira como o concreto é misturado.

2.2 Ensaio de compressão simples

O ensaio de compressão simples consiste em usar certa aparelhagem (máquinas) em laboratório com o intuito de aplicar força centrada em corpo de prova elaborados conforme a ABNT NBR 5738(2015), com a finalidade de encontrar a resistência de determinado corpo de prova em concreto. A estrutura de aplicação de força deve ter capacidade compatível com os ensaios a serem realizados, permitindo a aplicação controlada da força sobre o corpo de prova colocado entre os pratos de compressão (ABNT, 2018). O corpo de prova cilíndrico deve ser posicionado

de modo que, quando estiver centrado, seu eixo coincida com o da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro (ABNT, 2018). A máquina de ensaios deve atender aos valores máximos admissíveis determinados pela ABNT NBR ISO 7500-1 (ABNT, 2018).

O sistema de medição de força pode ser analógico ou digital. Em ambos os casos deve ser previsto um meio de indicação da força máxima atingida que possa ser lida após a realização do ensaio (ABNT, 2018).

A resistência a compressão simples deve ser expressa pela seguinte equação:

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2} \quad (1)$$

Onde:

f_c é a resistência a compressão, expressa em Mega Pascal (MPa);

F é a força máxima alcançada, expressa em newtons (N);

D é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm)

2.3 Principais Componentes do concreto armado

O concreto armado deve ter uma classificação granulométrica não homogênea, com grão graúdos e miúdos. A norma NBR 7211 (2019), mostra que o agregado graúdo tem como classificação partículas que possuem diâmetro maior que 4,80 mm (peneira n°. 4), e os agregados miúdos se classificam como aqueles com diâmetros inferiores a 4,80 mm, porém maiores que 0,75 mm (peneira n° 200).

O agregado miúdo é a areia, enquanto os agregados graúdos podem ser as britas com seus diferentes diâmetros, a se definir pelo diâmetro máximo do agregado definido no projeto estrutural para concreto armado, sendo a relação água/cimento primordial para a resistência do concreto e a boa reação entre agregados e cimento.

2.4 Característica das fibras de aço

Segundo a ABNT NBR 15530 (2019), as fibras de aço são adequadas ao uso como material de reforço para concreto por possuírem coeficiente de dilatação térmica igual ao do concreto, e módulo de Young (módulo de elasticidade) pelo menos cinco vezes maior que o do concreto e a deformação das fibras de aço carbono regulares ocorrem somente acima de 370° C.

A ABNT NBR 15530 (2019) classifica as fibras de aço quanto ao teor de carbono:

- Baixo teor de carbono: no máximo 0,30% de carbono;
- Médio teor de carbono: de 0,30% a 0,60% de carbono;
- Alto teor de carbono: 0,60% a 1% de carbono.

Segundo a NBR 15530 (2019), as fibras podem ser revestidas ou não com galvanização (ZN) por exemplo, sendo indicada para proteção contra ambientes alcalinos. Ainda segundo a norma, a superfície das fibras devem ser mantidas secas e limpas sem sujeiras ou substâncias gordurosas que possam afetar a interação entre a fibra e o concreto.

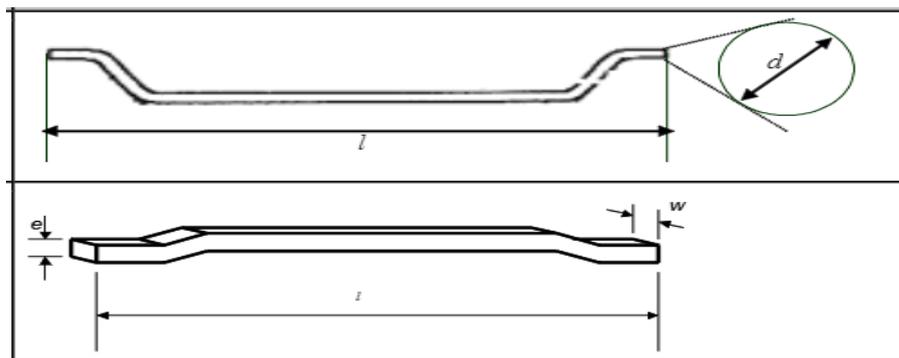
De acordo com a NBR 15530 (2019), as fibras se classificam em:

