

Análise da eficiência de diferentes adesivos para a confecção de painéis de bambu laminado

KRAVCHENKO, G. A. ^{a,a*}, FERREIRA, E. M. ^{a,b}, PASQUALETTO, A. ^{a,c}

a. PUC Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

b. UFG, Goiânia, Goiás, Brasil

c. IFG, Goiânia, Goiás, Brasil

**Grégory Adad Kravchenko, webgreg@gmail.com*

INTRODUÇÃO

– Espécie *Dendrocalamus giganteus*.

- Bem aclimatado ao clima brasileiro;
- Rápido crescimento;
- Entouceirante;
- Ótima massa específica / área plantada;
- Boas propriedades físico-mecânicas (PAES, et al., 2009 / Lopes, et al, 2002).

INTRODUÇÃO

- BAMBU

“O bambu é um material vegetal cujas propriedades mecânicas indicam grande potencial a ser explorado pela engenharia. Suas paredes têm excelente resistência à tração e à compressão, comparáveis às mais nobres madeiras ressaltando-se, ainda, seu baixo peso específico, da ordem de $8,5 \text{ KN m}^3$.” (LIMA JÚNIOR; DIAS, 2001)



JUSTIFICATIVA

- **NECESSIDADE:**
 - Melhorar a uniformidade dimensional;
 - Aproximar a densidade relativa das partes;



JUSTIFICATIVA

PLANIFICAÇÃO COM USO DA LAMINAÇÃO

- Desenvolvimento de ripas simétricas;
- Enganchamento mecânico;
- Uso de adesivos;
- Uniformidade das placas;
- Maior aplicabilidade.



JUSTIFICATIVA

- ADESIVO CORRETO

- Homogeneidade das placas;
- Perfeito enganchamento mecânico;

TIPOS COMUNS:

- Melamina;
- Uréia formaldeído;
- Fenol formaldeídos;
- Poliuretânico;
- Resorcinol formaldeído;
- Epóxi;
- PVA.

MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO PARCIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

- **12 vigas de bambu laminado;**
- **06 adesivos diferentes;**
- **07 ensaios realizados por adesivo:**
 - Massa específica;
 - Teor de umidade;
 - Flexão estática;
 - Dureza janka;
 - Arrancamento de parafuso;
 - Cisalhamento paralelo às fibras;
 - Cisalhamento na linha de cola.

FÍSICOS

(ASTM D1037)

MECÂNICOS

(ASTM D143)
(ASTM D1037)
(ASTM D905)

MÉTODOS

| Tipo do Adesivo | Número de utilização nas Viga | Quantidade de Vigas | Quantidade de Corpos de Provas Gerados |
|-----------------|-------------------------------|---------------------|--|
| A | 1.1 e 1.2 | 2 | 48 |
| B | 2.1 e 2.2 | 2 | 48 |
| C | 3.1 e 3.2 | 2 | 48 |
| D | 4.1 e 4.2 | 2 | 48 |
| E | 5.1 e 5.2 | 2 | 48 |
| F | 6.1 e 6.2 | 2 | 48 |
| Total | | 12 | 288 |

Tab. 1. Lista das vigas recebidas.

NOTA: Para cada adesivo retirou-se duas amostras. Cada viga foi cortada em 24 corpos-de-prova, sendo isto feito de acordo com a exigência de cada norma, totalizando 48 corpos de prova por tipo de adesivo.

RESULTADOS

| Viga | T1 | T2 | T3 | R1 | R2 | R3 | Comp | Massa | MEA |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------------------|
| | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | g | g/cm ³ |
| 1.1 | 50,25 | 50,19 | 50,17 | 50,2 | 50,22 | 50,17 | 149,54 | 259,79 | 0,69 |
| 1.2 | 50,01 | 49,85 | 49,84 | 50,21 | 50,32 | 50,32 | 149,46 | 238,34 | 0,64 |
| 2.1 | 50,43 | 50,35 | 50,37 | 49,99 | 50,12 | 50,04 | 150,15 | 269,76 | 0,71 |
| 2.2 | 50,08 | 49,92 | 50,06 | 50,2 | 50,23 | 50,14 | 149,68 | 247,37 | 0,66 |
| 3.1 | 50,44 | 50,4 | 50,47 | 50,45 | 50,49 | 50,44 | 149,85 | 222,27 | 0,58 |
| 3.2 | 50,14 | 50,38 | 50,44 | 50,32 | 50,18 | 50,12 | 149,66 | 238,78 | 0,63 |
| 4.1 | 50,13 | 50,24 | 50,23 | 50,17 | 50,27 | 50,22 | 150,08 | 238,46 | 0,63 |
| 4.2 | 50,29 | 50,45 | 50,34 | 50,09 | 50,22 | 50,05 | 149,66 | 227,26 | 0,60 |
| 5.1 | 50,22 | 50,28 | 50,34 | 50,49 | 50,52 | 50,48 | 150,02 | 272,15 | 0,71 |
| 5.2 | 50,37 | 50,43 | 50,43 | 50,16 | 50,1 | 49,98 | 149,55 | 270,81 | 0,72 |
| 6.1 | 50,38 | 50,57 | 50,56 | 50,25 | 50,41 | 50,26 | 150,11 | 248,73 | 0,65 |
| 6.2 | 50,39 | 50,52 | 50,54 | 50,42 | 50,51 | 50,44 | 159,75 | 257,41 | 0,63 |

Tab. 2. Massa específica.

