

APLICAÇÃO DE BAMBU EM ESTRUTURAS: ESTUDO DE CASO SOBRE A
ESTRUTURA DA EXPOSIÇÃO “O PAISAGISTA ROBERTO BURLE MARX” EM
BRASÍLIA.

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados de um projeto de construção de uma estrutura desmontável com a utilização de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus* e conexões metálicas. Tal construção foi utilizada para uma exposição sobre os 100 anos do grande paisagista brasileiro Roberto Burle Marx que aconteceu nos meses de agosto a novembro de 2009 em Brasília/DF.

O projeto teve início em março de 2009 quando uma arquiteta contratou a Bioestrutura Engenharia para executar uma cobertura de 240 m² para abrigar a exposição durante o período de 3 meses, sendo que, esta estrutura deveria ser em bambu, pois um dos pontos positivos para a liberação dos recursos por parte do patrocinados foi a utilização desse material.

Para tanto, os técnicos da empresa ousaram em projetar e construir uma estrutura totalmente desmontável, de modo que, sua montagem não ultrapassasse 5 dias, pois seria montada em local de grande trânsito, e os recursos despendidos para a obra não incluíam a montagem de canteiro de

obras, instalações provisórias e outros serviços que seriam inevitáveis caso a obra fosse executada totalmente *“in loco”*.

As dificuldades encontradas durante o processo ocorreram devido ao pioneirismo da equipe técnica em relação ao projeto. O mesmo foi dividido basicamente nas etapas de: elaboração do projeto, aquisição de material, pré montagem, montagem e desmontagem. O resultado final foi um grande sucesso com repercussão em todo o Distrito federal, contribuindo significativamente para a difusão do potencial do bambu como elemento estrutural, sustentável e ecologicamente correto na sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Bambu, estruturas, construção ecologicamente correta, sustentabilidade.

ABSTRACT

This paper presents the results of a project to build a demountable structure using bamboo *Dendrocalamus giganteus* and metal unions, for an exhibition of 100 years of the great Brazilian landscape architect Roberto Burle Marx that happened from August to November 2009 in Brasília.

The project began in March 2009 when an architect hired Bioestrutura Engineering to perform a coverage of 240 square meters that housed the exhibition for a period of three months, and that this structure should be in bamboo, therefore, one of the strengths for releasing the funds had been sponsored by the use of this material.

For this, the technicians of the company dared to design and build a structure completely removable, so that their assembly does not exceed five days, then, would be mounted in place of great traffic, and yet, the resources expended for work not included assembly of construction site and temporary facilities and other services that would be inevitable if the work was performed entirely on site.

There were many difficulties during the process, which was basically divided in 4 steps: project design, procurement of material, pre-assembly, assembly and disassembly. But the end result was a great success, having repercussions around the District Federal, contributing significantly to the spread in the community of the potential of bamboo as a structural element, sustainable and environmentally friendly.

KEYWORDS: Bamboo, structure, environmentally friendly
construction, sustainable

1 INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta muito comum no Brasil e em outros países do mundo, tais como Colômbia, Indonésia, e Índia. Esses países possuem a tradição de aproveitar as propriedades mecânicas dessa planta em estruturas na construção civil.

No Brasil, entretanto, as estruturas de bambu ainda possuem pouca aplicação na construção civil se comparadas com a utilização de estruturas em concreto armado, estruturas metálicas, concreto protendido e estruturas de madeira. Em contrapartida, o bambu é um material de construção que atende aos requisitos de resistência, é um material flexível, leve e belo. Caracteriza-se por ter sua seção transversal em forma de seção tubular oca e baixa massa específica.

O mercado de tendas e coberturas desmontáveis para eventos no Brasil é dominado basicamente por sistemas metálicos, cuja montagem ocorre rapidamente em poucos dias e até mesmo em poucas horas. O desafio de executar uma estrutura desmontável utilizando o bambu como principal elemento estrutural é ancorado nas principais propriedades do material, que permitem a sua utilização para este fim, requisitos de leveza, praticidade, beleza, resistência e sustentabilidade.

A Bioestrutura Engenharia desenvolveu uma série de estruturas desmontáveis em bambu e cobertura em lona branca as quais são utilizadas em diversos eventos em Brasília e outros estados. O processo de fabricação da estrutura em estudo foi a que demandou maior esforço, tanto do ponto de vista técnico de projeto quanto na sua execução.

