



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

TRELIÇAS ESTRUTURAIS DE BAMBU EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Carlos A. Szücs (1); Telmo N. M. Moré (2); Mariana Soares (3);

(1) Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil –
e-mail: caszucs@gmail.com

(2) Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

(3) Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil –
e-mail: mariana_soa@hotmail.com

RESUMO

Atualmente, a busca por materiais que representem menor impacto ao meio ambiente tem sido uma constante preocupação. Nesse aspecto, o bambu se apresenta com grande potencial ambiental, principalmente por sua característica de ser de fonte prontamente renovável, possibilitando colheita em ciclos curtos e que sob manejo adequado, dispensa a necessidade de replantio. A sua produção se dá de forma natural pela transformação do carbono poluidor em tecido lenhoso. O bambu é um material com grande potencialidade para ser utilizado nas construções em geral e é de fácil trabalhabilidade. O presente trabalho, realizado no GIEM (Grupo interdisciplinar de estudos de Madeira) da Universidade Federal de Santa Catarina, tem como objetivo colocar em evidência a possibilidade de utilização do bambu em estruturas treliçadas reforçadas. A treliça objeto deste estudo é a do tipo Howe, e o bambu utilizado é da espécie *Bambusa Vulgaris Schard.* Durante o estudo foram construídas e analisadas 4 treliças iguais e em tamanho real para serem submetidas a ensaios de flexão. Tendo em vista a característica do bambu ser facilmente fendilhado longitudinalmente, com conseqüente fragilidade na região das ligações, neste trabalho é apresentada a possibilidade de reforço utilizando fios de fibra de vidro aplicados ao bambu com cola epóxica. Para verificar a eficiência das ligações foram realizados ensaios mecânicos em corpos-de-prova representativos das ligações aparafusadas, com e sem reforço. Para a verificação do sistema estrutural treliçado, foram realizados os ensaios de 4 treliças em tamanho real submetidas à flexão a 4 pontos, sendo uma testemunho, sem reforço. São apresentados os resultados e discussão sobre a viabilidade do emprego do bambu, principalmente em construções rurais, onde a matéria-prima pode estar disponível ao lado da construção, mas também, evidenciar a possibilidade de seu emprego em sistemas treliçados, para as construções em geral.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Bambu; Treliças.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é responsável, em média, por 15% do PIB, (Manseau & Seaden, 2001), sendo este o setor econômico do país com maior impacto na economia. Nesse contexto, a preservação do meio ambiente por meio de um desenvolvimento sustentável, especificamente no setor da construção civil, tem adquirido relevância cada vez maior. As indústrias transformadoras de materiais de construção representam cerca de 37,4% das emissões de CO₂ (INE, dados estatísticos de 2003 para Portugal).

O bambu é um material, que pode agir com eficiência no combate a inúmeras formas de poluição (PEREIRA, 2008). É uma excelente alternativa na renovação do oxigênio, reciclagem da água de rios e lagos e limpeza de elementos nocivos do solo. É também um material de fonte renovável, que atinge sua maturação num tempo relativamente curto, estando em condições de ser extraído com três anos em algumas espécies. É o recurso natural e florestal que menos tempo leva para ser renovado. É também um ótimo captador de carbono, podendo ser utilizado em reflorestamento como regenerador ambiental (PEREIRA, 2008).

O bambu por poder se manter uma matéria-prima abundante, de fácil trabalhabilidade e possuir grande potencial ambiental, mostra-se como uma alternativa tecnológica para a construção civil, principalmente para a população rural de baixo poder aquisitivo, que além de construir suas próprias casas, poderá cultivar o bambu que servirá de matéria-prima na composição de elementos utilizados na construção civil, como nas treliças, por exemplo.

A treliça é uma das mais importantes formas estruturais da engenharia, pois podem suportar grandes esforços e vencer grandes vãos. No caso da aplicação do bambu em sistemas treliçados, podem atingir vãos compatíveis com as necessidades estruturais de edificações de pequeno e médio porte. A partir do estudo dos diversos modelos de treliças existentes, optou-se por utilizar a treliça Howe, pois com seus banzos paralelos, proporciona uma altura constante e pode ser utilizada na estrutura de telhados e também nos entre-pisos de uma edificação de mais pavimentos.

