

# DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO

**SILVA JÚNIOR**, Arlam Carneiro; **REIS**, Andréa Prado Abreu; **CRAVO**, Fabiano

Palavras-chave: fibras de aço, tenacidade, estruturas de concreto.

## **1 – INTRODUÇÃO**

Os materiais compósitos vêm sendo utilizados na construção civil desde a antiguidade, sendo compostos basicamente por duas fases: a matriz e as fibras. Recentemente, surgiram novas possibilidades tecnológicas, como os concretos reforçados com fibras de aço. Segundo BALAGURU (1992), inicialmente o concreto reforçado com fibras era usado para pavimentos de pisos industriais. Atualmente, este tipo de compósito está sendo usado em diversas aplicações, incluindo pontes, túneis, estruturas hidráulicas, estruturas resistentes a explosões, reforços estruturais, ligações entre elementos pré-moldados, dentre outras. No concreto, as fibras são utilizadas para vencer algumas de suas limitações tais como: fragilidade, baixa capacidade de deformação e baixa resistência à tração. Geralmente, a adição de fibras não visa o aumento de resistência à compressão, embora isso possa ocorrer. Uma área potencial do uso de fibras é a do concreto de alta resistência, cujo uso está crescendo rapidamente e vem substituindo o concreto de resistência normal. Porém, este tipo de concreto mostra-se mais frágil, com pouca ductilidade e pequeno efeito de engrenamento dos agregados na superfície de ruína. Esse inconveniente pode ser superado pela inclusão de fibras de aço na mistura de concreto de alta resistência, que fornece maior tenacidade ao concreto e proporciona um efeito de costura das fissuras, tanto na superfície de ruína como nas imediações das armaduras longitudinais e transversais (HOLAND, 2002). O objetivo deste trabalho é analisar as diferenças de desempenho de concretos reforçados com fibras de aço (compósitos) em função da alteração de sua resistência à compressão, do diâmetro do agregado utilizado e do teor de fibra adicionado.

## **2 – METODOLOGIA**

Fez-se uma revisão bibliográfica sobre o uso de concreto reforçado com fibras de aço. A seguir, iniciou-se o programa experimental para avaliar as propriedades mecânicas dos materiais compósitos. Definiu-se que seriam estudados compósitos com matrizes de resistência à compressão de 40MPa e 60MPa aos 28 dias, confeccionadas usando diâmetros de brita de 12,5mm e 19 mm para cada resistência. Definiu-se que as fibras adicionadas aos materiais compósitos seriam do tipo Dramix RC 65/35 BN usando-se taxas de 0%, 1%, 1,5% e 2%. O desempenho dos materiais compósitos foi avaliado por meio de ensaios à compressão direta, à compressão diametral e à flexão em corpos-de-prova prismáticos sob quatro pontos de carga. A tenacidade de cada compósito foi determinada seguindo as recomendações das normas americana ASTM-C1018 (1994) e japonesa JSCE-SF4 (1984) usando a curva força x deslocamento obtidas dos ensaios.

## **3 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

Foi traçado os gráficos de resistência à compressão (Figura 1) e de resistência à tração na flexão (Figura 2) em função da taxa de fibras. As linhas tracejadas

no primeiro representam as resistências teóricas previstas conforme formulação proposta por SOROUSHIAM & LEE (1989), e no segundo representam uma correção proposta para a resistência à tração já que esta pode ser influenciada pela variabilidade da resistência observada dos resultados dos ensaios de compressão axial.

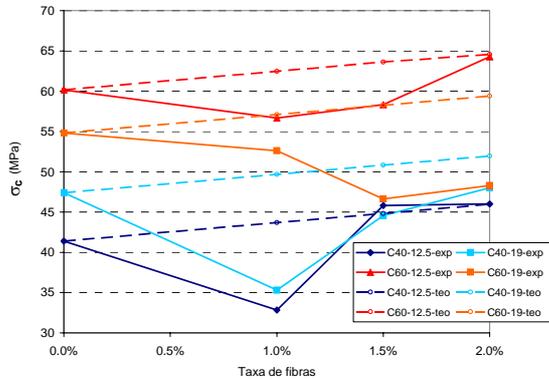


Figura 1 - Resistência à compressão

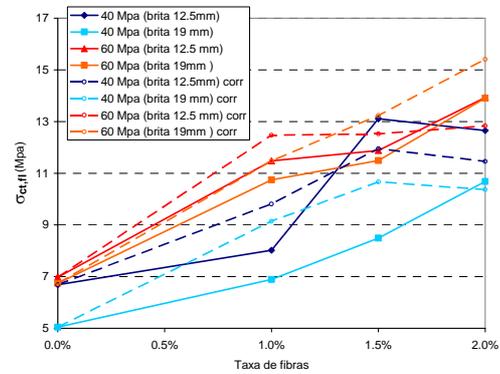


Figura 2 - Resistência à tração na flexão

Por meio dos gráficos força x deslocamento dos ensaios de tração na flexão foi possível avaliar a tenacidade. Os índices de tenacidade foram calculados de acordo com a norma americana e seus resultados são mostrados nas Figuras 3 e 4. Por meio da norma japonesa calcularam-se os fatores de tenacidade, as tensões de fissuração e as tensões de ruptura para todos os compósitos.