2 DESENVOLVIMENTO

A solicitação feita pela arquiteta de Brasília Joana Tanure à Bioestrutur Engenharia para a construção de uma cobertura de 240 m² e vão livre de 10 m, que abrigasse a exposição “100 anos de Burle Marx” durante um período de 3 meses, foi recebida com grande satisfação pelos técnicos, que decidiram construir uma estrutura totalmente desmontável. Com isso, para efeito de planejamento das etapas do projeto, o mesmo foi dividido em 5 partes, elaboração do projeto, aquisição dos materiais, pré-montagem, montagem e desmontagem..

2.1 Elaboração do projeto

A iniciativa da empresa de projetar e construir uma estrutura desta complexidade foi impulsionado principalmente pela paixão dos técnicos por estruturas em bambu. Sabia-se que haveria muitos desafios pela frente, mas as dificuldades foram maiores que as previstas.

Buscou-se artigos técnicos de diversas origens onde pudéssemos embasar o dimensionamento da estrutura, tendo como principal inspiração um trabalho desenvolvido por Ronald Laude, no qual desenvolve uma união metálica de alta complexidade para a junção das peças de bambu, apresentando também os resultados de ensaios para a determinação da quantidade de barras necessárias para suportar determinado esforço.

Moreira e Ghavami (2009) avaliaram o comportamento de estruturas treliçadas em bambu comprovando ser adequada a sua utilização para este tipo de solução, contudo, sugerem que estudos devem ser aprofundados a

fim de identificar o comportamento a longo prazo, tal com melhores formas de uniões entre bambus.

A partir das publicações pesquisadas deu-se início ao processo de dimensionamento das estruturas, diâmetro das peças, espessura de parede, tubos e chapas metálicas e demais elementos que compuseram a estrutura.

2.1.1 Cálculo estrutural

A análise estrutural é realizada por meio de modelos físicos, matemáticos e computacionais, que permite comparar estes resultados da análise com o comportamento real da estrutura.

Dessa forma, foi realizada uma análise dos esforços atuantes nas barras da estrutura para avaliar o comportamento da mesma, a fim de permitir um dimensionamento otimizado e seguro.

A análise foi realizada utilizando o programa computacional SAP2000 v.10.0.7, da empresa Computer and Structures Ind.(CSI), cuja formulação numérica é baseada no Método dos Elementos Finitos (MEF).

Parâmetros de cálculo:

- Massa específica: 800 kg/m^3
- Peso específico: 8 kN/m^3
- Seção circular
- Diâmetro externo = $12,0 \text{ cm}$
- Diâmetro interno = $10,0 \text{ cm}$
- Treliça: sistema reticulado, ligados por nós indeslocáveis.

- Peso próprio;

Ação do vento (NBR 6123:1988)

Ações atuantes:

- a) Peso próprio;
- b) Ação do vento: (VisualVentos, INPI No. 00062090).

Dados Geométricos: $b = 10,74$ m e $a = 20,74$ m

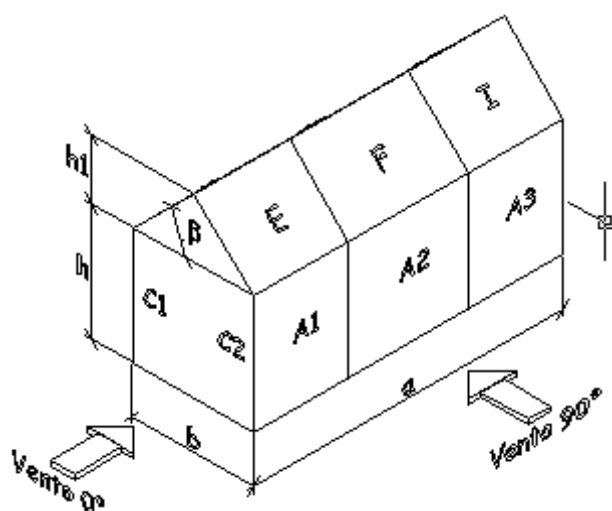


Figura 1: Dimensões da estrutura para cálculo da carga vento

Foram realizadas quatro combinação de ações entre as diferentes cargas de vento e o peso próprio ao estado limite último de utilização. O Peso próprio da estrutura foi considerado ação permanente e a ação do vento como ação variável indireta.