A utilização do bambu na construção civil no Brasil ainda é pouco representativa e pouco freqüente, principalmente devido a falta de material bibliográfico, pesquisas e também pela reação e preconceito da população em utilizar materiais alternativos.

2 OBJETIVO

Este estudo, tem como objetivo comprovar e colocar em evidência a possibilidade de utilizar o bambu como material de construção, em especial em vigas treliçadas para estrutura de coberturas, utilizando um método construtivo simplificado que poderá ser facilmente utilizado.

3 METODOLOGIA

A treliça a ser estudada é a viga treliçada Howe com perfil I, utilizando banzos duplos e geometria simétrica nas barras. Apresenta a seguinte configuração: 350cm de comprimento por 50cm de altura, tendo duas peças de bambu de 350cm no banzo superior, duas peças de mesmo tamanho no banzo inferior, sete montantes de 50cm e seis diagonais de 70cm (Figura 1).

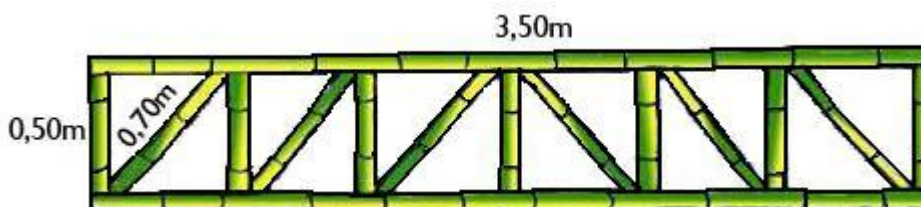


Figura 1 – Dimensões utilizadas na viga treliçada Howe com perfil I

3.1 Preparação das vigas treliçadas

No presente trabalho optou-se por utilizar a espécie de Bambu *Bambusa Vulgaris Schard*, devido a facilidade de ser encontrada na Ilha de Santa Catarina.

Os bambus foram extraídos no bairro do Cacupé em Florianópolis-SC. Durante esse processo houve uma constante preocupação em extrair os bambus mais maduros e com diâmetros equivalentes entre si. Em seguida esses bambus foram serrados com 350cm, na dimensão das treliças a serem preparadas.

Primeiramente, as peças foram limpas com água, pois poderiam estar com aderência de matéria orgânica. Em seguida, foi realizado o processo de secagem, em três etapas:

- Aplicação de óleo queimado, com a finalidade de hidratar e dar textura às peças. Neste processo foi utilizado um pincel para aplicar o óleo ao longo dos colmos do bambu.
- Secagem das peças com uso de maçarico, tendo como objetivo extrair a umidade e eliminar o amido e açúcares presentes no bambu, diminuindo a vulnerabilidade ao ataque de insetos.
- Limpeza da peça com água e sabão, para retirada do excesso de óleo.

Após estarem assim tratadas (Figura 2) as peças que formam os montantes e diagonais foram serradas nas dimensões de 50 e 70cm.



Figura 2 – Preparo das peças de bambu

Com o objetivo de tornar as ligações mais eficientes foram aplicadas fitas com fios de fibra de vidro orientados longitudinalmente, de 0,5 cm de espessura e cola com base epóxi.

A seguir, é possível observar as etapas adotadas para a produção das vigas treliçadas (Figura 3).