- **Grupo 1:** arames trefilados a frio;
- **Grupo 2:** chapas cortadas;
- **Grupo 3:** arames trefilados a frio e escarifados;
- **Grupo 4:** fibras produzidas por fusão;
- **Grupo 5:** usinadas a partir de blocos de aço.

Tendo-se três tipos geométricos :A, C e R.

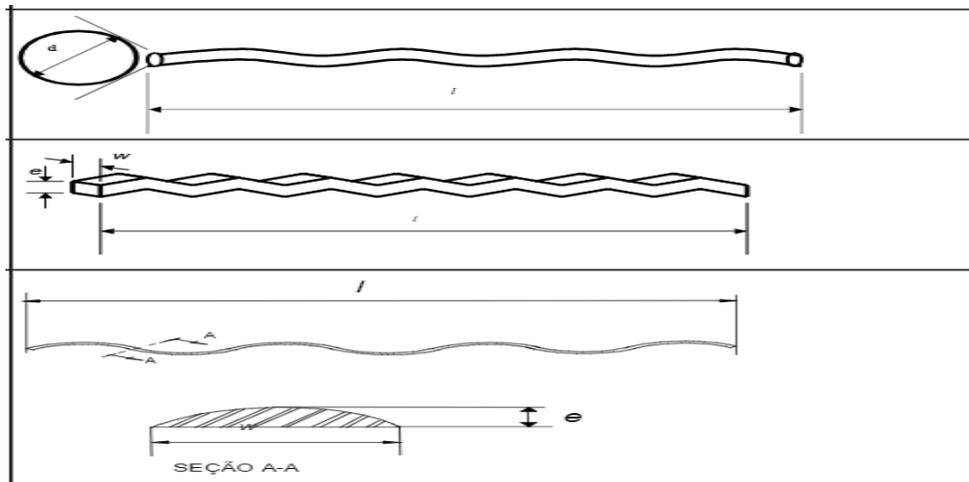
- Tipo A: fibra com ancoragens na extremidade (Figura 2);
- Tipo C: fibra com ondulações no corpo (Figura 3);
- Tipo R: fibra reta sem ancoragem (Figura 4);

Figura 2 - Geometria tipo A



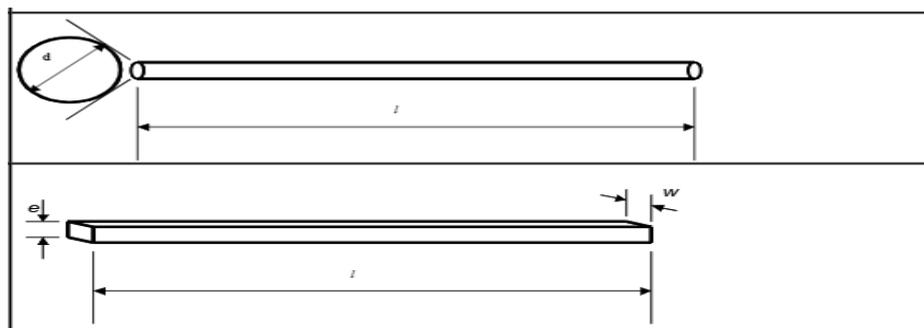
Fonte: Figueiredo et al., 2008.

Figura 3 – Geometria tipo C



Fonte: Figueiredo et al., 2008.

Figura 4 – Geometria tipo R



Fonte: Figueiredo et al., 2008.

De acordo com Medeiros (2012), quanto maior for a esbeltez da fibra, maior será a sua capacidade resistente após a fissuração do concreto, que é a relação entre seu diâmetro e seu comprimento.