2.1.1.1 Resultados

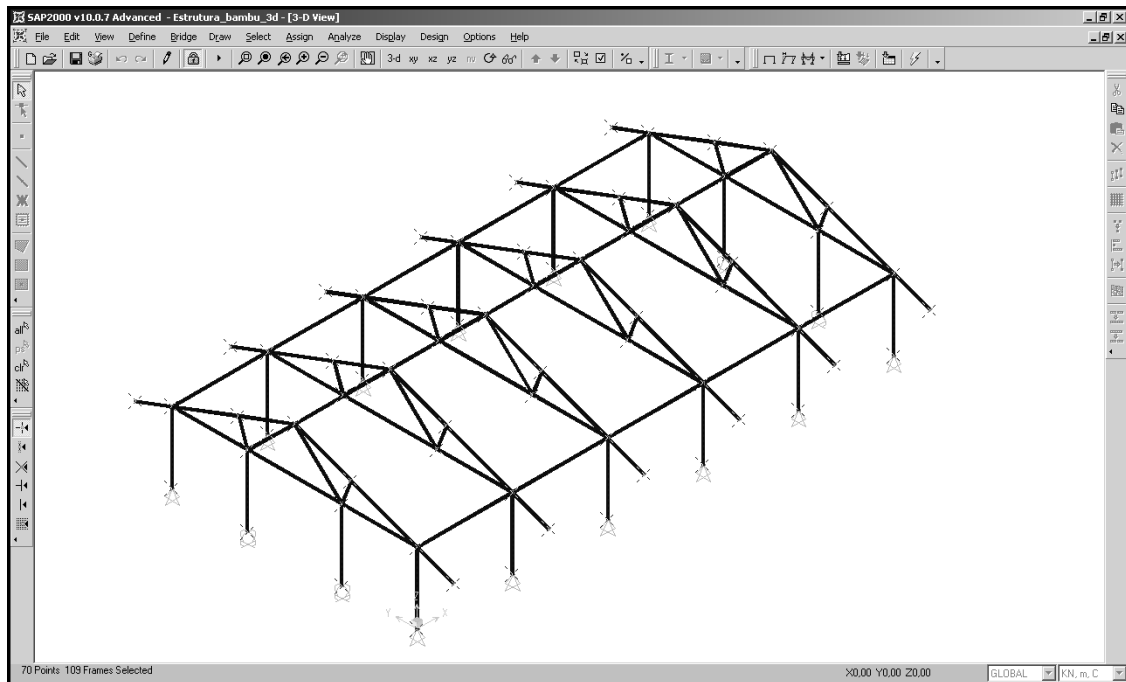


Figura 2: Estrutura indeformada (pórtico espacial)

Os resultados dos esforços axiais resultantes estão representados por meio da numeração dos nós em cada barra na tabela 1 (anexo).

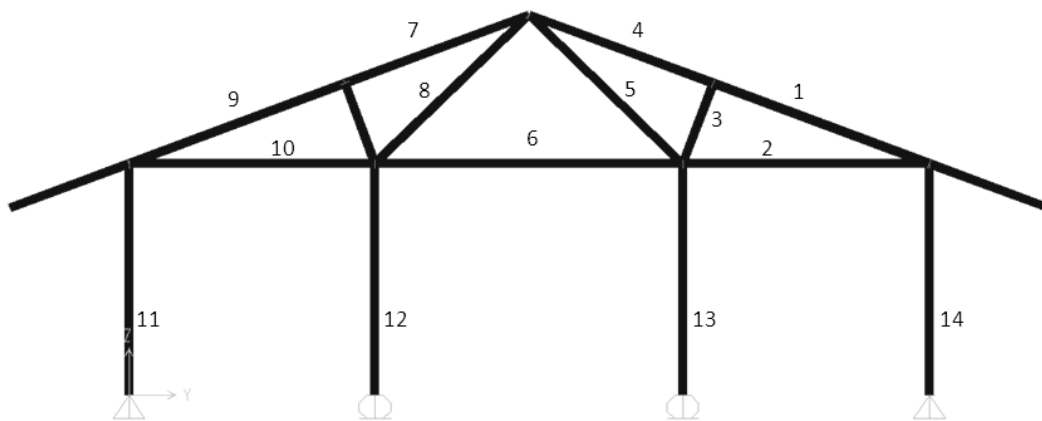


Figura 3: Numeração das barras no plano y-z (Pórtico plano)

