

UMA ANÁLISE DE CONCRETOS REFORÇADOS COM FIBRAS, COM ÊNFASE EM FIBRAS NATURAIS.

AN ANALYSIS OF FIBER REINFORCED CONCRETE, WITH EMPHASIS ON NATURAL FIBER

SILVA, Juliane Valadares e

Graduanda em Engenharia Civil, EEUFMG

Email: julianevaladaress@gmail.com

SILVA, Adriano de Paula e

Docente. Doutor EEUFMG;

Email: apsilva@demc.ufmg.br

RESUMO

O presente trabalho objetiva o estudo do concreto fabricado com fibras de cânhamo e a análise de sua resistência em um muro com estrutura de madeira e pneus. Os concretos reforçados com fibras têm suas características aperfeiçoadas, trazendo melhorias, principalmente em relação à resistência, a tenacidade, e a durabilidade. Visando essas características e também benefícios em relação ao custo e igualmente em torná-lo um material de menor impacto ambiental, existe a possibilidade de usar a adição de fibras naturais. O cânhamo é uma fibra largamente utilizada na construção civil em diversos países da Europa. Após ensaios, verificou-se que o Concreto de Cânhamo tem resistência baixa a compressão e a tração na flexão.

Palavras-chave: Concreto, Fibras naturais, Concreto de Cânhamo.

ABSTRACT

This work aims the study of concrete made with hemp fiber and the analysis of its resistance on a wall with tires and wooden structure. The fiber reinforced concrete has its characteristics improved by adding fibers in its composition, bringing improvements, especially in relation to resistance, toughness, and durability. Aiming these characteristics presented, benefits in relation to the cost, and to make it a lower environmental impact material, it is possible to use the addition of natural fibers. Hemp is a fiber widely used in construction in several European countries. After testing, it was verified that the hemp concrete has low resistance to compression and to tension in flexion.

Key words: Concrete, Natural Fiber, Hemp Concrete.

INTRODUÇÃO

A necessidade de modernização das construções, em busca de vantagens competitivas, superação de maiores vãos, construções mais flexíveis e ainda resistentes, redução no consumo de matéria prima e conseqüentemente de impactos ambientais, aumento da durabilidade, exige também uma modernização dos materiais construtivos.

A utilização de fibras naturais para reforço construtivo é muito antiga. Os concretos reforçados com fibras já são comercializados desde 1960, inicialmente com a utilização de fibras de asbesto. Entretanto, sendo prejudicial à saúde, o asbesto caiu em desuso, e outros tipos de fibras começaram a ser usadas, tais como fibras de aço, de vidro, sintéticas, e fibras naturais, que são grandes aliados construtivos, melhorando as características dos materiais, como tenacidade, durabilidade, ductilidade e redução na propagação de fissuras no material.

O presente trabalho tratará da adição de fibras em concreto, especificamente de fibras vegetais. Com enfoque na utilização da fibra de cânhamo, utilizando-se os resultados de ensaios de laboratório realizados pela autora nos laboratórios da Université de Grenoble (França), onde foi utilizado o concreto de cânhamo (cânhamo + cal + água) em um muro com a estrutura de madeira e pneus reutilizados.

OBJETIVO

O objetivo geral desse estudo é fazer a análise da utilização de fibras para reforço do concreto, principalmente fibras naturais, utilizando como exemplo o concreto de fibras de cânhamo, aplicado em um muro de estrutura de madeira e pneu.

REVISÃO DE LITERATURA

Concreto e seus constituintes

Motivos como sua resistência à água, possibilitando a utilização em grandes construções, sua plasticidade, além da abundância de seus elementos constituintes tornam o concreto um dos materiais mais utilizados em todo mundo, se tornando um material muito atrativo e de fácil disponibilidade. (METHA; MONTEIRO, 1994).