3 METODOLOGIA

Este presente trabalho foi realizado no laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário Mario Palmério (UNIFUCAMP), baseando-se em pesquisas e estudos, utilizando-

se materiais e equipamentos disponíveis e exclusivos para a execução do ensaio experimental, o qual serão descritos neste contexto.

Para realizar tal ensaio foram usadas fontes de pesquisas e as normas de determinação da resistência a compressão simples de corpos de prova cilíndricos (ABNT NBR 5739 de 2018), Fibras de aço para concreto - Requisitos e métodos de ensaio (ABNT NBR 15530 de 2019) e moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos (ABNT NBR 5738 de 2015).

3.1 Materiais empregados no ensaio

Durante os ensaios, foram utilizados os seguintes materiais:

- **Agregado miúdo**: Como agregado miúdo para concretos estruturais em vigas, lajes e pilares, é comumente utilizado a areia grossa tendo diâmetro de 2 a 4mm, sendo esse importante para se ter uma granulometria adequada nesse tipo de concreto. Foi utilizado para a confecção dos corpos de prova a areia lavada grossa conforme a Figura 5.

Figura 5 – Areia lavada grossa

Fonte: O autor (2020).



- **Agregado graúdo**: Deve haver uma limitação do diâmetro máximo do agregado graúdo (brita) como já citado anteriormente no emprego ao concreto com fibras, pois um agregado muito grande pode atrapalhar a distribuição uniforme das fibras e diminuindo seu potencial final. Portanto, o diâmetro máximo do agregado adotado neste contexto será de 19 mm, referente ao uso da brita 0 ou 1, conforme a Figura 6;

Figura 6 – brita



Fonte: O autor (2020).

- **Cimento Portland:** Foi usado o Cimento Portland CP II E 32, cimento mais comum usado em obras da construção civil, pois se encontra em bom preço e oferece resistência adequada a várias etapas de uma construção, ilustrado na Figura 7;

Figura 7 - Cimento CP II E 32

Fonte: O autor (2020).



- **Aditivo superplastificante:** Foi utilizado o aditivo hiper plastificante Mira Flow 943 BMX que, segundo Neves (2020), tem como algumas de suas funções aumentar a trabalhabilidade e aderência entre fibra e agregado deixando mais homogêneo o compósito. Usou-se 0,3% (mínimo consumo) sobre a massa de cimento de 3,14 kg (volume de 2 corpos de prova) e sobre a massa de cimento de 4,71kg (volume de 3 corpos de prova), segundo a Figura 8;

Segundo o instituto brasileiro de impermeabilização (IBI), a dosagem em volume pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\text{Dosagem (\%)} = \frac{[\text{massa específica}(\text{kg/l})] \times [\text{volume do aditivo}(\text{l})] \times 100}{\text{massa do cimento (kg)}} \quad (2)$$

Massa específica do aditivo = $1,05\text{g/cm}^3 = 1,05\text{kg/l}$ (fornecido pelo fabricante);

Dosagem = 0,3%; Massa do cimento = 3140g = 3,14kg (para 2 corpos de prova);

Dosagem = 0,3%; Massa do cimento = 4710g = 4,7kg (para 3 corpos de prova).

Isolou-se o volume e encontrou-se a dosagem de aditivo (1g=1ml).

Figura 8 – Aditivo hiper plastificante

Fonte: O autor (2020).



- **Água:** Foi utilizada água potável proveniente do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) de Monte Carmelo, sendo dosada conforme o traço específico adotado.
- **Fibra de aço carbono:** Será usada as fibras de aço DRAMIX 65/60 RN sendo 0,9mm de diâmetro e 60 mm de comprimento. As fibras vieram coladas em feixes por cola solúvel para facilitar a introdução, conforme Figura 9.

Figura 9 - Fibras

Fonte: O autor (2020).



3.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados foram:

- **Prensa:** Prensa da Marca Hidraumax, capacidade nominal de 30 toneladas (Figura 10);

Figura 10 – Prensa



Fonte: O autor (2020).