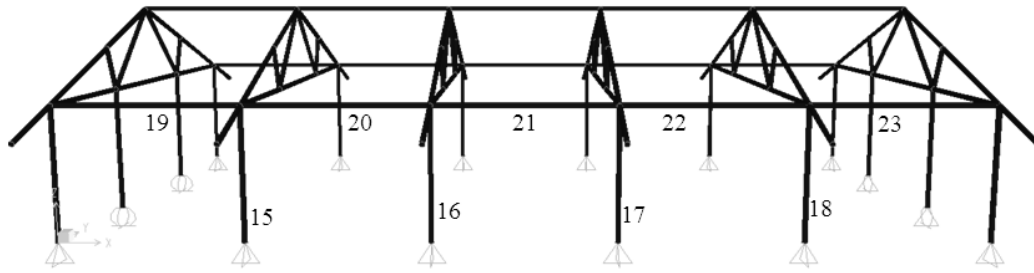


Figura 4: Numeração das barras no plano x-z

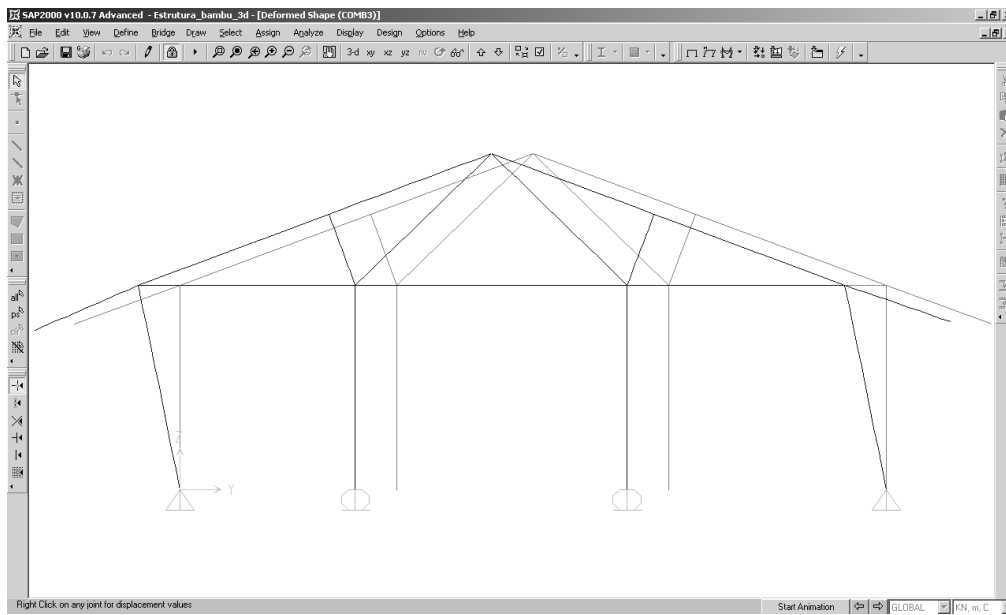


Figura 5: Deslocamento da estrutura devido a ação do vento no plano y-z

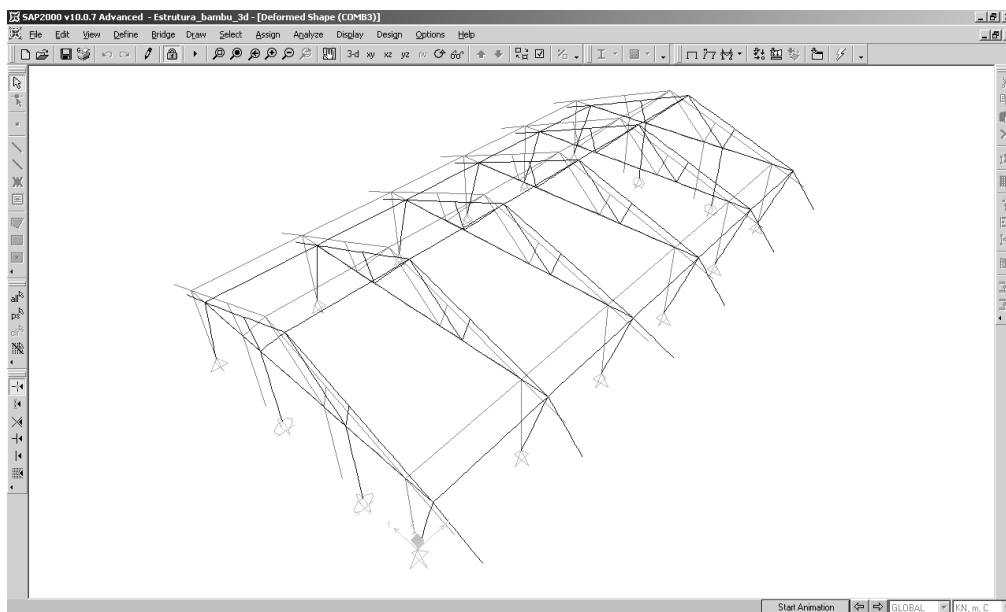