Aglomerantes

De acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2011) os aglomerantes são materiais pulverulentos que se hidratam em presença de água formando uma pasta resistente com propriedades adesivas e coesivas capaz de aglutinar agregados, dando origem a argamassas e concretos.

A cal é o nome do aglomerante derivado da rocha calcária, muito importante nesse estudo por ser o aglomerante utilizado no concreto de cânhamo. A cal tem características como trabalhabilidade e durabilidade, que aumentam seu prestígio, sendo muito usada em argamassa de tijolos e revestimento de paredes. Não obstante, a cal propicia um aumento na plasticidade da argamassa o que também contribui na trabalhabilidade e tem a capacidade de reter água que é aproveitada na cura do cimento evitando a formação de trincas por retração da massa.

Agregados

Os agregados são fragmentos de rochas originados da ação mecânica promovida pelo homem, como as pedras britadas e areia de britagem, ou pela natureza como pedregulhos, cascalhos e areias. Os agregados normalmente utilizados para o concreto são areia, pedregulho e pedra britada procedentes de jazidas naturais.

No presente estudo o cânhamo tem função de agregado formando o agrobeton.

Avanços Tecnológicos

O concreto convencional Portland apresenta algumas limitações em sua utilização. Para superar essas limitações os avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de concretos especiais que suprem necessidades da indústria da construção civil. Entre eles temos os concretos leves, concreto de alta trabalhabilidade ou auto adensável, concreto com retração aumentada, concreto armado com fibras, concreto com polímeros, concreto pesado e etc.

Concreto Reforçado com Fibras

Segundo ACI, o concreto reforçado com fibras é um concreto feito primeiramente de cimento hidráulico, agregados e um discreto reforço de fibras. As fibras adequadas para o reforço do concreto são feitas de aço, vidro, polímeros orgânicos. Fibras naturais, como asbestos e fibras vegetais como sisal e juta também são usadas como reforço.

A adição de fibras ao concreto permitiu a melhoria de características como a tenacidade, resistência à tração, durabilidade. O concreto convencional rompe repentinamente quando a deformação correspondente à resistência a flexão última é superada, entretanto o concreto reforçado com fibras continua a resistir a cargas consideráveis, mesmo com deformações superiores à deformação de ruptura do concreto convencional. (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

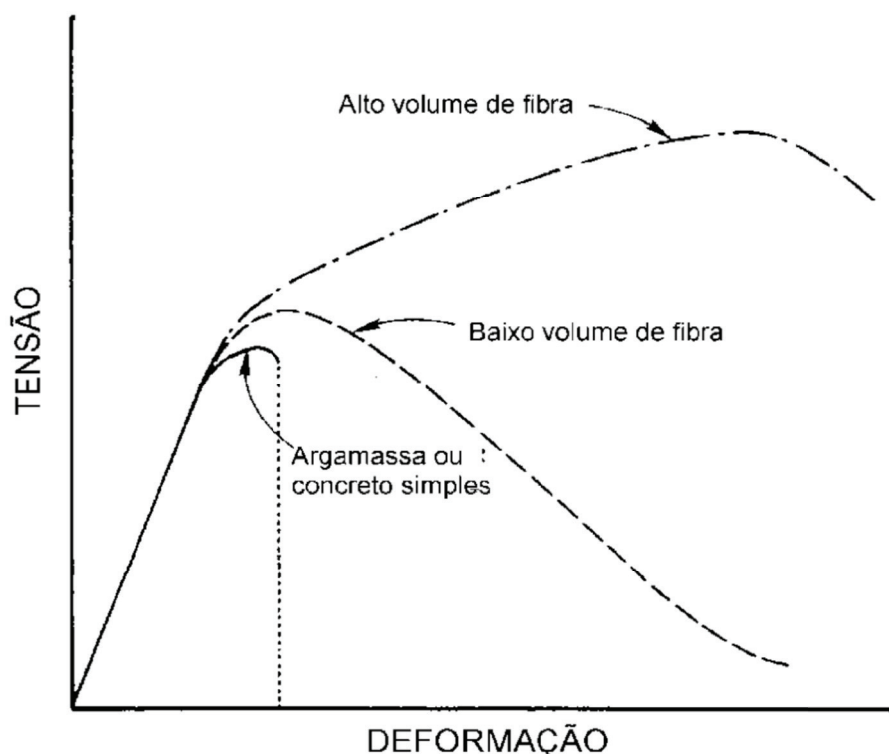


Figura 1 - Gráfico tensão x deformação no concreto reforçado com fibras.
Fonte: Figueiredo (2005)

