

# 1. Introdução

Aos fins do século passado, o mundo tomou consciência da grande crise ambiental que estava se criando, o que levou a muitos países a buscar possíveis soluções, fazendo legislações mais restritivas a processos e produtos poluentes e levando a vários setores da indústria a se posicionarem e adotarem medidas de proteção e recuperação ambiental. O começo da crise relacionada com o meio ambiente está ligada ao processo de globalização econômico-industrial que os países industrializados tiveram após a segunda guerra mundial, os quais propagaram suas indústrias recém desenvolvidas pelo mundo inteiro, sem estudar os possíveis danos que as formas de produção causariam ao meio ambiente e também, sem levar em conta que esta industrialização levaria a uma migração das populações rurais para os grandes centros urbanos.

Somente após a década dos anos 70, com a primeira crise do petróleo no ano de 1973, os países desenvolvidos notaram a carência de recursos energéticos em todos os segmentos da economia e começou-se a pensar, pela primeira vez, em como obter maior eficiência em processos industriais. Observou-se também a enorme quantidade de problemas ambientais gerados pela industrialização, surgindo a necessidade de se diminuir a geração de gases nocivos para o meio ambiente como o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de nitrogênio (N<sub>2</sub>O, NO e outros), hidrocarbonetos, entre outros, presentes em quase todos os processos industriais. Por exemplo, na produção de clínquer, material essencial para a fabricação de cimento, são gerados cerca de 600 kg de CO<sub>2</sub> por cada 1000 kg produzidos; efeito visível também na produção do aço, onde a fabricação de 1 kg produz ao redor de 2,5 kg do gás (Gervásio & Simões da Silva, 2005). Além disso, os processos industriais para a produção do concreto e o aço requerem elevadas quantidades de energia levando à necessidade do aumento de processos de combustão de combustíveis fósseis, principal gerador de gases contaminantes como o dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, e hidrocarburetos. Neste sentido, faz-se evidente que os materiais naturais como a terra crua, as fibras naturais e o bambu, entre outros, satisfazem as principais exigências em termos ambientais, como a

redução da poluição e baixos níveis de energia necessários para sua produção. O bambu requer uma energia 50 vezes menor que a necessária para a fabricação do aço (Ghavami, 1992).

Segundo Ghavami (1992), estudos feitos para determinar as propriedades mecânicas do bambu, demonstraram que esse material apresenta uma excelente resistência à tração quando comparado com a sua massa específica, frente a materiais como o alumínio, o aço e o ferro fundido. Além disso, sua resistência à tração pode atingir valores de até 370 MPa (Ghavami, 2005).

Para o uso do bambu em grande escala, como material de construção economicamente viável, faz-se necessário a realização de estudos científicos sistemáticos que devem contemplar técnicas de cultivo, colheita, cura, tratamentos e pós-tratamentos, além de uma completa análise estatística das propriedades físicas, químicas, mecânicas e dinâmicas, juntamente com a avaliação do seu desempenho ao longo do tempo.

Estruturas feitas usando bambu como material principal têm demonstrado boa resistência aos abalos sísmicos como, por exemplo, na Costa Rica, após o terremoto do ano 1992, com magnitude de 7,6 graus na escala de Richter, onde as casas construídas com bambu foram as que apresentaram menores danos estruturais (Bain, 1995), e caso similar ocorrido na Colômbia no ano de 1998, com o terremoto na cidade de Armênia, de magnitude 6,9 graus na mesma escala (Jimenez, 1999); a Figura 1-1 mostra estruturas de concreto armado escoradas com colmos de bambu após o terremoto na cidade de Armênia até sua intervenção definitiva.

Numerosos estudos têm sido encaminhados ao conhecimento das propriedades físicas, mecânicas e microestruturais para diferentes espécies de bambu sob carregamentos estáticos. Já na determinação das propriedades dinâmicas do material, só dois trabalhos técnico científicos tinham sido publicados. Ghavami et al. (2003), testarem pequenos segmentos de bambu em vibração livre da espécie *Dendrocalamus Giganteus*, cujo objetivo era a medição do seu coeficiente de amortecimento. O segundo trabalho foi desenvolvido por Coelho (2005) para a determinação dos coeficientes de amortecimento e frequências naturais de vibração das espécies *Dendrocalamus Giganteus*, *Phyllostachys Áurea* e *Guadua Angustifólia* em testes de vibração livre e análise modal.



(a)

(b)

Figura 1-1 – (a) e (b) Estruturas de concreto escoradas com colmos de bambu após o terremoto em Armênia - Colômbia no ano de 1999 (Salas, 2006)

### 1.1. Objetivos e estrutura do trabalho

O objetivo do presente trabalho é a determinação das propriedades dinâmicas como coeficientes de amortecimento e freqüências naturais de vibração de bambus das espécies *Dendrocalamus Giganteus* e *Phyllostachys Áurea*. Para os colmos da espécie *Phyllostachys Áurea* é estudada a variação das propriedades dinâmicas com o tempo de armazenamento do material. Além disso, para a mesma espécie de bambu é estudada a influência do tratamento nas propriedades dinâmicas do material. Pelo fato de o bambu ser um material funcionalmente graduado, i.e., a fração volumétrica das fibras varia ao longo da espessura da parede do colmo, é determinada a variação do coeficiente de amortecimento em função da concentração das fibras na parede do material.

No capítulo dois, faz-se uma revisão bibliográfica dos conceitos de dinâmica, assim como dos diferentes métodos experimentais para a determinação dos coeficientes de amortecimento e freqüências naturais de vibração. Nesse capítulo também são apresentados os resultados de pesquisas anteriores.

O capítulo três descreve a metodologia experimental usada para a determinação das propriedades físicas, mecânicas e dinâmicas das duas espécies de bambu.

O capítulo quatro apresenta os resultados obtidos, fazendo uma análise de cada um deles.

O capítulo cinco contém as conclusões (do presente trabalho) assim como sugestões para pesquisas futuras.