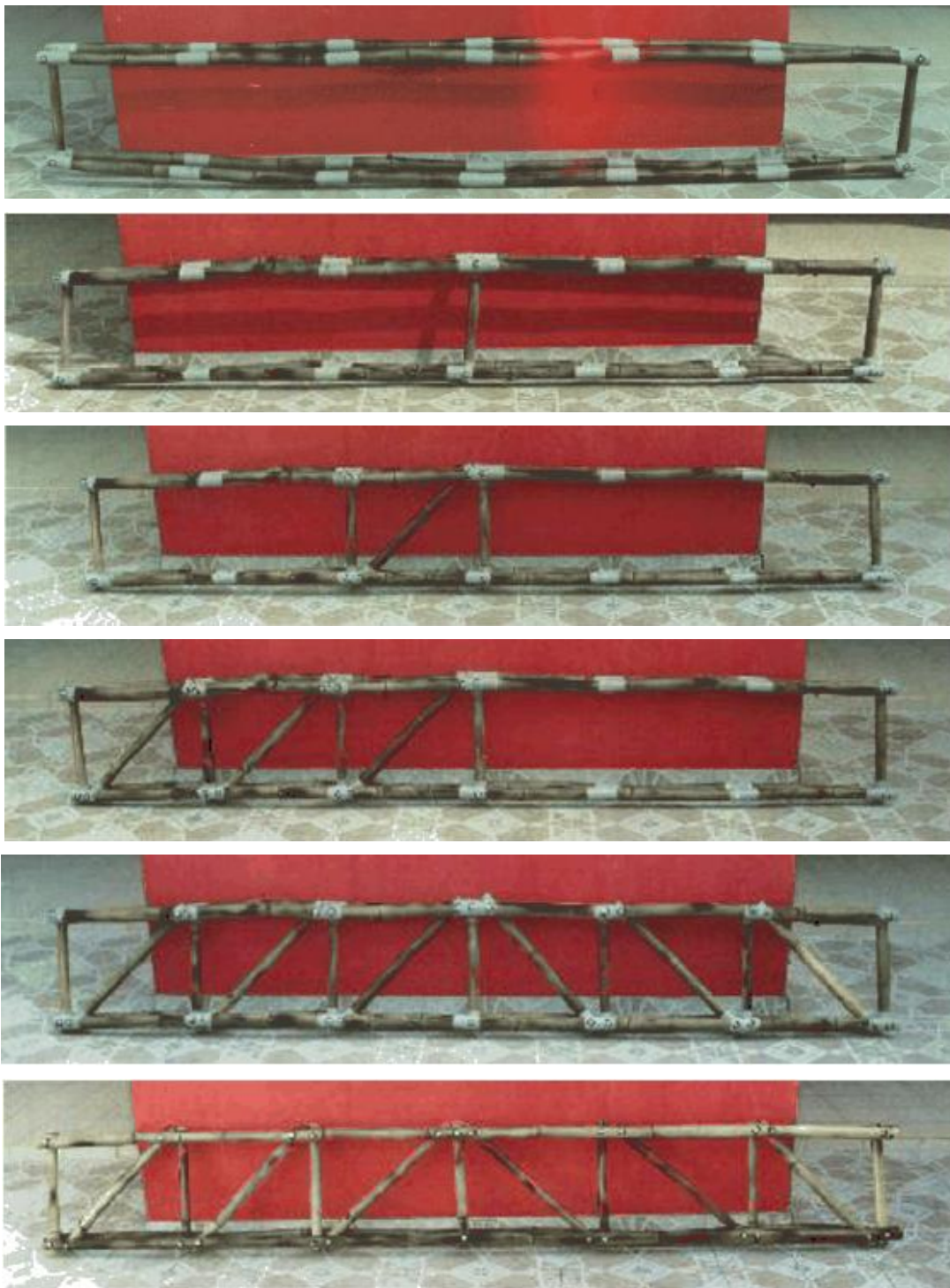


Figura 3 – Etapas da produção das vigas treliçadas

A cola e a fibra de vidro foram aplicadas da seguinte forma: em cada extremidade do trecho de bambu em que haveria ligação mecânica do nó da treliça, o bambu foi lixado. Em seguida, o adesivo preparado com dois componentes (resina epóxi e poliamino-amida) foi aplicado com pincel. Posteriormente, a fibra de vidro foi enrolada manualmente em toda essa região. Foram dadas duas voltas ao redor do bambu. Para o acabamento a cola foi aplicada mais uma vez, sobre o reforço de fibra de vidro.

Para verificar a eficiência do reforço foram realizados ensaios de tração em 14 corpos-de-prova de 20 cm cada, sendo 7 deles com 5 cm de fibras e cola, em cada extremidade (Figura 4) e 7 sem esse reforço.