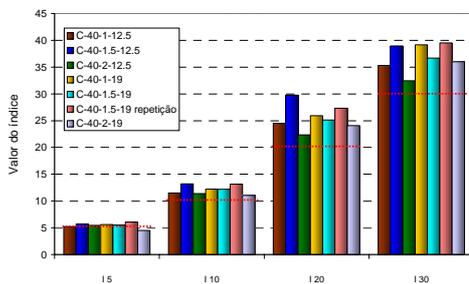


Figura 3 – Índice de tenacidade (40MPa, ASTM – C1018)

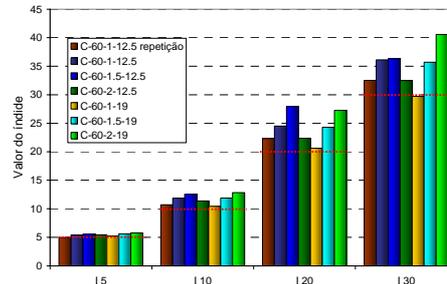


Figura 4 – Índice de tenacidade (60MPa, ASTM – C1018)

#### 4 – CONCLUSÕES

Os ensaios de tração por compressão diametral e de tração na flexão mostraram o aumento da resistência à tração quando se eleva o teor de fibras. Para os traços com brita 12,5 mm, o aumento chegou quase a 100% quando o teor passou de 0% para 2%. Os ensaios de compressão mostraram que para um teor de fibras de 1%, as resistências de todos os compósitos caíram, possivelmente devido ao ar incorporado pelas fibras. Porém, para um teor de 2%, as resistências obtiveram um acréscimo em relação a matriz sem fibras. A tenacidade determinada pelas normas duas normas confirmaram que a adição de fibras, mesmo em pouca quantidade, é capaz de aumentar a tenacidade do material, melhorar o controle da fissuração, e o comportamento pós-fissuração dos compósitos, que continuaram suportando carga mesmo após a primeira fissura. Tanto para os ensaios de compressão quanto para os ensaios de tração, os traços com brita 12,5 mm mostraram resultados melhores do que os traços com brita 19 mm. Segundo FIGUEIREDO (2000), isso se deve ao fato de que só os traços com brita 12,5 mm possuem compatibilidade dimensional entre o agregado e a fibra, permitindo que uma maior porcentagem de fibras atue

como ponte de transferência de tensões. A resistência à compressão calculada segundo a formulação teórica de SOROUSHIAM & LEE (1989) superestimou a resistência à compressão experimental do concreto, enquanto a resistência à tração teórica, também calculada segundo a formulação teórica de SOROUSHIAM & LEE (1989), subestimou a resistência à tração experimental do concreto. Isso mostra que nem sempre as fórmulas teóricas conseguem estimar adequadamente as propriedades mecânicas do compósito e que são ainda necessários mais estudos para desenvolver um procedimento de avaliação teórica mais confiável. Foram determinados também o fator de forma, o fator de espaçamento, o volume crítico e o comprimento crítico, que são parâmetros teóricos propostos na literatura, e que podem ser usados para avaliar o desempenho de materiais cimentícios reforçados com fibra de aço. Entretanto, verificou-se que a avaliação do desempenho dos compósitos usando estes parâmetros é apenas qualitativa, e não quantitativa, pois apenas dá uma idéia de como se pode melhorar o desempenho do compósito alterando o seu traço. Os resultados dos ensaios mostraram que a adição de fibras de aço a uma matriz cimentícia de alta resistência melhora suas características, tendo em vista que cada um dos componentes tem suas potencialidades próprias, que combinadas, geram produtos com propriedades avançadas, essas então tangendo o tema do trabalho apresentado nesse relatório. O desafio será unir esses elementos na melhor proporção, pois a fibra de aço incorpora ar ao concreto, que pode perder resistência à compressão com isso, mas a adição também pode aumentar a resistência à tração do compósito.

## **5 – AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPQ pelo incentivo e apoio concedidos à pesquisa na forma da bolsa de Iniciação Científica, e à Furnas Centrais Elétricas S.A por fornecer os materiais e disponibilizar seus equipamentos e sua equipe técnica para realização dos ensaios experimentais realizados.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1994). ASTM C1018/94b - Standard test method for flexural toughness and first-crack strength of fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading). Philadelphia.
- BALAGURU, P.N.; SHAH, S.P. (1992). Fiber reinforced cement composites. New York: McGraw Hill.
- FIGUEIREDO, A.D. (1997). Parâmetros de controle e dosagem de concreto projetado c/ fibras de aço. São Paulo. Tese (Doutorado). Escola Politécnica USP.
- JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (1984). JSCE-SF4 – part III-2 - Method of tests for steel fiber reinforced concrete.
- HOLAND, K. M. A. (2002). Análise dos mecanismos resistentes e das similaridades de efeitos da adição de fibras de aço na resistência e na ductilidade à punção de lajes-cogumelo e ao cisalhamento de vigas de concreto. São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo.
- SOROUSHIAN, P.; LEE, C. (1989). Constitutive Modeling of Steel Fiber Reinforced Concrete under Direct Tension and Compression. In: Swamy, R.N.; Barr, B. Fiber Reinforced Cements and Concretes: Recent Developments. Elsevier Applied Science, USA, p. 363-377