Figura 6: Deslocamento da estrutura devido a ação do vento em 3D

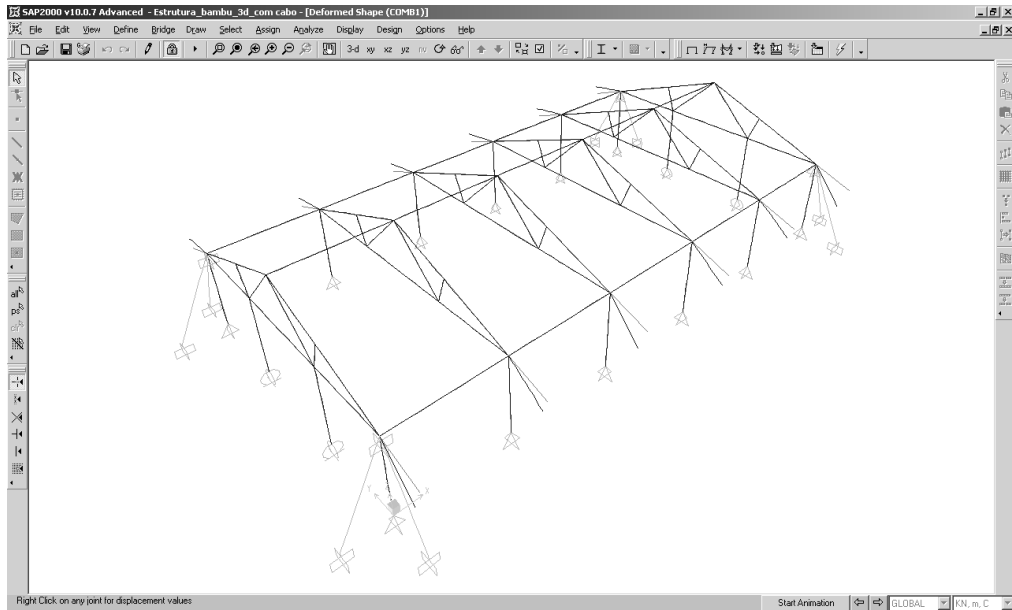


Figura 7: Deslocamento da estrutura contraventada devido a ação do vento.

Após a avaliação estrutural da configuração pré-dimensionada do galpão, foi elaborado o detalhamento executivo da estrutura.

