

# 1. Introdução

Durante milênios materiais e técnicas construtivas foram desenvolvidos e aplicados de maneira vernácula na construção civil em todo o mundo, mas após a Revolução Industrial dois materiais em especial desenvolvem progressivamente uma hegemonia no que diz respeito à construção de estruturas: o aço e o concreto. A partir do início do séc. XX estes materiais começam a ser utilizados em larga escala. A necessidade de se parametrizar o uso destes materiais exigiu a elaboração de cartilhas de utilização, que viriam a ser denominadas normas técnicas. Posteriormente as normas se tornaram fator preponderante para a construção civil. Dessa maneira, materiais e técnicas milenares, então correntes, tiveram seu uso preterido, em favor daqueles cujos parâmetros de aplicação já se encontravam estabelecidos. Muitos materiais foram desenvolvidos desde então, mas nem sempre normatizados. Uma vez que o interesse e o uso freqüente são fatores predominantes para o estabelecimento das normas, gera-se um círculo vicioso onde a maior aplicação é a dos materiais parametrizados e as novas normas são feitas visando o aprimoramento das já existentes.

A Revolução Industrial proporcionou melhorias à humanidade e desvantagens à natureza, como a poluição do planeta e o consumo indiscriminado de recursos naturais. Após a Segunda Guerra Mundial a reconstrução da Europa demandou um consumo alto e freqüente de materiais de construção industriais, de maneira que na década de 1960 os danos ao meio ambiente se faziam perceptíveis. Desde então se procura difundir a consciência da avaliação de impacto ambiental. Na década de 1980 foi, neste ínterim, desenvolvido o conceito de sustentabilidade (Pope, et al., 2004). A ciência da sustentabilidade estuda as causas, caminhos e impactos de problemas de desenvolvimento complexo resultantes da interação entre forças naturais e sociais (Schmandt, 2006). A degradação crescente dos recursos naturais não renováveis, como petróleo, minérios e fundamentalmente água potável, promove um panorama que demanda soluções para aplicação imediata, que não somente atendam à necessidade de reprodutibilidade renovável, como também, alternativas não poluentes e de baixo consumo energético. Na sociedade atual a

demanda do potencial de comercialização e a viabilidade econômica são essenciais, não só quanto ao investimento a ser realizado, como também ao retorno financeiro que estes produtos deverão gerar em quanto tempo. O desenvolvimento técnico-científico é, portanto, fundamental para a geração de materiais condizentes com a resistência, durabilidade, sustentabilidade, reprodutibilidade, acessibilidade e potencial de comercialização, exigidos pela sociedade.

As ciências ligadas à construção civil e ao desenvolvimento de materiais têm, neste contexto, responsabilidade, tanto no que tange à teorização, conceituação, desenvolvimento de soluções projetuais e conscientização (arquitetura e engenharia civil), quanto no que diz respeito à parametrização, cálculo e desenvolvimento de materiais e tecnologias (engenharias civil e de materiais). O projeto de materiais, processos, produtos e sistemas deve sustentar boas condições para a saúde humana e o meio-ambiente (Ghavami, 2005), entretanto as imposições da economia agem em desacordo com a sustentabilidade, relegando países em desenvolvimento a uma situação difícil, obrigando-os a ostentar um crescimento incompatível com os cuidados exigidos para com o meio-ambiente, enquanto as antigas nações capitalistas de economia estabilizada, como o bloco europeu, têm crescimento estável ou negativo e legislação específica contemplando a sustentabilidade.

Faz-se necessário urgentemente desonerar a natureza do custo ambiental provocado pela indústria em geral. Há que se encontrar meios de produção mais limpos para os materiais de construção convencionais e principalmente limitar o seu uso às situações em que se fizerem realmente necessários como a construção de grandes pontes, edifícios altos ou outras grandes obras de engenharia. Outras situações devem acolher materiais não convencionais novos ou antigos em desuso, renováveis e de baixo custo energético, favorecendo a construção vernácula adaptada às realidades locais ou a associação profícua, e inerente aos compósitos, entre materiais convencionais e não convencionais.

Não basta que o projeto do produto final seja feito de acordo com os preceitos da sustentabilidade. Há que se prever o seu uso para que ele não esteja em desacordo com a concepção, seu tempo de vida para estimar o volume de produção e os eventuais impactos que isto possa proporcionar, e principalmente o seu fim. Deve-se considerar o gerenciamento do lixo produzido e o potencial impacto causado pelo produto em questão, prevendo possibilidades como biodegradabilidade, redução, reuso e reciclagem.

## **1.1. Objetivos**

Contextualizando o uso de retículas espaciais de bambu como um sistema estrutural otimizado tanto pela geometria como pelo material, pode-se formar uma associação profícua, economicamente viável e sustentável. Treliças espaciais são estruturas leves, otimizadas pela geometria de maneira que as barras componentes sofrem somente esforço axial, e possibilitam grande variedade formal. Os perfis cilíndricos são os mais resistentes a esforços axiais, ao passo que os tubulares apresentam a melhor relação peso resistência. A estrutura natural do bambu atende satisfatoriamente a estes requerimentos apresentando sobre os materiais costumazes vantagens na relação peso resistência, devido à sua funcionalidade graduada. Sob o aspecto da sustentabilidade as estruturas reticuladas espaciais de bambu apresentam forte apelo agregando eficiência à desoneração da natureza quanto ao consumo de materiais de alto consumo energético e teores consideráveis de produção de carbono residual. Esta dissertação visa elaborar elementos estruturais especiais para treliças espaciais e passíveis de industrialização, utilizando o bambu como matéria prima principal. Com isto é possível produzir um sistema construtivo sustentável, prático e versátil, podendo ser convencionalmente comercializado em lojas de materiais de construção, ou por firmas especializadas neste tipo de estrutura.

## **1.2. Justificativas**

O bambu foi escolhido como matéria prima por ser um material sustentável e não-convencional, local e abundante, importante para o seqüestro de carbono da atmosfera, absorvendo (dependendo da espécie) até 52.3 t/ha por ano (Isagi, et al., 1997), além de estar sendo estudado há mais de trinta anos pelo Grupo de Materiais não-convencionais da PUC-Rio sob a orientação do Professor Khosrow Ghavami. Desta maneira estão disponibilizadas informações científicas sobre suas propriedades físicas e mecânicas, seu tratamento, poda, armazenamento, suas patologias e sistemas construtivos que o empregam.

O bambu é um material compósito ligno-celulósico natural de fibras longas funcionalmente graduado macro, meso e microdimensionalmente de formato tubular, em geral oco, muito resistente às solicitações de tração e compressão, características esas que configuram o padrão otimizado de componentes

utilizados em treliças espaciais. Suas propriedades físicas e mecânicas propiciam o seu uso na construção civil, tanto em seu formato natural, como processado industrialmente para uso em materiais compósitos laminados ou extrudados de fibras longas ou curtas. Por esta versatilidade possibilita a confecção reprodutível de elementos estruturais como ligações e ponteiras, além do uso como barras. As barras por sua vez podem ser externamente transversalmente reforçadas por compósitos poliméricos com fibras naturais, potencializando algumas de suas propriedades, aumentando a sua durabilidade, possibilidades de acabamento e facilitando o seu armazenamento.