

## BAMBU LAMINADO COLADO - BLC

Antonio Ludovico Beraldo<sup>1</sup> e Lourdes Abbade Rivero<sup>1</sup> e Anísio Azzini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 13083-970,  
Campinas, Brasil, [beraldo@agr.unicamp.br](mailto:beraldo@agr.unicamp.br);  
[abbade@agr.unicamp.br](mailto:abbade@agr.unicamp.br)

<sup>2</sup>Setor de Algodão e Fibras Diversas, IAC, Instituto  
Agrônomo de Campinas, Campinas, Brasil,  
[anisioa.@uol.com.br](mailto:anisioa.@uol.com.br)

### RESUMO

O bambu laminado colado (BLC) vem sendo produzido desde a década de 80 na Ásia, principalmente no Japão e na China. No Brasil ocorrem espécies exóticas de bambu potencialmente adequadas para a fabricação de laminado colado. Dentre elas destacam-se: *Dendrocalamus giganteus* e *Bambusa vulgaris*. Enquanto a primeira espécie apresenta características tecnológicas que favorecem o processamento mecânico, a segunda espécie apresenta propagação mais fácil. No entanto, o fator limitante ao emprego dessas espécies de bambu na fabricação do laminado colado refere-se à inexistência de equipamentos apropriados para a transformação dos colmos em peças regulares- característica indispensável para a fabricação do BLC. Neste trabalho foram avaliadas as características de BLC de taliscas obtidas mecanicamente dessas duas espécies de bambu, submetidas a dois tipos de tratamento químico (lavagem em água quente e impregnação com substâncias químicas). Como adesivo foram testados uréia-formol e resorcinol-formol. Ensaio de variação dimensional, flexão estática, flexão dinâmica, compressão simples, cisalhamento no bambu e na lâmina de colagem foram aplicados aos corpos-de-prova. Não se verificou diferença significativa entre as espécies de bambu e nem quanto ao método de tratamento adotado para as taliscas. O compósito à base de resorcinol-formol mostrou melhor desempenho nos testes efetuados

**PALAVRAS-CHAVE:** bambu, laminado colado, adesivos

## INTRODUÇÃO

O bambu é uma das matérias-primas mais abundantes em países tropicais, podendo ser utilizado em várias aplicações, sobretudo em construções rurais. Uma das possibilidades vislumbradas para esse versátil material refere-se ao seu uso na fabricação de laminados à base de resinas orgânicas; a avaliação do desempenho de se compósito constitui objetivo do presente trabalho.

O bambu é um material heterogêneo e ortotrópico, apresentando, assim, coeficientes elásticos que variam conforme a direção de solicitação considerada (MANTILLA CARRASCO *et al.*, 1995). Fatores tais como a espécie utilizada, o teor de umidade dos colmos, condições edafoclimáticas, a idade dos colmos e a época do corte afetam sua resistência mecânica.

Segundo LIESE (1980), o bambu é uma gramínea cujo tecido resistente é um compósito natural lignocelulósico de baixo peso, porém, de alta resistência mecânica, de fácil manuseio, rápido crescimento, sendo algumas espécies de fácil disponibilidade e obtenção. O bambu com apenas 3 anos, dependendo da espécie, já pode ser usado como elemento estrutural.

De acordo com GHAVAMI & SOLORZANO (1995), os bambus são constituídos predominantemente por fibras - responsáveis pela resistência mecânica, que apresentam uma distribuição de 40 a 90% na parte externa e de 15 a 30% na parte interna dos colmos.

A durabilidade do colmo do bambu está diretamente ligada à sua idade, à forma de se efetuar seu tratamento preservativo e ao uso proposto para o material. A presença de amido é o ponto fraco do bambu, por estar relacionada com a intensidade de ataque do caruncho (*Dinoderus minutus*). Em condições naturais a durabilidade do bambu pode se limitar a 2 anos, dependendo da espécie considerada, tornando-se, portanto, fundamental o processo de tratamento (AZZINI & BERALDO, 2001).