- **Betoneira:** Marca CSM e capacidade de 150 litros, segundo Figura 11.

Figura 11 - Betoneira



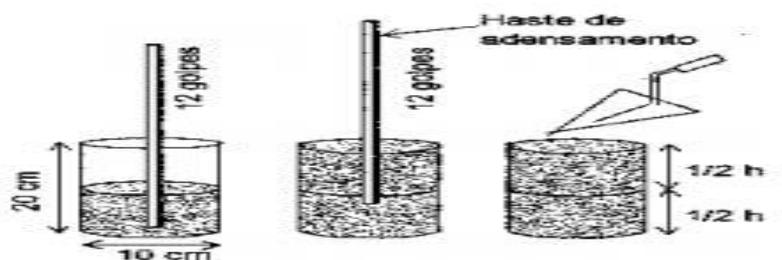
Fonte: O autor (2020).

- **Confeção dos corpos:** Por se tratar de uma pequena masseira de amassamento, pode-se fazer tanto manual quanto por betoneira. Segue-se a sequência: areia, brita, misturar, cimento, misturar, acrescentar água aos poucos e ir misturando. Segundo o fabricante, os aditivos Mira Flow devem ser lançados diretamente no concreto após a mistura dos materiais, nunca sobre os materiais secos e o abatimento ideal é de 160 mm a 220 mm, para concreto com fibras ir colocando aos poucos para se evitar ouriços.

3.4 Moldagem dos corpos de prova

Os moldes têm dimensões especificadas na NBR 5738 (2015), sendo 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura do corpo de prova cilíndrico. Foram usados para adensamento dos corpos de prova uma haste, nivelando a superfície em movimentos circulares e apiloando o concreto com 12 golpes a cada meio enchimento, distribuindo os golpes em toda sua seção transversal conforme recomenda a NBR 5738 (2015). Como indicado na norma citada, para não haver vazios no concreto, bate-se ainda com um martelo com cabeça emborrachada na face externa no molde de maneira que o processo de adensamento (expulsar vazios) seja realizado. A NBR 5738 (2015) ainda recomenda usar um pouco de excesso no topo do molde para que seja feito o arrasamento com a colher de pedreiro, eliminando o excesso e dando acabamento a superfície. Para facilitar a desforma, usou-se desmoldante a base de óleo. Para corpos com fibra optou-se por dividir a moldagem em mais camadas, diminuindo os golpes e a profundidade do golpe, optando também por uma haste mais fina para a distribuição homogênea das fibras, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Sequência de moldagem



Fonte: Latache (2011).

3.5 Cura dos corpos de prova

Segundo a NBR 5738 (2015), ao se finalizar as moldagens, os corpos de prova são levados cuidadosamente a um local sobre superfície horizontal e protegido das intempéries ou quaisquer outros meios de perturbações onde ficarão em cura inicial de 24 horas. Os corpos de provas receberão o melhor tipo de cura recomendado, a cura por submersão, em que ficarão em repouso por 28 dias, sendo esse período necessário para que o concreto alcance 100% de sua resistência característica. Para o concreto com fibras após 48 horas de cura (tempo necessário para aderência das fibras a matriz cimentícia) é possível realizar os ensaios de comparação. Os corpos ficarão em cura por submersão para hidratação sobre cal hidratada conforme recomenda a NBR 5738 (2015).

3.6 Esquematização

Para um corpo de prova cilíndrico com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, foram usadas as fibras de aço com ancoragem nas pontas sendo classificadas pela NBR 15530 (2019) como do tipo A e grupo de fabricação 1. Estas usadas como reforço para concreto com o traço específico para um concreto convencional com $f_{ck} = 25 MPa$ e $30 MPa$. Foram moldados corpos de prova com diferentes teores de fibras, rompendo tais corpos de prova em prensa, aplicando-se cargas centrais, a fim de se analisar e testar a sua resistência com e sem o uso das fibras de aço. Foram usados os traços de 1:2:3 (para obras de responsabilidade) e 1:2:2,5. A dosagem foi feita a partir das dimensões do corpo de prova de 10 cm x 20cm, através da equação:

GETEC, v.10, n.30, p.53-72/2021

$$V = a.h = \pi.r^2.h \quad (3)$$

V = volume;

a = área;

h = altura.