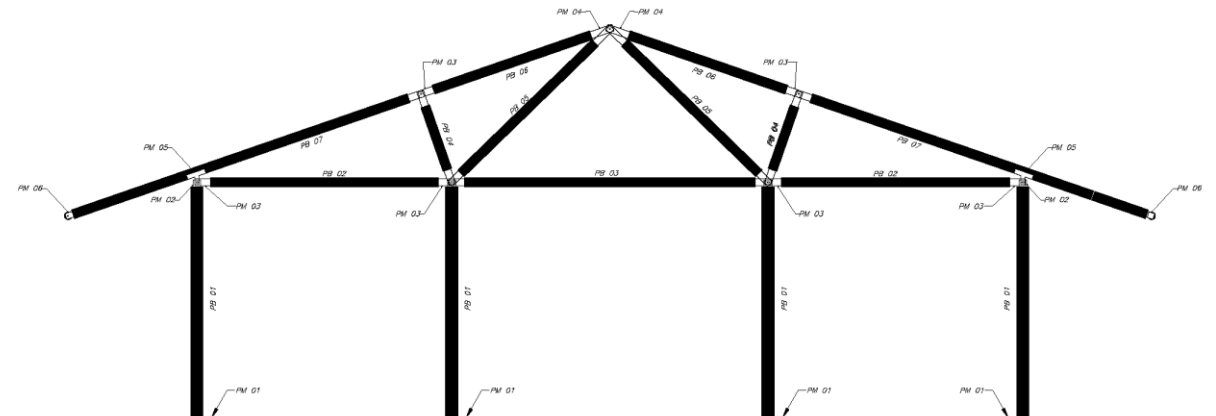


Figura 8: Pórtico principal, total de 4 unidades

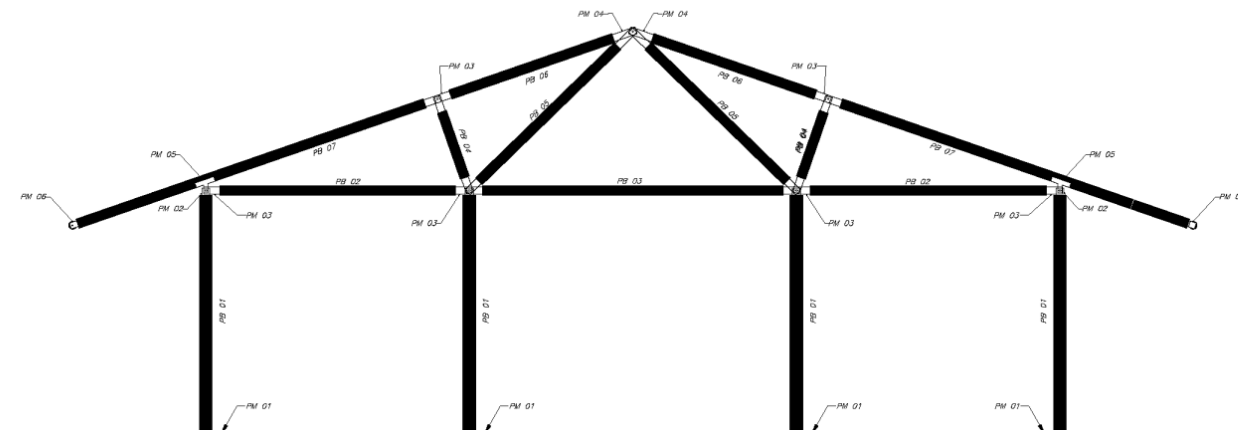


Figura 9: Pórtico das extremidades, total de 2 unidades

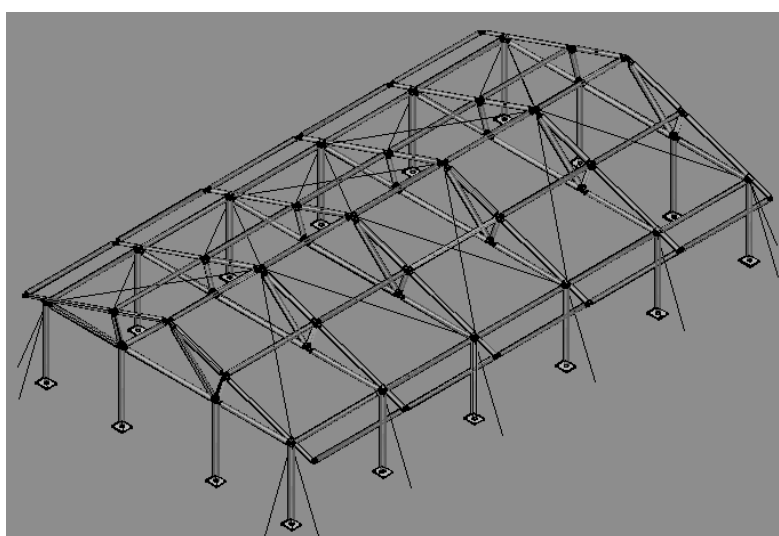


Figura 10: Estrutura em 3D

2.2 Aquisição de material

Foi previsto a utilização de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*, pois o dimensionamento nos conduziu a um diâmetro de 12 cm para as peças da tesoura, 16 a 18 cm para os pilares e 10 cm para as peças intermediárias que ligariam as tesouras. Não se optou por utilizar outras espécies como o *Phillostachys bambusóides* ou o *Phillostachys Pubsens*, pois não existe disponibilidade de colmos do diâmetro desejado

na região de Brasília, e como o prazo era curto, importar de outros locais não seria possível.