### ***Bambu laminado colado***

Os painéis mais utilizados e fabricados na China são: lâminas de bambu trançadas e sobrepostas, painéis de partículas de bambu e painéis com lâminas de bambu serradas, aplainadas e coladas, e o laminado colado de bambu, mais conhecido na China como LBL – Laminated Bamboo Lumber.

Dentre os países da América Latina a Colômbia vem se destacando quanto ao uso do bambu em construções. Em menor escala também nesse país se produz o laminado colado de bambu. Segundo HIDALGO LOPEZ (1974), na fabricação do laminado colado na Colômbia adota-se o seguinte procedimento:

- utilização de lâminas de bambu *Guadua*, coladas em três camadas na mesma direção, até alcançar a dimensão desejada;
- as lâminas coladas três a três são unidas entre si formando um bloco.

No Brasil o processo de obtenção do laminado colado de bambu encontra-se ainda restrito ao nível de pesquisas dentro das universidades, sendo o primeiro relato dos resultados apresentado por MANTILLA CARRASCO *et al.* (1995). O autor confeccionou laminado colado de bambu, da espécie *Dendrocalamus giganteus*, utilizando o mesmo adesivo

empregado para madeira laminada e colada. O autor procurou seguir as mesmas normas adotadas para a madeira, adaptando-as ao bambu para a confecção dos corpos-de-prova e para a realização de ensaios.

Um dos grandes inconvenientes para o estudo do BLC refere-se à falta de normatização para a confecção dos corpos-de-prova e para a realização dos ensaios de caracterização físico-mecânica. Visando contribuir para o aprimoramento do estudo do bambu laminado colado, GONÇALVES *et al.* (2002) apresentaram recomendações para a confecção dos corpos-de-prova e resultados de ensaios de caracterização mecânica desse material.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Materiais**

#### ***Espécies utilizadas***

As espécies *Dendrocalamus giganteus* (Bambu gigante) e *Bambusa vulgaris* foram escolhidas para o desenvolvimento deste trabalho em função de suas propriedades físicas e mecânicas, além da facilidade de obtenção. Escolheu-se a espécie *B. vulgaris*, embora mais atacável pelo caruncho (*Dinoderus minutus*), devido à sua maior facilidade de plantio.

#### ***Adesivos***

Utilizou-se os adesivos CASCOPHEN RS-216-M (abreviado por **PHEN**), resina à base de resorcinol-formol, misturada ao preparado endurecedor FM-60-M e CASCAMITE 5-H (abreviado por **MITE**), resina à base de uréia-formol, junto com o preparado endurecedor K-6 ou M-8. Os adesivos são recomendados para prensagem a frio.

### **Métodos**

#### ***Preparação das taliscas***

Após a realização da primeira parte do procedimento de corte, os colmos cortados foram transformados em taliscas, com a utilização de ferramenta apropriada, que mostrou bom desempenho apenas para a produção de taliscas de bambu gigante. Para a outra espécie utilizada (*B. vulgaris*), a largura de corte produzida pela ferramenta implicava na seleção de taliscas com grande curvatura. Tal fato provocaria grandes dificuldades na etapa seguinte de usinagem das taliscas. Desse modo, para o *B. vulgaris* optou-se pelo uso de uma lâmina metálica, ao invés do uso do equipamento desenvolvido especificamente para o corte dos colmos.

#### ***Tratamento das taliscas***

As duas espécies de bambu são altamente susceptíveis ao ataque do caruncho. Desse modo, as taliscas foram submetidas a dois tipos de tratamento: imersão em água e imersão em solução (1% em massa) de dicromato de sódio, sulfato de cobre e ácido bórico (AZZINI & BERALDO, 2001). O tempo de exposição aos tratamentos foi de uma semana.

#### ***Bambu laminado e colado (BLC).***

O bambu laminado colado (BLC) foi elaborado a partir de lâminas de bambu, obtidas de colmos com idade de 5 cinco anos, colados entre si. O adesivo foi distribuído com o auxílio de um pincel, sendo as fibras dispostas paralelamente ao eixo da peça. As lâminas foram cortadas com 3 cm de largura e 30 cm de comprimento. A metodologia inicial adotada foi a

mesma utilizada para a elaboração da Madeira Laminada Colada (MLC), de acordo com MANTILLA CARRASCO *et al.* (1995).