Através do traço em lata de 18 litros, e de uma planilha para cálculo do quantitativo de insumos foi possível calcular a dosagem necessária para todos os traços realizados. Os traços e dosagens utilizados foram aproveitados da tabela prática de traços de concreto para uso em obras (consumo/m³) realizado por Pessoa (2017) do Centro Universitário Geraldo Di Bause (UGB), onde dividiu-se cada volume por 18 litros, tendo como resultado o traço para inserção na planilha e calculados dosando-se através do volume de 3 e 2 corpos de prova que é igual a 0,00471 m³ e 0,00314 m³ respectivamente, para saber a quantidade necessária de materiais do concreto. Aumentou-se 5% no consumo para o caso de perdas.

A planilha para cálculo de quantitativo de insumos tem como autor Brito (2020), e foi baseada na massa específica real e na massa específica aparente (esperada) de cada agregado/insumo além dos dados citados acima.

Dosagem de amostras para traço 1:2:3, com 3 corpos de prova por teor de fibras retirados da planilha. O Quadro 1 mostra o quantitativo de insumos.

Quadro 1 – Quantitativo de insumos

Entrada de dados			
Volume de concreto (m ³)			
0,00471			
Traço em lata (18L)			
Cimento	Areia	Brita	Água
13,5	27	40,5	11,67
Massa específica real (kg/dm ³)			
Cimento			3,08
Areia			2,60
Brita			2,70
Água			1,00
Massa específica aparente(kg/dm ³)			
Cimento			1,45
Areia			1,40

Brita			1,50
Água			1,00
Saída de Dados			
Traço em kg			
Cimento	Areia	Brita	Água
1,00	1,93	3,10	0,60
Quantidade de insumos			
Cimento(kg)		1,67438	
Areia(m ³)		0,002309	
Brita(m ³)		0,003464	
Água(m ³)		0,0009982	

Fonte: Adaptado de Brito (2020).

A Tabela 1 representa a dosagem realizada, calculada na planilha com aumento de 5% para possíveis perdas.

Tabela 1- Dosagem dos materiais retirados da planilha

Corpos de prova	Teor de fibra	Cimento	Areia grossa	Brita 0	Água	Fibras	Aditivos	Relação Água/Cimento com redução de 20%	Relação Água/Cimento
	(kg/m ³)	(kg)	(L)	(L)	(L)	(g)	(ml)		
C.P 1	Sem fibras	1,76	2,42	3,64	1,05	0	0		0,6
C.P 2	30	1,76	2,42	3,64	0,84	155,43	14,8	0,48	

Fonte: O autor (2020).

Dosagem para amostras de traço 1:2:2,5 com 2 corpos de prova por teor de fibras, conforme mostra no Quadro 2.

Quadro 2 – Quantitativo de insumos

Entrada de dados			
Volume de concreto (m ³)			
0,0031400			
Traço em lata (18L)			
Cimento	Areia	Brita	Água
1,0000	2,0413793	2,5858543	0,5382789
Quantidade de insumos			
Cimento (kg)		1,2122244	
Areia (m ³)		0,0016720	
Brita (m ³)		0,0020898	
Água (m ³)		0,0006525	

Fonte: Adaptado de Brito (2020).

A Tabela 2 representa a dosagem realizada, calculada na planilha com aumento de 5% para possíveis perdas.

