

## FIBRAS DE AÇO PARA CONTENÇÃO DE FISSURAS EM PEÇAS DE CONCRETO ARMADO

Andreza Cristovão Grecco da Silva<sup>1</sup>  
Jose Eduardo Quaresma<sup>2</sup>

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo transmitir critérios, conceitos gerais e metodologias para o dimensionamento, projeto e execução de obras em concreto reforçado com fibras. São apresentadas, portanto, as informações obtidas através de pesquisas realizadas direcionadas ao estudo da eficiência, resistência e comportamento de tais estruturas. O propósito é contribuir com informações, úteis às áreas de projeto e execução de obras de concreto reforçado com fibras, proporcionando subsídios ao trabalho de projetistas, consultores e construtores que atuam no segmento da engenharia estrutural. Também são apresentados e detalhados fundamentos teóricos, exemplos numéricos das aplicações do concreto reforçado com fibras e detalhes da utilização.

**Palavras-chave:** Contenção de fissura, Fibras de aço, Resistência e Concreto

## STEEL FIBERS FOR CONTAINING FIXINGS IN ARMED CONCRETE PARTS

**Abstract:** This work aims to transmit criteria, general concepts and methodologies for the design, design and execution of works in concrete reinforced with fibers. Therefore, the information obtained through researches directed to the study of the efficiency, resistance and behavior of such structures is presented. The purpose is to contribute with information, useful to the areas of design and execution of works of reinforced concrete with fibers, providing subsidies to the work of designers, consultants and constructors who work in the segment of structural engineering. Also presented and detailed are theoretical foundations, numerical examples of fiber reinforced concrete applications and details of use.

**Key-words:** Crack, Steel fibers, Resistance in stress and reinforced concrete

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: andreza,grecco@hotmail.com

<sup>2</sup> Orientador. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: quaresma@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Os materiais fibrosos são elementos resistentes, porém frágil que vem sendo usado desde a antiguidade. No antigo Egito colocava-se palha em argilas para fazer tijolos. Não forneçam mais palha ao povo para fazer tijolos, como faziam antes. Eles que tratem de ajuntar palha! (Êxodo 5:7).

Trata-se de um composto no qual a matriz é formada por concreto e um elemento de reforço constituído por fibras metálicas.

As fibras de aço distribuem os esforços e modificam o mecanismo de formação e abertura das fissuras, fazendo com que o concreto seja mais dúctil, ou seja, capaz de manter uma maior capacidade de carga e uma maior resistência na fase de pós-fissuração.

A utilização da fibra de aço consiste em otimizar fissuras em peças de concreto armado quando submetidos a esforços de flexão e tração. Neste contexto, o tema aborda resistência a tração, compressão e retração em peças de concreto armado, considerando a utilização de fibras em alguns casos podem ser utilizadas no lugar da armadura convencional. A mesma atua como reforço do concreto endurecido, podendo até substituir totalmente ou parcialmente as telas e barras de aço usado convencionalmente em algumas concretagens como, por exemplo, pisos industriais de concreto armado e reforçado (sistema misto), tornando-se mais eficientes, econômicas, e de fácil e rápida aplicação quando comparadas aos métodos tradicionais.

Drenagens pluviais, bueiros, travessias, e até mesmo tubos para esgoto sanitário, apresentaram uma significativa capacidade de suporte pós-fissuração e ótimos ganhos de durabilidade.

A escolha do assunto se justifica pela escassa literatura a respeito e, como é um assunto para fins práticos na construção civil e em particular, aos prestadores de serviços na construção civil, acredita-se haver necessidade de maiores pesquisas relacionadas a esse assunto. Todavia, não se pretende encerrar o assunto, mas sim, deixar uma fonte de pesquisa para profissionais e alunos interessados em solucionar problemas patológicos neste contexto.

O estudo tem como objetivo, melhorar o desempenho na compressão e na tração do pavimento (*pavers*), buscando alternativas robustas para composição do traço do concreto, baseando-se no cumprimento das normas brasileiras vigentes (sempre em sua última edição).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Chodounsky e Viecili (2007), as fibras podem ser classificadas em: sintéticas e orgânicas (polipropileno ou carbono); sintéticas e inorgânicas (aço ou vidro); naturais e orgânicas (celulose); naturais e inorgânicas (asbesto ou amianto).