#### ***Aparelhamento das taliscas.***

No Brasil ainda não existe um grande interesse pela exploração e pelo processamento do bambu. Devido à ausência no mercado de equipamentos específicos, para proceder à usinagem do bambu tornou-se necessário utilizar ferramentas especialmente desenvolvidas para essa finalidade. Confeccionou-se um dispositivo, para efetuar o aparelhamento das taliscas, com a finalidade de retirar parte do diafragma, das camadas internas e uma fina camada externa, visando facilitar a penetração da cola, bem como fornecer maior uniformidade às lâminas.

#### ***Dispositivo para efetuar a prensagem do BLC***

Foi desenvolvido um dispositivo para efetuar a prensagem do bambu laminado colado. Devido ao fato de a resina necessitar mais de 6 horas para alcançar o endurecimento, foi utilizado esse dispositivo na confecção dos corpos-de-prova de BLC. Efetuava-se a prensagem e, com o auxílio de uma chave, apertava-se um parafuso e travava-se o conjunto; repetia-se a prensagem até que se alcançasse uma pressão de 67 kgf/cm<sup>2</sup>. O material permanecia prensado durante 24 h, sendo, posteriormente, desmoldado, lixado e preparado de acordo com o ensaio a ser aplicado.

#### ***Ensaio físicos***

Os ensaios de teor de umidade, massa específica aparente e variações dimensionais foram conduzidos de acordo com a NBR 7190/97, adaptando-a às especificidades do bambu.

#### ***Cisalhamento no bambu e na superfície colada***

A resistência ao cisalhamento na direção das fibras é uma característica mecânica de grande influência nas ligações, uma vez que a transmissão de carga na maioria das ligações adesivas ocorre por esse tipo de sollicitação. A tensão de cisalhamento foi obtida de acordo com a NBR 6230/85, adaptando-a às especificidades do bambu.

#### ***Flexão estática***

Para a determinação da tensão no limite de proporcionalidade (LP), módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), foram realizados ensaios de flexão estática, em vigas de bambu laminado colado, de 30 cm de comprimento. Utilizou-se o equipamento EMIC 30000, modelo DL 30000, com célula de carga de 5 KN e programa de controle M-Test v.1.01/96, adotando-se velocidade de deslocamento do cabeçote de 10 mm/min. Um software comandava a execução da máquina e permitia a aquisição dos resultados, exportando-os para uma planilha EXCEL.

#### ***Compressão simples***

O ensaio foi realizado em duas etapas: na primeira delas buscou-se avaliar o comportamento de pequenos corpos-de-prova (2 cm x 3 cm x 5 cm) quando submetidos à essa sollicitação, para as duas espécies de bambu, dois tipos de tratamento (água e químico) e dois tipos de adesivos (MITE e PHEN). O ensaio foi conduzido no Laboratório de Madeiras e de Estruturas em Madeiras (LAMEM – EESC – USP), em um equipamento Dynacom, com velocidade de deslocamento do cabeçote de 10 mm/min. Na segunda etapa, avaliou-se a tensão no limite de proporcionalidade e buscou-se o módulo de elasticidade apenas para o BLC à base de *D. giganteus* e adesivo PHEN, mediante a aplicação de carga na direção axial ao corpo-de-prova

(4 cm x 4 cm x 15 cm). As deformações foram medidas em duas faces opostas de cada corpo-de-prova por meio de relógios comparadores com precisão de milésimos de milímetros.