Tabela 2- Dosagem dos materiais retirados da planilha

Corpos de prova	Teor de fibra	Cimento	Areia grossa	Brita 0	Água	Fibras	Aditivos	Relação Água/cimento
	(kg/m ³)	(kg)	(L)	(L)	(L)	(g)	(ml)	
C.P 1	Sem fibras	1,27	1,75	2,19	0,69	0	0	0,538
C.P 2	30	1,27	1,75	2,19	0,69	98,91	9,5	0,538
C.P 3	40	1,27	1,75	2,19	0,69	131,88	9,5	0,538

Fonte: O autor (2020).

Será feito a leitura da prensa ao romper os corpos de prova, transformando esta leitura em Mega Pascal (MPa), pela equação especificada na NBR 5739 (2015), unidade essa usada para expressar a resistência do concreto na engenharia civil. A prensa submete os corpos de prova a compressão simples, até chegar ao limite resistente do corpo de prova, em que ele se rompe determinando a sua resistência característica a compressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção dos corpos de prova

A Figura 13 representa a produção dos corpos de prova na betoneira.

Figura 13 – Confecção



Fonte: O autor (2020).

4.1.1 Moldagem dos corpos de prova

A Figura 14 a seguir representa a moldagem dos corpos de prova conforme a NBR 5738 (2015).

Figura 14 – Moldagem



Fonte: O autor (2020).

4.1.2 Cura por submersão

A Figura 15 ilustra a cura por submersão sobre hidróxido de cálcio, sendo que para CRFA após 48 horas já é possível realizar o ensaio.

Figura 15 – cura por submersão sobre hidróxido de cálcio



Fonte: O autor (2020).

4.2 *Rompimento dos corpos de prova*

A Figura 16 representa o rompimento dos corpos de prova na prensa.

Figura 16 – Rompimento dos corpos



Fonte: O autor (2020).

4.2.1 **Leitura e análise dos resultados**

Os Resultados de resistência a compressão do concreto foram calculados conforme NBR 5739 (2018) citado acima e estão representados na Tabela 4.

Observação: 1 MPa = 1 N/mm² = 10 kgf/cm².

F_{cm} : resistência média dos corpos de prova

Tabela 4 – Resultados do Ensaio de Compressão

Corpos de prova	F _{cm} (MPa) Sem fibras	F _{cm} (MPa) Com Fibras	Acréscimo/redução (MPa)	Percentual de acréscimo/redução
*s/ fibras, 28 dias de cura, 25 MPa- a/c = 0,6 - 3 amostras	20,4		-	-
30 kg/m ³ , 28 dias de cura, 25 MPa - a/c=0,48 – 3 amostras		15,3	-5,1	-33%
*s/ fibras, 7 dias de cura, 30 MPa a/c = 0,54 – 2 amostras	11,03		-	-
30 kg/m ³ , 7 dias de cura, 30 MPa - a/c=0,54 – 2 amostras		14,41	+3,38	+30,7%
40 kg/m ³ , 7 dias de cura, 30 MPa - a/c=0,54 – 2 amostras		11,93	+0,9	+8,25%

Fonte: O autor (2020).

Percebeu-se que para concretos com relação a/c = 0,48 não se obteve um acréscimo de resistência em relação ao concreto com traço de a/c = 0,6, devido ao uso minorado de 0,3% de

aditivo que não melhorou as características de trabalhabilidade para $a/c = 0,48$. Apesar do aumento da compressão não ser o ponto forte das fibras, observou-se, portanto, um acréscimo de resistência a compressão para amostras com fibras com relação água/cimento sem redução de água, tanto para teores de 30kg/m^3 e 40kg/m^3 chegando a um pico de 30,7% de resistência. Conclui-se que o teor com maior resistência se adaptou mais ao tipo de adensamento realizado, devido à grande dimensão da fibra presente no trabalho.