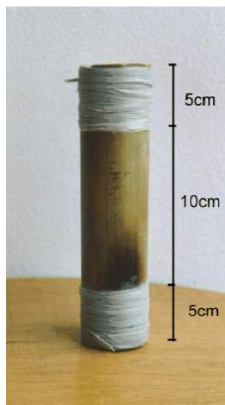


Figura 4 – Corpos-de-prova para ensaio de tração

3.2 Testes mecânicos

3.2.1 Ensaio – ligações

Após sete dias de polimerização da cola, período recomendado pelo fabricante, os corpos-de-prova foram furados a 25mm de suas extremidades, com uma broca de 10,5mm. As duas Extremidades foram conectadas à peça do dispositivo de ensaio, utilizado no esforço de tração.

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de tração na Máquina Universal de Ensaio, do LEE – Laboratório de Experimentação em Estruturas da UFSC (Figura 5).



(a)



(b)



(c)

Figura 5 – Máquina Universal de ensaio (a) - ensaio dos corpos-de-prova (b) – detalhe da ruptura (c)

Os resultados dos ensaios estão apresentados na tabela 1, na qual é possível observar o esforço máximo de tração e diâmetros dos corpos-de-prova, sendo os 7 primeiros corpos-de-prova com reforço nas ligações e os 7 últimos sem reforço. A média do esforço de tração nos bambus reforçados com fibra de vidro e cola epóxi foi de 6200N, e nos bambus em que não foram utilizados reforços, 3610N. Havendo um ganho de 71,7% na resistência dos bambus reforçados com fibra de vidro e cola epóxi.

Tabela 1 – Resultados do ensaio das ligações e diâmetro dos corpos-de-prova de tração

Corpo-de-prova	Esforço à Tração [N]	Diâmetro Externo De. [mm]	Diâmetro Interno Di. [mm]	Diâmetro Ext.- Diâmetro Int. De - Di [mm]	Parede $Pa = (De - Di)/2$ [mm]
1	5100	43	34	09	4,5
2	9800	39	22	17	8,5
3	4100	47	39	08	4,0
4	8200	39	24	15	7,5
5	5000	43	32	11	5,5
6	5300	44	32	12	6,0
7	5900	43	33	10	5,0
Média CP com reforço	6200	43	31	12	5,9
8	3700	45	33	12	6,0
9	4700	51	36	15	7,5
10	4200	43	29	14	7,0
11	2600	43	35	8	4,0
12	3600	45	36	09	4,5
13	2700	45	35	10	5,0
14	3800	43	35	08	4,0
Média CP sem reforço	3610	45	34	11	5,4

Um dado de grande importância na análise desses resultados de ensaio, foi a observação de que a ruptura das ligações, sem reforço, apresenta característica de comportamento frágil podendo levar a estrutura ao colapso. Enquanto que nas ligações com reforço à ruptura, além de se dar em um nível de esforço mais elevado, continua resistindo, observando-se um embutimento do parafuso, sem caracterizar um colapso iminente da ligação (Figura 5-c).

3.2.2 Ensaio - treliças

Foram ensaiadas quatro vigas treliçadas Howe com perfil I, sendo três com fibra de vidro e cola de base epóxi, para reforço das ligações e uma viga produzida sem reforço das ligações, servindo de testemunho.

Nas vigas com reforço, a cola e a fibra de vidro foram aplicadas da seguinte forma: as peças de 50cm e 70cm foram lixadas por 7 cm nas extremidades nos dois lados. Aplicou-se cola com pincel e, em seguida, a fibra de vidro foi enrolada nas pontas das peças, recebendo ainda mais uma camada de resina. As peças de 350cm receberam o mesmo tratamento na região de ligação de cada peça. Após a polimerização da cola o bambu foi furado com furadeira elétrica e nele foi introduzido barras de aço rosqueadas de $\frac{1}{4}$ " de diâmetro. Nas vigas treliçadas sem reforço, as ligações foram feitas utilizando apenas esses pinos metálicos. (Figura 6)