### ***Flexão dinâmica ao choque***

Uma das possibilidades de uso para o bambu laminado colado é na fabricação de cabo de ferramentas, as quais, durante sua utilização, são submetidas a esforços de impacto. Corpos-de-prova de BLC ( 2 cm x 2 cm x 30 cm) foram ensaiados na Divisão de Madeiras do IPT – SP, em um equipamento denominado de Pêndulo de Charpy, conforme procedimento descrito na NBR 6230/85.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### ***Umidade***

Na colagem se requer que materiais lignocelulósicos apresentem um baixo teor de umidade; no presente trabalho observou-se que a faixa de variação de umidade das taliscas situou-se entre 8% e 10%, similar à madeira seca ao ar.

### ***Massa específica aparente***

A massa específica aparente do bambu laminado colado (BLC) variou em função da espécie de bambu, do tipo de adesivo, e da quantidade de lâminas empregadas, visto que a pressão foi mantida constante. Observou-se que a faixa de variação situou-se entre 0,50 g/cm<sup>3</sup> a 0,75 g/cm<sup>3</sup>, indicando ser o BLC um material muito leve, quando comparado com materiais de construção convencionais (cerâmicos, argamassas e concretos).

Nas Figuras 1 e 2 (taliscas tratadas quimicamente e prensadas com adesivo PHEN) pode-se observar que o inchamento percentual do laminado colado (considerando-se a variação entre as condições saturada e anidra) dependeu de forma significativa da duração do ensaio (2 h, 24 h e 72 h) e da direção anatômica considerada (longitudinal axial, radial e tangencial). Quanto maior foi o período de imersão maior foi a variação dimensional (inchamento) do BLC. Pôde-se constatar a natureza higroscópica do material mesmo após 2 h de imersão, porém, a variação máxima foi observada até 24 h, tendendo o inchamento a estabilizar-se após 72 h. Quanto à direção anatômica verificou-se que, a exemplo do que ocorre nas madeiras, a variação na direção longitudinal axial foi desprezível (da ordem de 0,5%). Para as demais direções ocorreu o inverso do que se observa nas madeiras, pois a variação na direção radial (da ordem de 5%) predominou sobre a tangencial (da ordem de 3%). Cabe ressaltar, no entanto, que esses dois valores médios foram muito inferiores àqueles referentes às madeiras (da ordem de 6% na direção radial e de 10% na direção tangencial). Embora os resultados obtidos tenham indicado um melhor comportamento do BLC em relação às madeiras, recomenda-se que o material receba um tratamento impermeabilizante, quando for utilizado em ambientes sujeitos à ação da umidade. Não se observou diferença significativa entre o tipo de tratamento preliminarmente aplicado às taliscas (imersão em água ou em solução química). A constituição química dos adesivos influenciou fortemente os resultados de absorção do BLC, tendo o adesivo PHEN (cola naval) mostrado-se mais indicado do que o adesivo MITE. O BLC à base de *B. vulgaris* mostrou menor absorção do que aquele à base de *D. giganteus*.

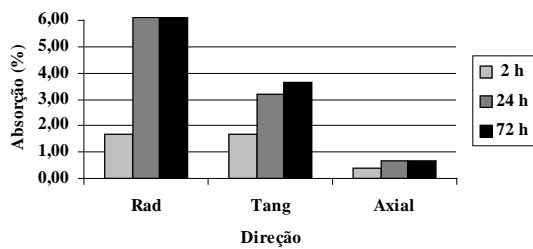


Figura 1. Inchamento do BLC – *B. vulgaris* tratado quimicamente + adesivo PHEN.