Concretos Reforçados com Fibras Naturais

De acordo com ACI 544.1R, no final da década de 60 houve uma metódica avaliação das propriedades técnicas das fibras naturais e dos compósitos de cimento produzidos com essas fibras. Os resultados dessas investigações mostraram que o concreto reforçado com fibras naturais poderia ser usado com êxito.

Concreto de Cânhamo

As propriedades mecânicas de um material descrevem sua resposta às cargas aplicadas. A utilização do concreto de cânhamo é prevista em diversas aplicações, tanto em renovações quanto para novas construções, como: preenchimento de estruturas em madeira, construção de pré-fabricados, tijolos, blocos de concreto de cânhamo, muros. Assim o estudo de suas propriedades mecânicas é muito necessário. (ARNAUD ET AL, 2001; CERZO, 2005)

O concreto é uma mistura heterogênea de um aglomerante mineral, e agregados também minerais de dimensões diferentes. O agrobéton (nome francês dado ao concreto de fibras naturais) consiste em uma mistura em que predomina agregados derivados de plantas provenientes diretamente ou indiretamente da agricultura e um aglomerante mineral. (AMZIANE; ARNAUD, 2013).

O concreto de cânhamo é um material natural composto principalmente de cânhamo, um aglomerante (cal) e água.

Os resultados obtidos por Cerezo (2005) mostram que as propriedades mecânicas do concreto de cânhamo dependem da concentração volumétrica do aglomerante e varia de 0,25 a 1,25 MPa para a resistência a compressão e entre 4 e 160 MPa para o módulo de Young. Quanto mais fraca a dosagem do aglomerante, mais fraco será a resistência mecânica, o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson, e consequentemente a deformação será elevada. Entretanto ele possui propriedades acústicas e térmicas muito boas em comparação com outros tipos de concreto, o que o torna um material muito bom e atrativo para a utilização isolamentos acústicos e térmicos.

ESTUDO DE CASO: MURO A BASE DE PNEU, MADEIRA E CONCRETO DE CÂNHAMO

Concepção do Muro

Duas possibilidades de construção do muro foram analisadas. A primeira concepção permite a conexão dos pneus através da sobreposição uns sobre os outros e fazendo união através de parafusos. Essa concepção não é rígida o suficiente, fazendo com que o muro tenha uma tendência a sofrer flambagem. A segunda possibilidade consiste em colocar pranchas de madeira intermediárias para que os esforços sejam transmitidos de maneira mais uniforme e para assegurar uma superfície adequada para a fixação dos pneus. As pranchas de madeira intermediárias permitem ter uma superfície ideal para parafusar os pneus, e garantem o contraventamento do muro, dessa forma o muro fica muito mais rígido que a primeira concepção.

Com a idealização do muro e a realização da maquete foi possível realizar o cálculo do volume de concreto necessário para a sua realização, assim como a quantidade de cada material necessário para o concreto.

Material Utilizado

O muro possui as seguintes dimensões: 1,95 m de altura, 2,70 m de comprimento e 0,25 m de espessura. Dessa forma foi possível fazer os cálculos para estimar a quantidade

de concreto necessário para sua realização. Volume total do muro e Volume de concreto:

$$V_{tm} = 2,7 \times 1,95 \times 0,25 = 1,32 \text{ m}^3$$

Estimou-se que os pneus cobrirão 15% do volume total do muro, dessa forma:

$$V_c = V_{tm} \times 85\% = 1,32 \times 0,85 = 1,12 \text{ m}^3$$

Supondo uma perda de 5% o volume total de concreto utilizado, V_c , será de 1,18 m³. O concreto foi realizado com um traço de 1: 2,5: 1,1 (cal, cânhamo e água).