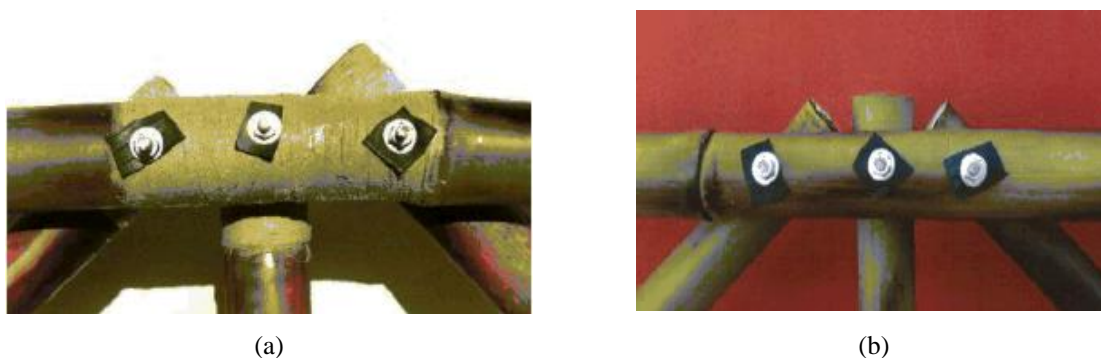


Figura 6 – Detalhe da ligação com reforço (a), e ligação sem reforço (b)

As vigas foram submetidas ao ensaio de flexão a 4 pontos com uma carga a cada 1/3 do vão, conforme representado na (Figura 7).

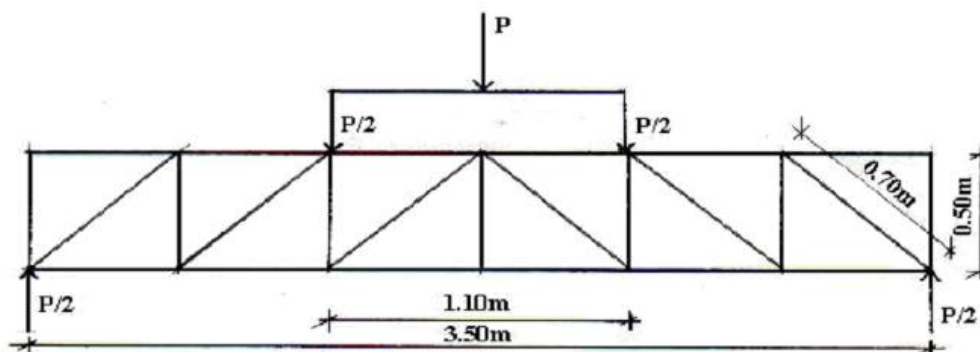


Figura 7 – Esquema de aplicação das cargas (flexão estática a 4 pontos)

Foram colocados dois apoios de contenção na forma de garfo nas extremidades de cada viga para evitar a perda de estabilidade lateral da mesma. Nos pontos centrais, onde a carga foi aplicada através de um cilindro hidráulico, foram colocadas duas peças de madeira para evitar o esmagamento pontual do banzo superior.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir, são apresentados e analisados os resultados relativos às vigas treliçadas em tamanho real, produzidas em bambu e submetidas à flexão.

A média da carga limite de ruptura encontrada nas vigas com reforço foi de 9309N, enquanto que na viga sem reforço esse limite se deu a 5118N (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados do ensaio e peso próprio das vigas treliçadas

Vigas Treliçadas	Carga de ruptura (N)	Peso próprio (N)
1	9171	153
2	7843	148
3	10.912	155
Média viga com reforço	9309	152
4	5118	141
Média viga sem reforço	5118	141

A utilização de fibra de vidro e cola à base de epóxi, aumentou a resistência das ligações da viga treliçada em 82%, se comparado com a treliça sem o reforço.

A partir dos resultados encontrados nos testes mecânicos, observou-se que as vigas treliçadas em bambu com reforço de fibra de vidro e cola epóxi, apresentam resistência necessária para cumprir a função de estrutura de cobertura, podendo se adequar o afastamento entre elas em função da carga prevista para o telhado.