NOTA: Percebeu-se que na prensagem mecânica os resultados tendem a se aproximar.

RESULTADOS

| Viga | Tang | Tang | Rad | Rad | Topo | Topo | Média Lateral | Média Topo |
|------|------|------|--------|-----|----------|----------|---------------|------------|
| | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf |
| 1.1 | 440 | 410 | 440 | 490 | 590 | 630 | 445 | 610 |
| 1.2 | 715 | 384 | 640 | 485 | 608 | 565 | 556 | 587 |
| 2.1 | 515 | 530 | rachou | 445 | 620 | 545 | 497 | 583 |
| 2.2 | 674 | 565 | 490 | 435 | Delamin. | Delamin. | 541 | Delamin. |
| 3.1 | 430 | 270 | 415 | 355 | 505 | 545 | 368 | 525 |
| 3.2 | 610 | 485 | 485 | 250 | 685 | 574 | 458 | 630 |
| 4.1 | 410 | 420 | 534 | 570 | 690 | 635 | 484 | 663 |
| 4.2 | 475 | 525 | 380 | 440 | 478 | 555 | 455 | 517 |
| 5.1 | 765 | 530 | 640 | 415 | 738 | 730 | 588 | 734 |
| 5.2 | 590 | 600 | 625 | 460 | 640 | 660 | 569 | 650 |
| 6.1 | 565 | 360 | 620 | 450 | 600 | 520 | 499 | 560 |
| 6.2 | 800 | 515 | 410 | 490 | 555 | 450 | 554 | 503 |

Tab. 3. Dureza Janka.

NOTA: Os extremos foram percebidos pela vantagem do adesivo tipo E, e a desvantagem do adesivo tipo C.

RESULTADOS

| Viga | Larg cm | Altura cm | Comp. cm | Fmax Kgf | MOR Kfg/cm2 | MOE Kgf/cm2 | Obs |
|------|------------|--------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------|
| 1.1 | 25,39 | 25,53 | 360 | 229 | 752 | 108098 | Delamin. |
| 1.2 | 25,49 | 25,37 | 360 | 208 | 774 | 114735 | |
| 2.1 | 25,28 | 25,72 | 360 | 190 | 603 | 114545 | Delamin. |
| 2.2 | 25,63 | 25,53 | 360 | 324 | 1038 | 128268 | Delamin. |
| 3.1 | 26,14 | 25,79 | 360 | 230 | 715 | 66619 | |
| 3.2 | 25,79 | 25,67 | 360 | 318 | 863 | 83680 | |
| 4.1 | 25,69 | 25,43 | 360 | 174 | 591 | 96385 | Delamin. |
| 4.2 | 25,86 | 25,63 | 360 | 176 | 480 | 66075 | Delamin. |
| 5.1 | 25,38 | 25,56 | 360 | 221 | 765 | 82611 | |
| 5.2 | 25,77 | 25,54 | 360 | 164 | 497 | 89390 | |
| 6.1 | 25,93 | 25,51 | 360 | 358 | 1049 | 11545 | |
| 6.2 | 25,43 | 25,51 | 360 | 188 | 663 | 123176 | |

Tab. 4. Flexão Estática.

NOTA: Algumas amostras perderam a resistência depois de algum tempo de teste mas não romperam, comprovando a eficiência das fibras longitudinais do material e vantagem para esta aplicação.

RESULTADOS

| Viga | Tang | Tang | Rad | Rad | Topo | Topo | Média Latrerai | Média Topo |
|------|------|------|-----|-----|------|------|-------------------|---------------|
| | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf | Kgf |
| 1.1 | 168 | 180 | 143 | 212 | 220 | 163 | 176 | 192 |
| 1.2 | 225 | 185 | 257 | | 93 | 224 | 222 | 159 |
| 2.1 | 140 | 195 | 126 | 200 | 180 | 160 | 165 | 170 |
| 2.2 | 240 | 213 | 125 | 118 | 82 | 142 | 174 | 112 |
| 3.1 | 122 | 152 | 132 | 112 | 52 | 84 | 130 | 68 |
| 3.2 | 168 | 232 | 162 | 187 | 142 | 84 | 187 | 113 |
| 4.1 | 145 | 157 | 232 | 238 | 116 | 114 | 193 | 115 |
| 4.2 | 166 | 185 | 151 | 178 | 1114 | 123 | 170 | 619 |
| 5.1 | 207 | 178 | 125 | 280 | 108 | 120 | 198 | 114 |
| 5.2 | 192 | 195 | 200 | 183 | 110 | 77 | 193 | 94 |
| 6.1 | 163 | 132 | 202 | 218 | 50 | 164 | 179 | 107 |
| 6.2 | 210 | 211 | 192 | 130 | 140 | 156 | 186 | 148 |

Tab. 5. Arrancamento de parafuso.