Cânhamo

Para 1 m³ de concreto será necessário de 1,05 m³ à 1,15 m³ de cânhamo. Será utilizada 1,10 m³ para o cálculo. Assim será necessário um total de 1298 L de cânhamo para o concreto.

Cal

A cada 2,5 L de cânhamo é necessário a utilização de 1 L de aglomerante, assim 560 L de cal serão usadas na produção do concreto.

Água

Para as quantidades de cânhamo e cal utilizadas a quantidade de água necessária está entre 1 à 1,2 L. Será utilizado 1,1 L de água para cada 2,5 L de cânhamo. Dessa forma será necessário um total de 616 L de água.

Madeira

A pranchas de madeira utilizadas para a confecção do muro, tanto para a forma quanto para as madeiras internas de contraventamento, têm largura de 27 cm. Foi considerado uma perda de 10%, dessa forma a área total de madeira utilizada foi de:

$$A_m = 2 \times (1,95 \times 0,27 + 2,70 \times 0,27) \times 1,1 = 2,76 \text{ m}^2$$

Construção do Muro

A construção do muro foi realizada deitada e posteriormente, após totalmente curado, foi erguido para a realização dos ensaios.

Primeiramente foi construído um quadro de madeira para manter os pneus sempre bem posicionados em seu interior. As tábuas foram parafusadas com ajuda de angulões, para que o quadro mantivesse sua perpendicularidade, e posteriormente foram parafusados os pneus e as tábuas intermediárias.

Após a realização do quadro de madeira e a fixação dos pneus no muro, foi instalada uma lona sobre toda a superfície que seria enformada para evitar o contato do concreto com a madeira e também para evitar perda de água do concreto para a madeira usada na forma, deixando a superfície impermeável. Em seguida foi utilizada tábuas de 30cm de largura para enformar uma das faces do muro e permitir uma concretagem horizontal sobre o solo.

Na Figura 2 abaixo é possível visualizar a estrutura do muro:

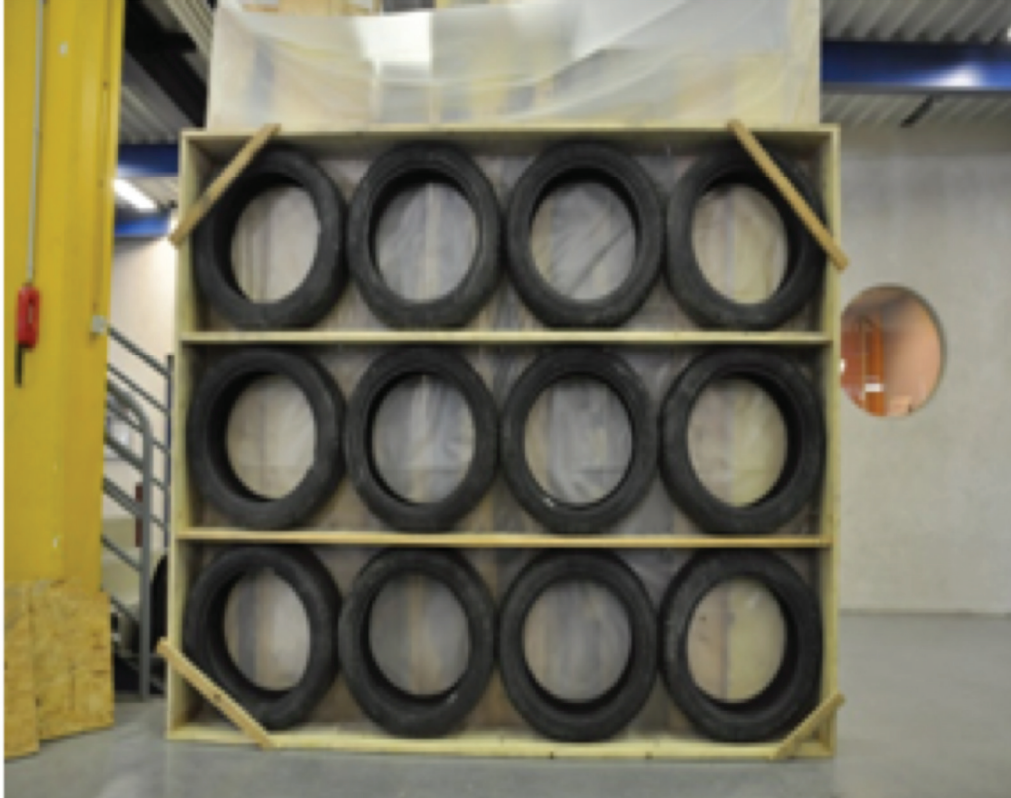


Figura 2 – Estrutura do muro

Produção do Concreto de Cânhamo

Foi introduzido na betoneira 20L de água e 20L de cal que foram misturados por 3 à 5 minutos aproximadamente, para que a cal absorva a água, posteriormente foi introduzido o cânhamo pouco a pouco até que forme uma massa consistente. A mistura está pronta quando for possível fazer uma bola bem consistente com as mãos. Como é possível ver na Figura 3 que se segue:



Figura 3 – Concreto pronto e homogêneo

Concretagem

Após a preparação do concreto foi realizada a concretagem. O transporte do concreto, do local de produção até o local de concretagem, foi realizado com o auxílio de um carrinho de mão. A compactação foi realizada com o auxílio de compactadores manuais.

Para melhorar a aderência entre o concreto e a madeira, e entre concreto e pneu foi utilizado pregos nas faces das tábuas e no interior dos pneus.

ESTUDOS EXPERIMENTAIS

Resistência característica do concreto à compressão

Para estabelecer o valor do f_{ck} do concreto de cânhamo foi realizado o ensaio de compressão seguindo a normalização francesa NF EN 12.390 - 3. O ensaio consiste na compressão de dois corpos de prova cilíndricos com 12 cm de diâmetro e 32 cm de altura, área da seção igual a 113 cm². Ambos os corpos de prova romperam à 4KN.

$$f_{ck}=F/A$$

Sendo:

f_{ck} = Resistência característica do concreto à compressão, MPa

F = carga máxima aplicada, N

A = Área da seção, mm²

$$f_{ck}=4000/11300=0,35 \text{ MPa}$$

Resistência à tração na flexão

A ruptura por flexão seguiu a normalização francesa NF EN 13.930-5.

Dessa forma a resistência à tração na flexão pode ser calculada como mostra a seguir:

$$R_f=(1,5 F_f .L)/b^3$$

Sendo:

R_f = resistência à tração na flexão, em MPa

F_f = carga máxima aplicada, em N

L = distância entre os apoios, em mm

b = largura e altura médias do corpo de prova, iguais nesse caso, em mm.

- Corpo de prova 1:

$$F_f = 105 \text{ N} \quad R_f=(1,5*105*100)/40^3 =0,25 \text{ MPa}$$

- Corpo de prova 2:

$$F_f = 87 \text{ N} \quad R_f=(1,5*87*100)/40^3 =0,20 \text{ MPa}$$

- Corpo de prova 3:

$$F_f = 60N \quad R_f = (1,5 \cdot 60 \cdot 100) / \square 40 \square^3 = 0,20 \text{ MPa}$$

Assim têm-se um valor médio de 0,20 MPa para a resistência à tração na flexão.