Ainda segundo Chodounsky e Viecili (2007), quanto maior for a quantidade de fibras no concreto maior será a possibilidade da fibra interceptar uma fissura, sendo usual uma concentração na ordem de 0,25% do volume do concreto utilizado.

Para demonstrar as suas vantagens em relação ao método convencional Mehta e Monteiro apresentam algumas obras muito bem sucedidas com a sua aplicação:

O primeiro uso estrutural do concreto reforçado com fibras de aço foi em 1971 para a produção de painéis desmontáveis com dimensões 3250 m<sup>2</sup> por 65mm e espessura para uma garagem de estacionamento do Aeroporto Heathrow de Londres. O concreto continha 3% em massa de fibra de aço formada a frio com 0,25 mm de diâmetro por 25 mm de comprimento. Na época da última inspeção relatada, depois de 5 anos de uso, as lajes não apresentaram sinais de fissuração [...] No Aeroporto McCarran International, em Las Vegas Nevada, uma área existente de estacionamento de aeronave pavimentada com asfalto (53.000 m<sup>2</sup>) foi revestida com concreto reforçado com fibras de aço de 150 mm de espessura, compara com a espessura de 380 mm que seria necessária para o concreto armado convencional. (Mehta; Monteiro, 2014, p. 576)

Segundo Mehta e Monteiro (2014, p. 562) com a utilização de moderno superplastificantes à base de acrílico tem sido possível desenvolver concreto autoadensável reforçado com fibras de aço, visto que devido à alta trabalhabilidade, o concreto autoadensável foi muito eficiente em acomodar a adição de fibras e que as vigas do mesmo tiveram melhor desempenho em relação a esforços de cisalhamento quando comparado com concreto convencional reforçado.

Segundo a pesquisa realizada por Figueiredo (2011, p. 2) no Brasil o uso de concreto reforçado com fibra de aço vem aumentando progressivamente. Segundo pesquisa feita com fabricantes e representantes nacionais de fibra para reforço do concreto foi possível verificar que as aplicações do CRFA são muito concentradas. O mercado de fibras de aço tem como principal aplicação os pavimentos industriais. Em segundo lugar vem o concreto projetado e, em terceiro, os pré-moldados. Um exemplo claro disso é o Metrô subterrâneo Linha Amarela em São Paulo, no túnel foi usada para suporte o concreto projetado com fibras de aço.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

Embora a engenharia seja um assunto milenar, algumas obras civis são resultantes de observações adquiridas em experiências anteriores, que provavelmente obtiveram algum êxito. A inquietude do homem levou a construções fascinantes que até os dias de hoje marcam as histórias de algumas construções monumentais.

Pesquisas desenvolvidas com fibras descontínuas apresentam variedades de aplicações na indústria da construção civil como: pavimentos de concreto em estradas e aeroportos, concreto projetado reforçado com fibras descontínuas como revestimentos de túneis, estabilização de taludes, pisos industriais, confecção de pré-moldados, como tubos de concreto para saneamento, aduelas para revestimento de túneis e obras hidráulicas, estações de tratamento de água e esgoto, galerias e canais. A cada tipo de empreendimento é necessário avaliar o tipo de fibra descontínua a ser utilizada, uma vez que o módulo de elasticidade e a resistência mecânica são duas propriedades que definem a capacidade de esforço que a fibra pode proporcionar ao concreto. As fibras de nylon e polipropileno oferecem baixo módulo de elasticidade após o concreto endurecido, reforça Figueiredo (2000). As fibras de aço são largamente utilizadas em pavimento de concreto, mas devido à frequência de passagem de veículos sobre o pavimento, este com o tempo sofre o processo de ruptura por fadiga. Assim, é sempre necessária uma avaliação minuciosa, antes da aplicação dos tipos de fibras existentes no mercado a cada tipo de obra.