NOTA: Os extremos foram percebidos pela vantagem do adesivo tipo D, e a desvantagem do adesivo tipo C.

RESULTADOS

| Viga | Lado cm | Lado cm | Esforço Kgf | Tensão Kgf/cm ² |
|------|------------|------------|----------------|-------------------------------|
| 1.1 | 5,01 | 4,99 | 2650 | 106 |
| 1.2 | falha | falha | falha | falha |
| 2.1 | 5,04 | 4,97 | 3040 | 121 |
| 2.2 | 4,99 | 4,99 | 2530 | 102 |
| 3.1 | 5,04 | 4,94 | 2130 | 85 |
| 3.2 | 5,00 | 4,95 | 2200 | 89 |
| 4.1 | 5,00 | 4,97 | 2230 | 90 |
| 4.2 | 5,00 | 4,99 | 2500 | 100 |
| 5.1 | 5,00 | 4,97 | 2870 | 115 |
| 5.2 | 5,01 | 4,96 | 2700 | 109 |
| 6.1 | 5,01 | 4,98 | 2390 | 96 |
| 6.2 | 5,03 | 4,94 | 2720 | 110 |

Tab. 6. Cisalhamento paralelo as fibras.

NOTA: Aproximação de vantagens entre os adesivos B e E em relação aos outros adesivos.

RESULTADOS

| Viga | Lado cm | Lado cm | Esforço kgf | Tensão Kgf/cm ² | Falha Na Madeira % |
|------|------------|------------|----------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1.1 | falha | falha | falha | falha | = |
| 1.2 | 3,82 | 5,00 | 784 | 41 | 0 |
| 2.1 | falha | falha | falha | falha | = |
| 2.2 | 3,94 | 5,03 | 1100 | 55 | 50 |
| 3.1 | 3,87 | 5,02 | 1370 | 71 | 100 |
| 3.2 | 3,91 | 5,02 | 1484 | 76 | 100 |
| 4.1 | 3,96 | 5,00 | 1374 | 69 | 50 |
| 4.2 | 3,95 | 5,03 | 800 | 40 | 0 |
| 5.1 | 3,89 | 5,02 | 900 | 46 | 40 |
| 5.2 | 3,87 | 5,02 | 4130 | 213 | 10 |
| 6.1 | 3,89 | 5,02 | 4900 | 251 | 100 |
| 6.2 | 4,01 | 5,04 | 3630 | 180 | 50 |

Tab. 7. Cisalhamento na linha de cola.
NOTA: Vantagem do adesivo F.

CONCLUSÕES

- Os adesivos apresentaram eficiências diferentes, nenhum com uma superioridade absoluta em relação as análises gerais para 10% de umidade;
- Estudo básico, serve como referência para investigações técnico-científicas comparativas para análises de escolha do adesivo mais apropriado, de acordo com a aplicação necessária.

REFERÊNCIAS

- Anjos, M.A.S; Ghavami, K; Barbosa, N.P., 2003. Compósitos à base de cimento reforçados com polpa celulósica de bambu. Parte I: Determinação do teor de reforço ótimo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 7, 339-345.
- Azevedo, P. S; Nolasco, A. M., 2009. Fatores de incorporação de requisitos ambientais no processo de desenvolvimento de produtos em indústrias de móveis sob encomenda. Revista Ciência Rural. 39, 2422-2427.
- Caeiro, J.G.B.M. 2010. Construção em bambu. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Lisboa: Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa. 157p.
- Hillig, É; Schneider, V. E; Pavoni, E. T., 2009. Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção. Produção. 19, 292-303.
- Jacovine, L. A. G; Alves, R. R; Valverde, S. R; Silva, M. L; Nardelli, A. M. B; Souza, A. P., 2006. Processo de implementação da certificação florestal nas empresas moveleiras nacionais. Revista Árvore. 30, 338-344.
- Lima JR, H.C; DIAS, A.A., 2001. Vigas mistas de madeira de reflorestamento e bambu laminado colado: análise teórica e experimental. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 3, 519-524.
- Lopes, W.G.R; Freire, W.J; Ferreira, G.C.S., 2002. Ensaio de arrancamento e de empuxamento aplicados a taliscas de bambu encravadas em corpos-de-prova de solo-cimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 6, 504-510.
- Lopez, H. O. Bamboo the gift of the Gods. Bogotá: o autor, 2003. 553 p.
- Mendes, S. C; Molica, S. G; Ferreira, R. L. C; Céspedes, G. H. G., 2010. Absorção e distribuição de nutrientes em plantios comerciais de bambu (*Bambusa vulgaris*) no nordeste do Brasil. Revista Árvore. 34, 556-561.
- Nogueira, C.L. Pannel de bambu laminado colado estrutural. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais). São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 92p.
- Sarto, C. Avaliação do processo SuperBatch™ para produção de polpa celulósica a partir de *Bambusa vulgaris*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção Tecnologia de Produtos Florestais). São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 68p.
- Vital, B. R; Maciel, A. S; Lucia, R. M. D., 2006. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. Revista Árvore. 30, 440-446.