Para tanto, uma verdadeira operação foi montada para a colheita dos bambus. Diversas touceiras foram identificadas e escolhidas por terem um maior número de peças maduras e no diâmetro definido.

Houve dificuldade de encontrar colmos com o diâmetro desejado e retilíneo, visto que a estrutura demandava colmos sem tortuosidade, e considerando que a maioria das touceiras da região não são manejadas, não é simples encontrar bambu gigante com estas características.



Figura 11: Uma das touceiras escolhidas para o corte



Figura 12: colmos cortados já colocados na área de trabalho.

As uniões metálicas foram dimensionadas obedecendo aos esforços identificados no cálculo da estrutura, detalhadas em ambiente *CAD* e encaminhadas a empresa que confecciona estruturas metálicas. Posteriormente as uniões metálicas receberam pintura eletrostática.



Figura 13: Uniões metálicas após fabricação

2.3 Pré-montagem

A pré-montagem ocorreu em espaço alugado, onde foi possível executar as peças com o auxílio de ferramentas e gabaritos apropriados. Utilizou-se para a fixação da conexão metálica ao bambu, barras roscadas de diâmetro 3/8”.

A quantidade de barras em cada conexão foi definida em função dos esforços atuantes em cada peça, deste modo, foi utilizado de duas a cinco barras por conexão metálica em média.



Figura 14: fixação das uniões metálicas com o auxílio de gabarito.



Figura 15: Peças armazenadas para seguir para montagem



Figura 16: Pilares secando ao sol após aplicação de Stain

A fim de identificar na prática a resistência da junção das uniões metálicas como o bambu, foi realizado alguns ensaios no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Brasília. Como os recursos para os ensaios eram limitados foi possível realizar apenas o de tração, pois este foi o maior esforço identificado no dimensionamento da estrutura. Os resultados obtidos se aproximaram 6.500 kgf, com o rompimento das

barras roscadas previamente à ruptura do bambu, o que demonstra que a estrutura estava dimensionada de forma adequada.

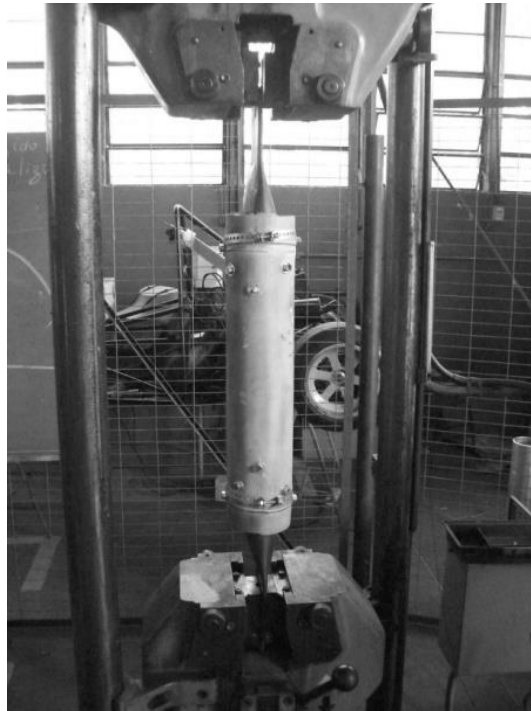


Figura 17: Ensaio de tração

Foi montada no local uma parte da estrutura, cujo objetivo foi o de verificar a estabilidade da tesoura, tal como se a execução estava atendendo aos critérios de projeto.



Figura 18: Parte da estrutura montada

A estrutura foi atirantada ao chão em todos os pilares com a utilização de cabos de aço 3/8", sendo também contraventada conforme projeto, com cabos de aço de 1/4".