Observa-se ainda que as treliças reforçadas apresentam grande eficiência sob o ponto de vista da carga suportada em relação ao peso próprio, pois este representa apenas 1,6% da carga suportada.

O gráfico 1 apresenta o comportamento das 4 vigas, onde fica evidente a menor resistência e rigidez da treliça sem reforço nas ligações.

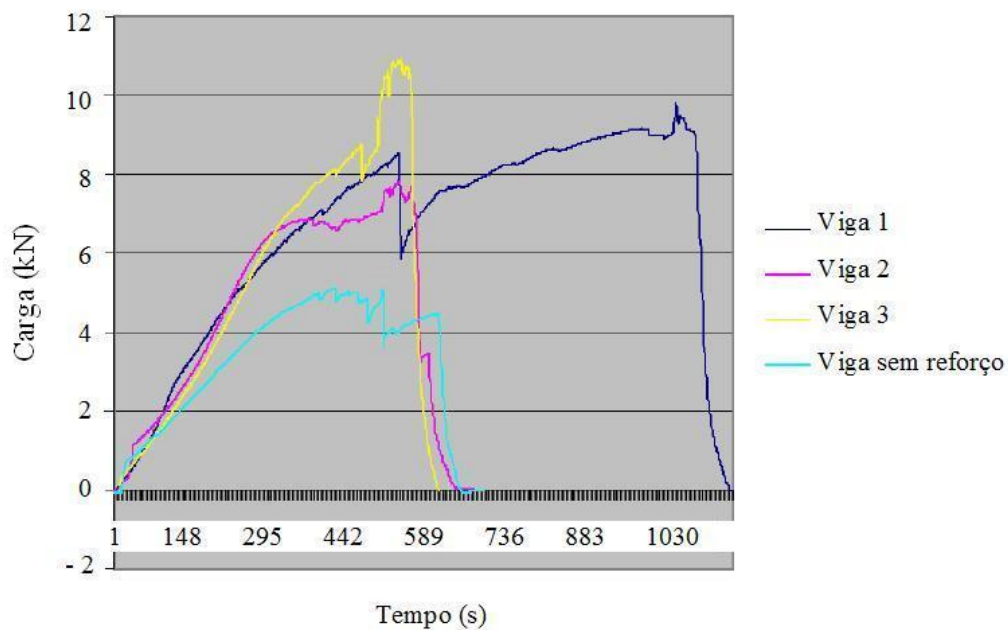


Gráfico 1 – Comportamento das vigas treliçadas quando submetidas ao carregamento

Durante os ensaios pôde ser observado um ganho considerável em termos de segurança nas vigas com reforço das ligações. Mesmo atingindo o limite de resistência na ruptura, a treliça continuou suportando o carregamento, com a observação de embutimento do parafuso, sem a caracterização de colapso da estrutura (Figura 8). O mesmo foi verificado também nos ensaios isolados das ligações.

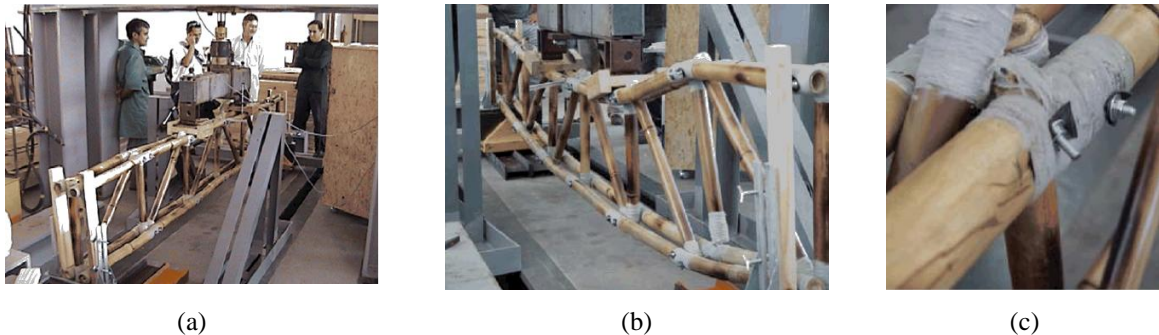


Figura 8 – Viga treliçada com reforço sendo submetida ao ensaio de flexão (a) e (b), deformação do pino metálico na ligação após o ensaio (c)