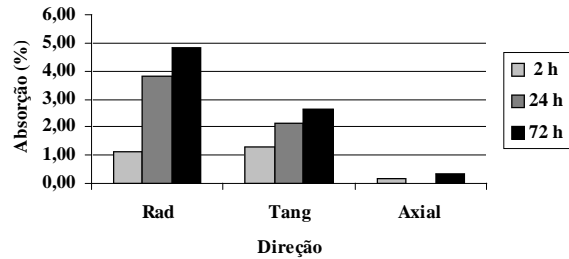


Figura 2. Inchamento do BLC – *D. giganteus* tratado quimicamente + adesivo PHEN

### Compressão simples

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os resultados do ensaio de compressão simples de pequenos corpos-de-prova (2 cm x 3 cm x 5 cm). Observou-se uma tendência de que o BLC à base de *B. vulgaris* (Figura 4) apresentasse resultados médios mais elevados do que aqueles à base de *D. giganteus*, para os dois tipos de tratamentos aplicados às taliscas e para os dois tipos de adesivos empregados. Uma possível explicação pode estar relacionada à forma de fabricação do BLC, pois devido à menor espessura da parede do *B. vulgaris*, com o uso dessa espécie de bambu, existiu maior quantidade de juntas de colagem, as quais provocaram maior rigidez ao material. Para essa espécie também se verificou tendência de que o tratamento das taliscas em água também tenha conduzido aos resultados mais adequados, para ambos os adesivos utilizados.

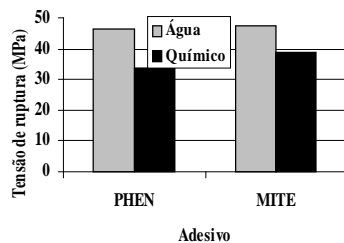


Figura 3 – Resistência à compressão de BLC de *D. giganteus* com diferentes tratamentos e adesivos.

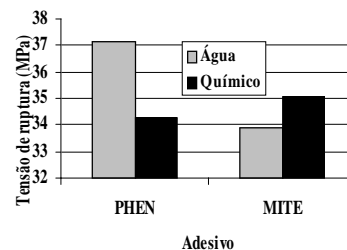


Figura 4 – Resistência à compressão de BLC de *B. vulgaris* com diferentes tratamentos e adesivos.

Na Tabela 1 apresenta-se o resultado obtido no ensaio de compressão simples, para amostras de BLC à base de *D. giganteus* (tratado em água; adesivo PHEN) de dimensões 4 cm x 4 cm x 15 cm. Pode-se observar um aumento significativo na tensão de ruptura em compressão simples denotando a interferência positiva do adesivo ao aumentar-se a quantidade de linhas de colagem. O valor médio obtido para o BLC (73,65 MPa) mostrou-se da ordem daquele atribuído ao *D. giganteus* na literatura e, a exemplo da tensão média no limite de proporcionalidade (41,20 MPa), mostrou-se superior à maioria das madeiras brasileiras de média densidade; o módulo de elasticidade (11000 MPa), no entanto, mostrou-se ligeiramente inferior às madeiras de mesma classe de densidade. Verificou-se, igualmente, para essa característica, um grande coeficiente de variação (24,85%), o qual pode ser atribuído à ineficiência das ligações de topo (para as quais não se utilizou *finger joints*).

Tabela 1- Resultado do ensaio de compressão simples (em MPa) de BLC de *D. giganteus* tratado em água e prensado com adesivo PHEN.

Corpo-de-prova	TENSÃO	TENSÃO	MODULO
	LIMITE PROP.	RUPTURA	ELASTICIDADE
1	39,45	80,12	10222
2	34,54	67,20	10909
3	32,12	61,26	7821
4	43,54	82,11	12727
5	43,97	74,66	10578
6	53,58	76,54	16232
<b>MÉDIA</b>	<b>41,20</b>	<b>73,65</b>	<b>11415</b>
<b>DP</b>	<b>7,70</b>	<b>7,97</b>	<b>2836</b>
<b>CV (%)</b>	<b>18,68</b>	<b>10,83</b>	<b>24,85</b>
<b>M - 2DP</b>	25,81	57,70	5742
<b>M + 2DP</b>	56,60	89,60	17087

### Flexão estática

Para alguns corpos-de-prova observou-se descolamento de lâminas, quando da utilização do adesivo PHEN. Este fato também foi observado por WETHGAVIVORN *et al.* (2002), realizando ensaio com o mesmo número de lâminas e tipo de colagem, embora o trabalho não informe o tipo de adesivo utilizado. Esse comportamento pode ser explicado pelo acúmulo de adesivo, que trabalhou de forma diferente das taliscas de bambu. Outra possibilidade refere-se à viscosidade do adesivo. O adesivo MITE, por apresentar menor viscosidade, impregna de forma mais eficiente as taliscas de bambu, reduzindo o efeito negativo da interface.