Figura 19: Processo de montagem

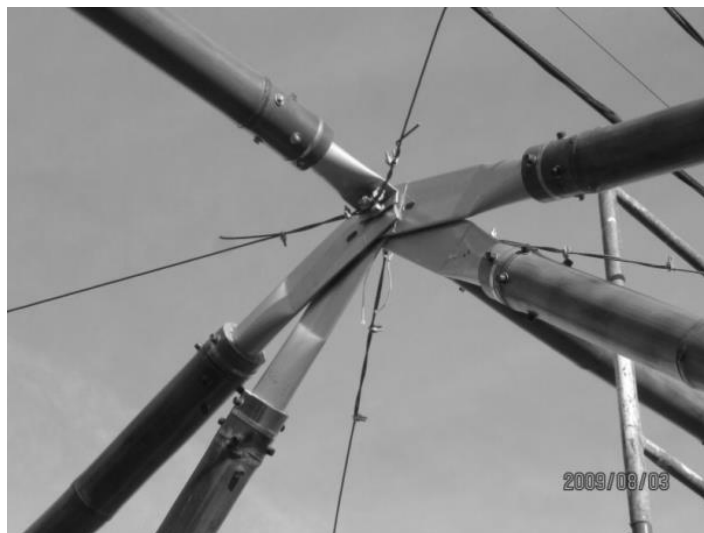


Figura 20: Detalhe das uniões da cumeeira



Figura 20: Detalhe das uniões das peças da tesoura



Figura 21: Detalhe das uniões



Figura 22: Parte interna da estrutura



Figura 23: Parte interna da estrutura



Figura 24: Parte interna da estrutura, vista do pórtico das extremidades.



Figura 24: Vista da estrutura coberta.

2.4 Desmontagem

A desmontagem durou apenas um dia e meio, considerando o transporte das peças até o local de armazenagem, portanto, a estrutura se apresentou como uma excelente opção para tendas desmontáveis.

3 CONCLUSÃO

Devido ao curto prazo para se projetar a estrutura, alguns pontos no processo de dimensionamento não foram considerados, deste modo, foram necessárias algumas pequenas alterações durante a montagem, tais como o aumento de ancoragens e contraventos com cabos de aço. Contudo, o resultado final da estrutura foi bastante satisfatório, do ponto de vista técnico e estético, no entanto, recomenda-se uma dedicação maior em todas as fases do projeto, mas principalmente no dimensionamento da estrutura e no plano de montagem, pois, pela experiência adquirida constatou-se, que a fase de planejamento é essencial para o sucesso de uma empreitada.

Acreditamos que o principal objetivo alcançado no projeto, além de abrigar a belíssima exposição, foi a apresentação do bambu como material estrutural para uma cidade que apesar de grande, desconhece quase que totalmente as possibilidades do bambu como material de construção.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LAUDE, R., Bambu, Recurso sostenible para estructuras espaciales, Universidade Nacional de Colombia, Medellin, 2003/2004

MUÑOZ, L.F., Diseño de uniones y elementos em estruturas de guadua, Pereira, mayo 16-17 y 18 de 2002

MOREIRA, L.E., Ghavami, K., Bamboo Space Structre, (NOCMAT,2009)

MOREIRA, L.E., 1991, *Desenvolvimento de Estruturas Trelçadas Espaciais de Bambu*, dissertação de mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brazil.

MOREIRA, L.E., 1998, *Aspectos Singulares das Trelças de Bambu: flambagem e conexões*, Tese de Doutorado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brazil.

VisualVentos. Programa Computacional. Disponível em http://www.ecivilnet.com/software/visual_ventos_efeitos.htm

SAP 2000. *Computers and Structures Inc.*

O trabalho ficaria mais rico se os autores grifados nas Referências fossem citados no texto.

ANEXO

Tabela 1: Resultados dos esforços axiais em cada barra

<i>Barra</i>	<i>Esforço axial (kN)</i>				
	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4	Comb. 4
1	34	15	19	5	-5
2	-26	-10	-18	-5	
3	-26	-10	-18	-5	
4	34	15	19	5	-5
5	-10	-15	-8	-5	
6	-16	-12	-15	-8	
7	34	15	19	5	-5
8	-10	-15	-8	-5	
9	34	15	19	5	-5
10	-26	-10	-18	-5	
11	-10	-9	-6	-7	
12	-10	-9	-6	-7	
13	-10	-9	-6	-7	
14	-10	-9	-6	-7	
15	-20	-5	-10	-17	
16	-20	-5	10	-10	
17	-20	-5	10	-10	
18	-20	-5	-10	-17	
19	0	0	-1	-2	
20	0	0	-3	-6	
21	0	0	-7	-10	
22	0	0	-3	-6	
23	0	0	-1	-2	