Por outro lado, as treliças sem reforço, romperam causando colapso da estrutura. (Figura 9)



Figura 9 – Viga treliçada sem reforço sendo submetida ao ensaio de flexão (a) e detalhe da ruptura da área de ligação após o ensaio (b)

Como era de se esperar, foi possível perceber que conforme a diminuição da espessura da parede do colmo, ocorreu também uma diminuição da resistência mecânica e que após a aplicação da carga a viga treliçada reforçada retornou próximo à posição inicial.

5 CONCLUSÕES

Com o presente trabalho procura-se contribuir com a inserção do bambu, em maior escala, na construção civil. Isto, tanto em regiões onde sua ocorrência é freqüente, como também, em regiões onde potencialmente ele possa ser plantado, pois é de rápido crescimento.

O Brasil possui diversas espécies de bambu, no entanto, falta maior incentivo e estudos que proporcionem a credibilidade de uso desta matéria-prima.

O presente estudo tratou apenas de vigas treliçadas, entretanto o bambu pode ser utilizado em diversas soluções técnicas na área da construção civil e no setor do mobiliário.

Como o bambu não apresenta formação fibrosa no sentido transversal, ele tem característica de fácil fendilhamento longitudinal, mas com o reforço de fibra de vidro, tratado no presente estudo, observa-se aumento da ordem de 70% em sua resistência na região das ligações, além de atribuir confiabilidade, pelo aspecto da segurança, pois a ocorrência de embutimento dos pinos nas ligações, evita o colapso de característica frágil, da estrutura sem reforço.

Deve-se lembrar ainda que essa técnica construtiva vem ao encontro do conceito de sustentabilidade, pois o bambu é um material de fonte renovável, que captura o carbono emitido por fontes poluidoras e contribui para a redução de gastos energéticos.

6 REFERÊNCIAS

BERALDO, A. L. e ZOULALIAN, A. Bambu - Material alternativo para construções rurais. In: **V Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas em Madeira**. EBRAMEM, 1995. Belo Horizonte, MG, 425-440p.

BARBOZA, Aline da Silva Ramos Barboza; BARBIRATO, João Carlos Cordeiro; SILVA, Marcelle Maria Correia Pais. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 115-129, jan./mar. 2008.

BRANDÃO, Celene Maria da Rocha. **O uso do bambu como componente construtivo em arquitetura sustentável**. 2008. 92p. Monografia (Pós-graduação em Conforto e Edificações Sustentáveis) Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2008.

FARRELY, D. **The book of bamboo**. Sierra Club Books. San Francisco, EUA. 1984, 340p.

GHAVAMI, Khosrow. Estruturas de concreto armadas com bambu. In: **Colóquio sobre Estruturas de Concreto Armado e protendido**, v.1. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1990.

JARAMILLO, Juan C. **La guadua en los grandes proyectos de inversión**. In: Congresso Mundial de Bambu/Gadua. Colômbia: Pereira. Anais, 1992.

MANSEAU, A E SEADEN, G. **Innovation in Construction: An international review of public policies**. Spon Press: London, 2001.

MORÉ, Telmo N. M.; SZÜCS Carolina P.; OLIVEIRA Roberto de. Utilização do bambu como alternativa construtiva para habitação social. In: **VIII Encontro Brasileiro em Madeira e em**

Estruturas em Madeira. EBRAMEM, 1995. Uberlândia, MG, Julho de 2002.

MORÉ, Telmo N. M. **Estrutura treliçada em bambu para utilização em telhados residenciais.** 2003. 69p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) UFSC, Florianópolis, SC, 2003.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis; BERALDO, Antônio Ludovico. **Bambu de corpo e alma.** Bauru, SP: Canal 6, 2008. 240p.