O BLC mostrou ruptura dúctil, o que o favorece, em termos de segurança, para aplicações estruturais. Os módulos de ruptura para os BLC situaram-se na faixa de 40 MPa a 60 MPa (Figuras 5 e 6).

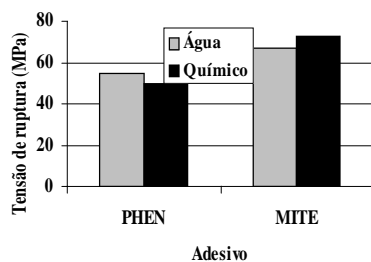


Figura 5 – Módulos de ruptura de BLC à base de *D. giganteus* com diferentes adesivos e tratamentos.

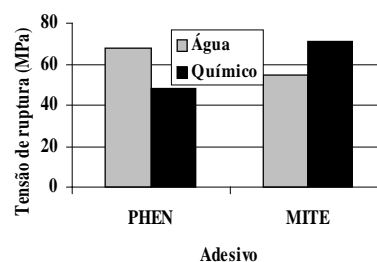


Figura 6 – Módulos de ruptura de BLC à base de *B. vulgaris* com diferentes adesivos e tratamentos.

### Cisalhamento

A resistência do BLC ao cisalhamento foi superior a 20 MPa (Figuras 7 e 8), exceção feita ao material à base de *B. vulgaris*, tratado em água e combinado com os dois tipos de adesivos. A ruptura sempre ocorreu no bambu, indicando a interação adesivo-aderente.

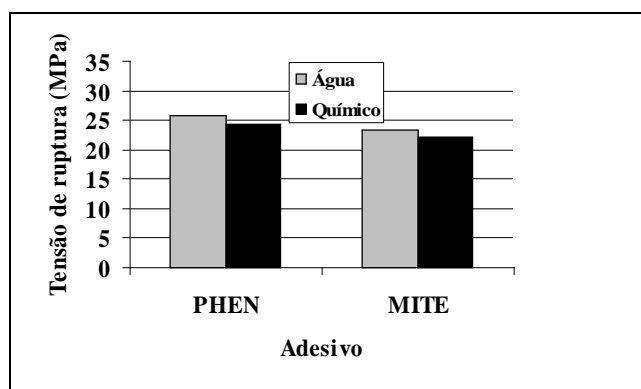


Figura 7 – Resistência ao cisalhamento de BLC à base de *D. giganteus* com diferentes adesivos e tratamentos.

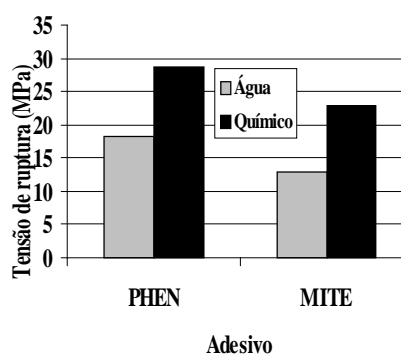


Figura 8 – Resistência ao cisalhamento de BLC à base de *B. vulgaris* com diferentes adesivos e tratamentos.

### Flexão dinâmica

Na Tabela 2 apresenta-se o resultado obtido no ensaio de flexão dinâmica (resistência ao impacto) para o BLC à base de *D. giganteus* e adesivo PHEN. O comportamento do BLC submetido a esse tipo de ensaio mostrou-se adequado, pois a ruptura ocorreu no BLC e não na linha de colagem. Embora alguns corpos-de-prova tenham apresentado um desempenho inferior à média, os resultados indicam que o BLC apresenta potencial para ser utilizado em aplicações sujeitas a choques de intensidade moderada, tais como cabos de ferramentas e de utensílios. O valor médio da cota dinâmica (da ordem de 0,75) enquadra o BLC na categoria de “madeira” com moderada resistência ao choque.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de flexão dinâmica para o BLC de *D. giganteus* com o adesivo PHEN