Ensaio de compressão realizado no muro

O objetivo do ensaio é medir a carga máxima de compressão que o muro pode suportar, para isso ele foi colocado sob uma prensa hidráulica que originalmente é utilizada para ensaios de pilar. Como a prensa exerce uma força concentrada pontual, para que a força seja distribuída longitudinalmente sobre o muro foi colocado um perfil metálico de 1 m de comprimento sobre ele. Dessa forma a força seria distribuída de maneira homogênea sobre o comprimento de um metro do muro.

O carregamento do muro foi realizado com a aplicação de uma carga de 1 kN/s que permitiu a obtenção da curva força (kN) x tempo (s), assim como a curva força (kN) x flecha (mm). As figuras abaixo mostram o muro após carregamento e as curvas obtidas.



Figura 4 – Muro após carregamento

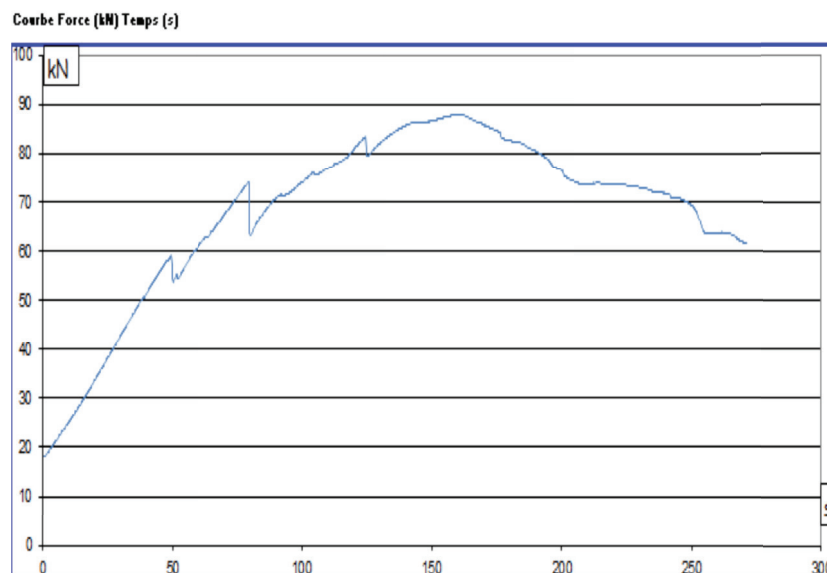


Figura 5 – Curva da força em função do tempo

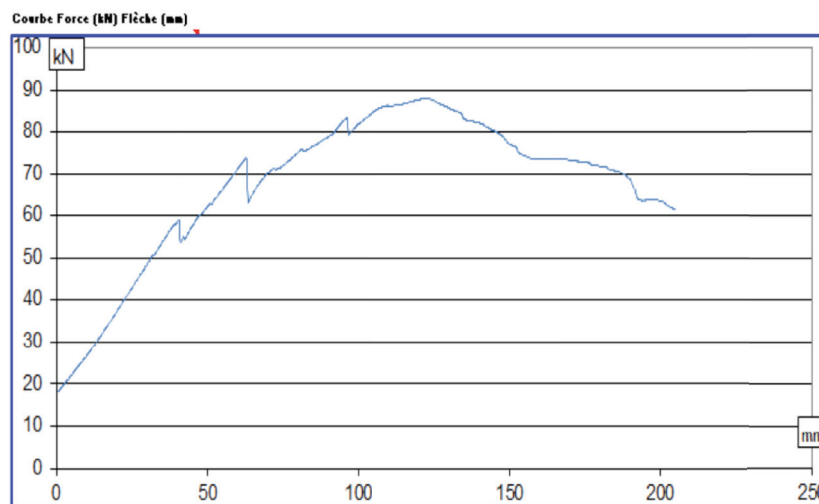


Figura 6 – Curva da força em função da flecha

Análise de resultados

Através do ensaio com o muro foi constatado que com uma velocidade inicial de 1kN/s a força máxima que o muro pode resistir até a ruptura foi de aproximadamente 90 kN.