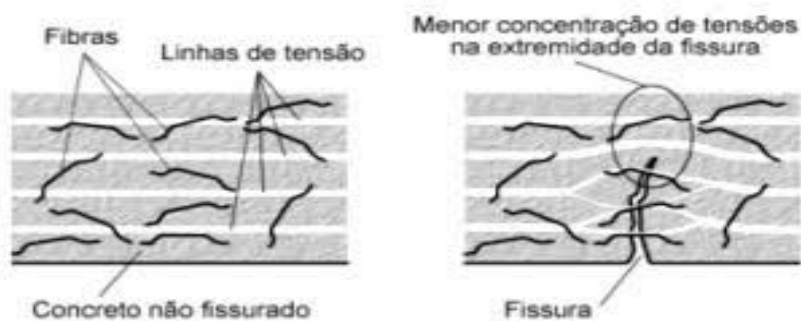
Figura 1 - Tipos de Fibras.



Fonte: AOKI, 2010

No interior do concreto, tensões originadas pelos esforços sobre a estrutura, se propagam e de acordo com Figueiredo (2000), quando o concreto simples apresenta uma fissura, a mesma irá representar uma barreira à propagação dessas tensões. Nesse momento, a tensão que anteriormente cruzava aquele segmento contornará seu percurso para outra região que permita a sua propagação, ou melhor, passam a se concentrar na extremidade da fissura provocando um crescimento incontrolado da mesma, onde, no momento em que esta força mecânica vence a resistência da matriz, ocorrerá o rompimento abrupto do material (BARROS, 2009, p. 48), como mostra a figura 2.

Figura 2 – Esquema da concentração de tensões para concreto sem reforço de fibras.



Fonte: BARROS, 2009, P. 48

No caso do concreto com adição de fibras, ocorre o retardamento no alargamento dessa doença estrutural. As fibras agem como pontes de ligação, transferindo as solicitações de um lado a outro da matriz e minimizando as tensões nas extremidades das fissuras (GOIS, 2010, p. 63), conforme mostrado na figura 3.

Figura 3 – Esquema da concentração de tensões para concreto com reforço de fibras.



Fonte: BARROS, 2009, P. 48

Estão previstas na norma três classificações para as fibras em função da sua conformação geométrica, sendo estas: Tipo A: fibra de aço com ancoragem nas extremidades, Tipo C: fibra de aço corrugada e Tipo R: fibra de aço reta. Também é feita a classificação das fibras segundo tipo de aço que deu origem às mesmas, sendo estas a Classe I: Fibra oriunda de arame trefilado a frio, Classe II: fibra oriunda de chapa laminada cortada a frio e Classe III: fibra oriunda de arame trefilado e escarificado (ABNT, 2007).

Na figura 4 segue os tipos de fibras e suas classificações, levando em consideração ainda, sua geometria.

Figura 4 - Classificação e geometria das fibras de aço para reforço no concreto.

Tipo (geometria)	Classe da fibra	Geometria
A	I	
	II	
C	I	
	II	
	III	
R	I	
	II	

Fonte: FIGUEIREDO ET AL, 2008

A NBR 15530 (ABNT, 2007) também prescreve o fator de formas mínimo, sendo obtido através da relação entre o comprimento e o diâmetro equivalente da fibra, e a resistência mínima do aço em função da classe da fibra analisada, conforme pode ser visto na figura 5.

Figura 5 – Requisitos para as fibras de aço.

Fibra	Fator de Forma mínimo $\lambda$	Limite de resistência a tração do aço MPa (*) $f_u$
A I	40	1000
A II	30	500
C I	40	800
C II	30	500
C III	30	800
R I	40	1000
R II	30	500

(\*) Esta determinação deve ser feita no aço, no diâmetro equivalente final imediatamente antes do corte.

Fonte: FIGUEIREDO ET AL, 2008

A verificação dimensional deve ser executada para cada lote com uma amostra de 60 fibras coletadas e no mínimo 10% das embalagens que compõem o lote. Os valores devem atender as especificações estabelecidas em no mínimo 90% das fibras ensaiadas, conforme prescrito na figura 6 por Figueiredo et al (2008). O lote deve ser composto de no máximo quatro toneladas, ou o correspondente a cada remessa caso seja inferior a esta quantidade. (ABNT, 2007). Também é previsto o controle da resistência ao dobramento e a verificação de defeitos na região de ancoragem.