5 CONCLUSÃO

Notou-se um aumento na ductilidade do concreto, onde se percebeu que o concreto se comportou como pseudo-dúctil. Pode se perceber a anisotropia em relação a distribuição das fibras que pode ser uma causa de diferença de resistência pós fissuração, sendo indicado o adensamento por mesa vibratória para o alinhamento da posição das fibras, pois se trata de uma fibra de grande comprimento. Conclui-se que as fibras melhoram as propriedades do concreto em relação a compressão, apesar de não ser o ponto forte das fibras que seria a resistência a tração, e o acréscimo de resistência nas amostras sob condições específicas se dá pelo acréscimo de ductilidade do concreto. O aumento da ductilidade do concreto observado neste contexto “pode” estar associado a diversas outras melhorias no concreto como a resistência a tração, a fadiga, resistência ao impacto e a tenacidade, podendo as fibras serem usadas como reforço complementar juntamente ao concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15530**: Fibras de aço para concreto - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2019.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio De Janeiro, 2019.

BRITO, P. H. L.; **Planilha de quantitativo de insumos do concreto**. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9LendIMMD4A&feature=youtu.be>. Acesso em: 13 out, 2020.

FIGUEIREDO, A. D. **CONCRETO COM FIBRAS DE AÇO**. 2000. 70 f. Monografia (Especialização) – Curso de Graduação em Engenharia Civil, Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FIGUEIREDO, A. D.; CHAMA NETO, P. J.; FARIA, H. M. **A nova normalização brasileira sobre fibras de aço**. *Concreto & Construções*, São Paulo, v. 36, n. 50, p. 67-76, abr./maio/jun. 2008.

GCP APPLIED TECHNOLOGIES. **Mira Flow : Aditivo plastificante polifuncional** 2020. Disponível em : [https://gcpat.com.br/pt-br/solutions/products/mira-mid-range-water-reducers/mira-flow#:~:text=Os%20aditivos%20da%20linha%20MIRA,220%20mm%20\(concreto%20fluido\)](https://gcpat.com.br/pt-br/solutions/products/mira-mid-range-water-reducers/mira-flow#:~:text=Os%20aditivos%20da%20linha%20MIRA,220%20mm%20(concreto%20fluido).)). Acesso em 17 ago, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO , **Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central**. disponível em: <http://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/03/Manual-de-utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-aditivos-para-concreto-dosado-em-central-IBI-1-edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em 17 ago, 2020.

LATACHE. **Catalogo de materiais: Moldagem dos corpos de prova** (2011). disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2403/3/CM%20%20Catalogo%20de%20Materiais.pdf> . Acesso em : 23 jun, 2020.

MEDEIROS, A. **Estudo do comportamento à fadiga em compressão do concreto com fibras**. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro PUC, Departamento de Engenharia Civil, 2012.

NEVES, A.; **Quais são as vantagens do aditivo super plastificante** (2020). Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/aditivo-superplastificante>. acesso em : 17 ago, 2020.

PESSOA, E . N . **Cálculo dos Traços de Concreto** . Disponível em : <https://www.docsity.com/pt/calculo-dos-tracos-de-concreto/4901922/>. acesso em 17 ago, 2020.

RODRIGUES, G. J. **Comportamento do concreto reforçado com fibras de aço carbono: resistência à compressão e tração por compressão diametral**. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO CONHECIMENTO*. Ano 04, Ed. 04, Vol. 06, pp. 83-131. Abril de 2019. ISSN: 2448-0959, disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/concreto-reforcado>. Acesso em 06 abr, 2020.

SILVA, L.; **Análise da influência das microfibras de polipropileno no controle da retração hidráulica no concreto auto adensável**. 2018. Dissertação de Mestrado.

TÉCHNE. **Piso industrial de concreto reforçado com fibras de aço**. 2010. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/163/como-construir-piso-industrial-de-concreto-reforçado-com-fibras-285827-1.aspx>. Acesso em: 19 maio, 2020.

TECNO MOR Aditivos e desmoldantes. **Concreto Reforçado com Fibras (CRF): O que é? Para que serve?**. (2019). Disponível em: <https://tecnomor.com.br/sem-categoria/concreto-reforçado-com-fibras-crf/>. Acesso em: 06 abr, 2020.