A viga de aço colocada acima do muro, que recebeu o carregamento da prensa hidráulica, era responsável pela distribuição desse carregamento sobre o muro. Entretanto transmite o carregamento apenas para um metro de comprimento do muro. Se a viga fosse do mesmo comprimento do muro e pudesse transmitir o carregamento de maneira homogênea por todo esse comprimento, a parte superior do muro seria carregada como uma viga de dois apoios, e o rompimento se daria da mesma maneira que em uma viga de concreto armado com fissuras a 45°.

Como observado na Figura 4, o carregamento ocasionou uma deformação muito grande no primeiro nível de pneus, principalmente nos dois pneus do centro. Entretanto os outros níveis permaneceram intactos, e não apresentaram deformação, assim como os dois pneus dos cantos da fileira superior. Isso se deve as características dos pneus, elásticos e com grande deformabilidade, que não forneceu uma boa aderência para que toda a estrutura seja suficientemente rígida.

CONCLUSÃO

O concreto de cânhamo é um material correto do ponto de vista ambiental, visto que seu principal constituinte é de origem vegetal. O muro é composto, além do concreto de cânhamo, por madeira e pneus reutilizados, tornando-o um elemento construtivo de baixíssimo impacto, apresentando um custo mais baixo quando comparado às construções convencionais. Entretanto durante sua realização foi notada uma difícil exequibilidade devido a sua necessidade de ser construído sobre solo e posterior elevação, o que demandou a utilização de um guindaste, tornando sua execução cara.

Uma construção vertical pode ser possível, entretanto surgiriam problemas no preenchimento e também na sua compactação.

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios foi possível concluir que a resistência à compressão do concreto de cânhamo é baixa e está na ordem de 0,25 a 1,25 MPa, confirmando a pesquisa de CERZO (2005).

Os ensaios realizados no muro também deixaram a desejar quando a sua resistência a compressão, mostrando seu fraco desempenho como estrutura suporte na construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE Committee 544, 1989 “Measurement os Fiber Reinforced Concrete ”, (ACI 544.1R-89), American Concrete Institute, Detroit, 11 pp.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE Committee 544, 1984 “Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete”, (ACI 544.3R-84), American Concrete Institute, Detroit.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE Committee 544, 1996 “Report on Fiber Reinforced Concrete”, (ACI 544.1R-96), American Concrete Institute, Detroit.

AMZIANE, Sofiane; ARNAUD, Laurent. Les bétons de granulats d'origine végétale: Application au béton de chanvre. Paris: Lavoisier, 2013. 347 p.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. NF EN 12390 - 3: Essai pour béton doux - Partie 3: Résistance à la compression des éprouvettes. Bruxelles: AFNOR, 2003

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. NF EN 12390 - 5: Essai pour béton doux - Partie 5: Résistance à la flexion sur éprouvettes. Bruxelles: AFNOR, 2003

CEREZO, Véronique. Propriétés mécaniques, thermiques et acoustique d'un matériau à base de particules végétales : approche expérimentale et modélisation théorique. 2005. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, L'ecole Nationale Des Travaux Publics de L'etat, 2005

FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. Concreto com fibras. Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações, São Paulo, Ed. Geraldo Cechella Isaia, IBRACON, 2005, pp.1194-1225.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. Concreto Reforçado com Fibras. 2011. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica Universidade da São Paulo, São Paulo, 2011

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo José Melaragno. Concreto, estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994. 573 p

RESENDE, Fabrício Meneses. Influência das fibras de aço, polipropileno e sisal no amortecimento de concretos de resistência normal e de alto desempenho. 2003. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. Materiais de Construção Civil. 3. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2011. 112 p.

TANESI, J.; FIGUEIREDO, A. D. Fissuração por retração em concretos reforçados com fibras de polipropileno (CRFP). Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.