Figura 6- Plano de amostragem.

Ensaio	Amostragem mínima	Porcentagem mínima de fibras conformes
Dobramento	10 fibras	90
Verificação dimensional	60 fibras	90
Verificação de defeitos	200g	95

Fonte: ABNT- NBR 15530, 2007

Conforme pode ser visto na figura 7, o fabricante recomenda à dosagem mínima a adição de fibras no concreto. Assim podendo ter uma base para poder realizar a concretagem com as fibras de aço.

Figura 7 - Característica Fibras de Aço.



Fonte: DRAMIX

O concreto tem como característica boa resistência à compressão, porém, baixa capacidade de deformação do material antes da ruptura, limitando sua aplicação em alguns casos. Já sua resistência à tração é muito reduzida quando comparada à sua resistência à compressão. Assim, o uso de fibras consiste em uma das alternativas técnicas para minimizar essas limitações.

A sua capacidade de reforço que uma fibra pode proporcionar a uma mistura de concreto está relacionada com a resistência à tração e com o módulo de elasticidade. Fibras de baixa resistência e baixo módulo de elasticidade são eficientes quando a resistência e o módulo de elasticidade do concreto também são baixos, isto é, no estado fresco e no início de seu processo de endurecimento.

Por outro lado, fibras de alta resistência e alto módulo de elasticidade atuam como reforço do concreto no estado endurecido, favorecendo a resistência do material pós-fissuração (ruptura da matriz cimentícia).

Essas malhas funcionam se colocadas na posição correta que seria (um terço da altura da laje), porém, na maioria das vezes elas são colocadas na posição errada ou, ainda, acabam sendo colocadas sobre o solo, na face inferior da laje. Nesses casos citados as malhas de aço não cumprem o papel esperado para a redução das fissuras. Mas por outro lado, como as fibras são distribuídas aleatoriamente em todo o corpo da laje, elas constituem uma excelente alternativa às malhas de aço.

Com comprimentos e diâmetros variados, as fibras têm função de reforçar o concreto, substituindo completamente a armadura tradicional em várias aplicações: pisos e pavimentos industriais; revestimentos de túneis com concreto projetado e em anéis segmentados; elementos pré-fabricados como tubos de concreto, refratários, placas, cofres.

As fibras com seu comprimento e diâmetro variados tem por finalidade reforçar o concreto, substituindo a armadura convencional em vários projetos de aplicação. As aplicações das fibras de aço podem ser feitas em pisos e pavimentos industriais, revestimento de túneis com concreto projetado em anéis segmentados.

Tem dois modos de ser utilizadas essas fibras: solta e pente. O método de aplicação solta é feita a aplicação de modo descontínua e aleatória. Já o modo pente é o mais indicado, pois permite uma mistura mais rápida, apresentam uma distribuição homogênea na massa sem formar as chamadas bolas, que seria a aglomeração do material em certo ponto da seção após seu endurecimento.



A utilização das fibras nos projetos vai desde os radiers, pisos de aeroportos, pisos de câmara fria, pavimentos aeroportuário e portuário e pisos industriais.

Por sua vez a fibra tem um papel muito importante na construção de túneis, pois sua aplicação descontínua e distribuída no concreto faz com que ela controle a propagação de fissuras na peça. Alterando então seu comportamento mecânico, melhorando sua absorção de energia do concreto, ou seja, sua tenacidade fazendo com que o material se torne dúctil. Preservando então certas capacidades importantes em cada seção.

Nos revestimentos de túneis é muito usado o anel segmentado, onde ele é capaz de substituir as armaduras convencionais e agilizar o processo de produção. O mesmo proporciona resistência e durabilidade tanto na produção, na estocagem e no transporte para o processo de execução.

Esses tubos feitos de concreto aumentam a produtividade, reduzem a Mão de obra e o desperdício de aço eliminando os cortes durante o processo de criação.

Já nas capas de compressão as fibras substituem as telas, podendo assim ter uma maior segurança no combate a retração.

#### 4 RESULTADOS

As fibras já eram adicionadas ao concreto como material de reforço mecânico e podendo evitar a retração desde meados 1960. Além de poucas opções de materiais, nessa época, o diâmetro das fibras era um pouco maiores, o que prejudicava o acabamento final.

