

# 1 Introdução

A utilização de materiais de construção civil à base de cimento reforçado com fibras vem aumentando rapidamente nos últimos anos, principalmente nos países desenvolvidos, que têm investido de forma significativa nessa área. Estima-se que atualmente a produção mundial seja de aproximadamente 30 milhões de toneladas por ano. Essa técnica de reforçar matrizes frágeis, aumentando a capacidade de absorção de energia das mesmas, já era utilizada pelas civilizações antigas. Há registros de que fibras de asbestos foram utilizadas para reforçar postes de argila há 5000 anos atrás e que tijolos de barro eram reforçados com palha ou capim pelos egípcios há mais de 3500 anos (Brescansin, 2003)

Atualmente um grande número de fibras naturais: sisal, coco, juta, bambu e fibras de celulose têm sido utilizadas como reforço de matrizes de argamassa e cimento em muitos países. No Brasil a diversidade e a grande quantidade dessas fibras tornam a utilização dos fibrocimentos promissora para a construção civil, não só pelos fatores citados, mas também pelos baixos custos, pela economia de energia e principalmente por serem materiais não poluentes.

Estudos realizados nessas duas últimas décadas têm contribuído para um melhor entendimento de como a inserção dessas fibras nas matrizes frágeis pode modificar as suas propriedades. Resultados experimentais (Fujiyama (1997), Conrado (1999), Dos Anjos (2002), Brescansin (2003), Salles(2004)), comprovaram que o nível de tensão no qual as matrizes trincam pode ser aumentado com a utilização de fibras de alto módulo de elasticidade, mas as deformações de trincamento não se modificam. Mas após o surgimento da primeira trinca o comportamento do material se modifica: as fibras passam a interligar as fissuras, promovendo um aumento na resistência à tração e à flexão e na resistência ao impacto, conferindo a esses materiais bom desempenho mecânico. Portanto, a adição de fibras vegetais permite que ocorra um aumento na capacidade de absorção de energia pelo compósito após a primeira fissuração,

sendo desse modo importante a sua caracterização segundo a Mecânica da Fratura.

A primeira fibra utilizada na fabricação de fibrocimentos foi o amianto. O processo de fabricação, patenteado em 1900 por Ludwig Hatschek, sofreu poucas alterações até alcançar as modernas linhas de produção, atualmente utilizadas para a fabricação desses materiais (Conrado, 1999). Apesar de apresentar bom desempenho mecânico e custo baixo, o contato com essas fibras, que ocorre durante sua extração e beneficiamento, provoca doenças extremamente perigosas, como a asbestose, tendo por esse motivo sido proibida a sua utilização em diversos países. No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente estabeleceu a diminuição da extração do amianto a partir de 2005 até a sua completa extinção. A utilização de fibras de bambu, sisal, coco e juta têm sido uma alternativa viável para a substituição do amianto. A grande dificuldade na utilização dessas fibras está associada à degradação da celulose (principal constituinte das fibras) pelo meio alcalino de materiais cimentícios. Além disso, apresentam alta absorção de água, o que reduz a aderência das mesmas com a matriz, de modo que quando imersas na mistura sofrem expansão e posteriormente retração quando a mistura seca, o que promove o seu descolamento da interface e também diminui a resistência ao ataque de fungos e insetos. Tratamentos adequados devem ser aplicados às mesmas antes de sua utilização na construção civil.

Com a degradação das fibras, a durabilidade dos compósitos fica comprometida, com uma sensível redução de sua resistência e ductilidade devido ao ataque dos álcalis de cimento à lignina e hemicelulose e a petrificação das fibras, devido a migração de hidróxido de cálcio da matriz para o interior da mesma. Para diminuir o ataque às fibras pelo hidróxido de cálcio, formado na hidratação do cimento, as fibras naturais devem ser pré-tratadas, com modificação da matriz através da substituição parcial do cimento por materiais pozolânicos (micro-sílica e escória granulada de alto forno), associada com a carbonatação da mesma (Toledo *et al*, 2000). As pozolanas são materiais naturais ou artificiais, silicosos ou sílico-aluminosos que contêm sílica em forma reativa. Quando finamente pulverizadas na presença de umidade reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente, formando produtos com capacidade cimentante, que podem ser utilizados em substituição ao clínquer, durante a fabricação do

cimento Portland ou substituindo parte do cimento para a confecção de pasta de cimento, argamassas e concretos. A principal vantagem na adição de pozolanas ao cimento comum reside na sua hidratação lenta, com baixo desprendimento de calor, e no aumento da resistência do concreto aos sulfatos e a outros agentes agressivos. Além das vantagens técnicas, viabiliza-se a utilização de resíduos industriais e agrícolas, como a cinza volante, a sílica ativa e a cinza da casca de arroz, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

No Brasil os primeiros estudos de utilização de fibras de coco reforçando argamassa de cimento datam de 1979 na PUC/Rio, com a criação pelo professor Khosrow Ghavami de uma frente de pesquisas voltada à caracterização estrutural e desenvolvimento de protótipos de materiais naturais como o bambu e outras fibras naturais atuando como reforço tanto de matrizes à base de cimento quanto de solos.

A partir dos primeiros estudos para caracterização mecânica das fibras naturais, como os trabalhos de Ghavami e Turco (1995), outros trabalhos puderam ser realizados dando seqüência a essa linha de pesquisa. Um vasto programa experimental para caracterização mecânica de compósitos de argamassa de cimento reforçadas por fibras de sisal e coco foi realizado por Toledo Filho. Inúmeros outros estudos (Fujiyama (1997), Conrado (1999), Dos Anjos (2002), Brescansin (2003), Salles(2004)) foram realizados com fibrocimentos visando avaliar o comportamento mecânico desses compósitos e a possível utilização dos mesmos na construção civil, tendo sido determinadas diversas propriedades mecânicas como integral J, módulo de elasticidade, resistência à compressão, ao impacto e à flexão.

A grande maioria dos materiais submetidos a tensões flutuantes ou cíclicas sofre processo de fadiga, ou seja rompem-se a tensões muito inferiores àquelas determinadas nos ensaios de tração e compressão. Com a preocupação de utilizar fibrocimentos na construção civil, esse trabalho procura de forma pioneira, inserido na linha de pesquisas do prof. K.Ghavami, estudar o comportamento em fadiga desses compósitos reforçados com polpa de bambu, através da determinação das curvas de vida fadiga (curvas S-N) e da cinética de crescimento de trincas de fadiga.

Para atingir tais objetivos, a dissertação se divide em cinco capítulos. No capítulo II é apresentada uma revisão bibliográfica onde são descritos os fundamentos teóricos sobre o assunto. Assim procura-se fazer uma revisão aprofundada sobre a teoria de compósitos e sobre o comportamento em flexão e compressão desses materiais. No capítulo III procura-se descrever o procedimento experimental utilizado para a fabricação dos compósitos (método Hatschek). No capítulo IV são apresentados e analisados os resultados obtidos e comparados com os resultados de outros autores. São também analisadas as imagens obtidas no microscópio eletrônico de varredura (MEV), relacionando-as com as propriedades mecânicas obtidas. No capítulo V são apresentadas as conclusões.