Amostra	Coefficiente de resiliência	Cota dinâmica	Energia absorvida (kgf*m)	Densidade de Massa	Umidade (%)
CP	K	C <sub>d</sub>	W	ρ	h
1	0,26	0,81	3,95	0,56	10,40
2	0,19	0,58	2,85	0,57	10,21
3	0,17	0,59	2,55	0,53	10,53
4	0,25	0,84	3,80	0,54	10,38
5	0,29	0,86	4,20	0,58	10,44
6	0,29	0,79	4,25	0,60	10,36
<b>Média</b>	<b>0,24</b>	<b>0,75</b>	<b>3,60</b>	<b>0,56</b>	<b>10,39</b>
DP	0,05	0,13	0,72	0,03	0,11
CV (%)	21,54	17,12	20,07	4,62	1,01
M-2DVP	0,14	0,49	2,15	0,51	10,18
M+2DVP	0,34	1,00	5,04	0,62	10,60

## CONCLUSÕES

O bambu laminado colado (BLC) mostrou um bom comportamento em ensaios de caracterização físico-mecânica, podendo ser utilizado em mobiliários e em algumas aplicações da construção civil.

Não foram observadas diferenças significativas entre as duas espécies de bambus utilizadas. No entanto, a etapa de preparação das taliscas também deve ser considerada na avaliação do BLC, pois houve maior dificuldade para a obtenção de taliscas de *B. vulgaris*, devido às características geométricas dos colmos, principalmente quanto à variação na espessura da parede.

Dentre os adesivos estudados observou-se tendência de que o adesivo Cascophen (cola naval) tenha se mostrado mais adequado do que o Cascamite, sobretudo no ensaio de variações dimensionais do BLC. A impermeabilização da superfície do BLC por meio do adesivo permite melhorar seu comportamento em presença de intempéries.

Na maior parte dos casos analisados não se observou diferença entre o tipo de tratamento aplicado às taliscas. No entanto, estudos de durabilidade tornam-se necessários para avaliar o desempenho do BLC frente ao ataque do caruncho (*D. minutus*).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Rio de Janeiro.

NBR 6230. Métodos de ensaio para madeiras. 1985.

NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Anexo B. Ensaios de caracterização. 1997.

AZZINI A.; BERHALDO A. L. **Métodos práticos de tratamento do bambu**. Gráfica da Unicamp. 14pp. 2001.

GHAVAMI, K.; SOLORZANO, I. G. **Comparison between microstructure of bamboo culm and wood**. *Acta Microscópica*. III INTERAMERICAN CONFERENCE ON ELECTRON MICROSCOPY e XV MEETING OF THE BRAZILIAN SOCIETY FOR ELECTRON MICROSCOPY, Caxambú - MG, Brazil, 1995. ANAIS... CD-ROM.

GONÇALVES, M. T.T.; PEREIRA, M. A .R.; GARBINO, L. V. **Métodos de ensaio de bambu laminado**. In: VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, EBRAMEM. Uberlândia - MG, 2002, ANAIS... CD-ROM.

HIDALGO LOPEZ O. **Bambu, su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía**. Editora Estudios Técnicos Colombianos Ltda. 318pp. 1974.

LIESE, W. **Anatomy of bamboo**. In: Bamboo research in Asia: Proceedings of a Workshop held in Singapore. Anais, Ottawa, Ontario, IDRC, May, p. 165-172, 1980.

MANTILLA CARRASCO, E. V.M.; MOREIRA, L. E.; XAVIER, P. V. **Bambu laminado e colado**. In: V ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. EBRAMEM. Belo Horizonte, MG. ANAIS... v 2. p. 411-423, 1995.

WETHGAVIVORN, B.; INPON, I.; KULSUWAN, M. **Behavior of the glue-laminated bamboo composite**. In: Proceedings of the Nocmat/3 – Vietnam 2002, International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies. Published by Construction, Publishing House, March, p. 446-451, 2002.