Hoje temos tecnologias que preve uma precisão minuciosa no corte, uma nova geração de fibras de aço com diâmetros menores que vem conquistando a confiança do mercado. Além disso, materiais como o vidro, carbono aumentaram a possibilidade de materiais para as fibras.

Fibras são hastes que agem nas tensões das fissuras do concreto, distribuindo a tensão ao longo de seu corpo com uma redução na propagação das fissuras. Ao se espalharem pelo concreto, as fibras preenchem os espaços vazios, diminuindo as fissuras que futuramente iram aparecer.

Como podem ver a figura 8 mostra o resultado final de uma peça de concreto reforçada com fibras de aço.

Figura 8- Peça de concreto reforçada com fibras de aço.



Fonte: GEOFOCO



## 5 CONCLUSÃO

A construção civil de forma geral diferente de outros campos da economia, ela é muito resistente ao que é novo o que explica o fato de uma tecnologia como o CRFA (Concreto Reforçado Fibra de Aço), a qual ocasiona vantagens ao setor ainda estar limitadas a três grupos de construção: concreto projetado, pavimentação e pré-moldado.

Os ganhos estruturais proporcionados pela fibra de aço para concreto são significativos. Ela garante o aumento da tenacidade, da resistência à fadiga e ao impacto. Além disso, ocorre um maior controle de fissuração e melhoria na ductilidade do compósito.

Algumas vantagens ligadas ao uso de fibras de aço para reforço de concreto, é que ela pode certos casos, substituir a armadura convencional. Dessa forma, elimina-se ou reduzem-se as despesas geradas com mão-de-obra. Outro ponto positivo é que utilizando esse componente, quase não se gera desperdício de material. Ele também não necessita de grandes gastos com seu transporte, estocagem, manuseio e aplicação.

O concreto reforçado com fibras vem crescendo no mercado ao longo das últimas décadas. Essa tecnologia veio para prover as deficiências do concreto convencional e se for corretamente preparada e aplicada ocasionará enormes benefícios ao setor da construção, visto que não apresentam muita distinção nas etapas de preparação do concreto convencional, exigindo apenas uma atenção maior na dosagem, lançamento e vibração.

## REFERENCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15530. Fibras de aço para concreto**, 2007.

AOKI, J. **Fibras para Concreto**. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/fibras-para-concreto/>

BARROS, A. R. **Avaliação do comportamento de vigas de concreto autoadensável reforçado com fibras de aço**. 2009. 155p. Dissertação (Pós-graduação) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

CHODOUNSKY, M. A., VIECILI, F. A. **Pisos industriais de concreto: aspectos teóricos e construtivos**. São Paulo: Reggenza, 2007.

ÊXODO 5. Disponível em: <https://www.bibliaonline.com.br/acf/ex/5>

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com fibras de aço**. Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

FIGUEIREDO, A. D. **Fibras de aço para tubos de concreto** In: Manual Técnico de Drenagem e Esgoto Sanitário. 1 ed. Ribeirão Preto: Associação Brasileira de Tubos de Concreto – ABTC, p. 197 – 214, 2008.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras**. São Paulo, 2011. 248f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil II, São Paulo, 2011.

GEOFOCO. **Fibras para concreto**. Disponível em: <http://geofoco.com.br/produtos/fibra-para-concreto/>

GÓIS, F. A. P. **Avaliação experimental do comportamento de concreto fluido reforçado com fibras de aço**: Influência do fator de forma e da fração volumétrica das fibras nas propriedades mecânicas do concreto. 2010. 156p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010

DOBBIN JUNIOR, E. S; ROCHA, L. F. S; **Estudo de concreto com adição de fibra de polipropileno para controle da fissuração**. 2011. 110p. Monografia (Graduação) – Universidade da Amazônia. Centro de ciências exatas e tecnológicas, Belém, 2011.

MACCAFERRI, **Fibras como elemento estrutural para reforço de concreto** – Manual técnico

Manual Dramix- **Fibras de Aço** - Belgo Bekaert Arames

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Ibracon, 2008. 751p.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Ibracon, 2014. 674p.