



TERCER CONGRESO MEXICANO DEL BAMBÚ



Ligno

## **BAMBU LAMINADO ENCOLADO (BLE) - industria de muebles en Brasil**

<sup>1</sup>Juliana Cortez-Barbosa ([jucortez@itapeva.unesp.br](mailto:jucortez@itapeva.unesp.br)), <sup>1</sup>Nádia Barros Gomes ([nadia@grad.itapeva.unesp.br](mailto:nadia@grad.itapeva.unesp.br)), <sup>1</sup>Maristela Gava ([mgava@itapeva.unesp.br](mailto:mgava@itapeva.unesp.br)), <sup>1</sup>Elen Ap.M.Morales ([elen@itapeva.unesp.br](mailto:elen@itapeva.unesp.br)), <sup>2,3</sup>Carlos Mario Gutierrez ([calicheguti@gmail.com](mailto:calicheguti@gmail.com)), <sup>4</sup>Victor Almeida De Araújo ([victor@usp.br](mailto:victor@usp.br))

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP - Engenharia Industrial Madeireira - Rua Geraldo Alckmin, 519/Brasil/Itapeva/SP/CEP 18409-010/ (15) 3524-9100

<sup>2</sup>Universidade Federal da Bahia - UFBA - Doutorado Engenharia Industrial - Rua Professor Aristides Novis, nº 02/Brasil/Salvador/BA/CEP 40.210-630 / (71) 3283-9800

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM – Profesor Diseño Industrial –Medellín- Colombia

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo - USP/ESALQ - Doutorado Engenharia Florestal - Av. Pádua Dias, 11/Brasil/Piracicaba/SP/CEP 13418-900 / (19) 3429-4100

**RESUMEN:** En el grupo de investigación Ligno, se viene indagando en la producción de muebles utilizando especies nativas de bambú como alternativa para fomentar el desarrollo de comunidades rurales carentes, atendiendo la *Lei Federal do Bambu* nº 12.484/2011. En este sentido, el objetivo principal de esta investigación fue el de aplicar la tecnología de utilización de láminas de bambú en el desarrollo de Productos de Mayor Valor Agregado (PMVA). Fueron construidos dos modelos diferentes de muebles y evaluados en tres aspectos: ergonomía, estética

y estabilidad. La utilización de bambú laminado encolado como fruto de un proyecto de ingeniería, es una opción poco explorada que presentó resultados positivos, ya que el material permite formas curvas, soluciones ergonómicas y estéticamente atractivas, además de presentar resistencia adecuada al uso propuesto.

**Palabras Clave:** Productos de Mayor Valor Agregado, BLE, industria del mueble, compuesto bambú/madera.

## **GLUED LAMINATED BAMBOO - FURNITURE INDUSTRY IN BRAZIL**

The furniture production with native species of bamboo has been thought within the Research Group LIGNO as an alternative to promote the development of poor rural communities in accordance with the Brazilian Federal Law 12484/2011. In this sense, the main objective of this research was to apply the technology of bamboo laminae utilization for the development of Higher Added Value Products (HAVP). Two different models of furniture were built, which were evaluated through three aspects: ergonomics, aesthetics, and stability. The utilization of glued laminated bamboo as the result of an engineering project is a little explored option, but it presented positive results, because this material allows curved shapes, aesthetically attractive and ergonomic solutions, as well as it provides adequate resistance to the proposed utilization.

**Keywords:** Higher Added-Value Product, GluBam, furniture industry, wood/bamboo composity.

1.

## INTRODUCCION

Actualmente, existe una gran preocupación con la preservación del medio ambiente y son diversos los profesionales que procuran trabajar de manera consciente, buscando cuidar la naturaleza con el fin de no comprometer el derecho de las futuras generaciones. Estos profesionales encuentran en la materia prima alternativa una excelente oportunidad para alcanzar buenos productos, teniendo en cuenta los conceptos estéticos y económicos. Dentro de esta misma premisa, se vienen realizando mejoras en la utilización y desarrollo de nuevos materiales, buscando una mejor aplicación de los recursos naturales en Productos de Mayor Valor Agregado (PMVA).

Actualmente existe la necesidad de encontrar materiales renovables y soluciones alternativas para contener la creciente explotación de los recursos naturales así como de las áreas de reforestación. El bambú se presenta como una solución debido a que es óptimo para la captura de dióxido de carbono, posee un rápido crecimiento y es un material renovable que no exige replantación. Sin embargo, no existen muchos estudios sobre esta planta en países occidentales como Brasil, mientras que en países orientales tienen tradición de múltiples usos que van desde productos comestibles hasta grandes construcciones.

## 2. OBJETIVOS

Aplicar la tecnología de utilización de láminas de bambú en el desarrollo de PMVA enfocadas a la producción de muebles, utilizando especies nativas del género *Guadua* y en composición con madera como alternativa para fomentar el desarrollo de comunidades rurales carentes.

## 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. Bambú Laminado Encolado (BLE)

El bambú, especialmente cuando es mecanizado y transformado en laminado encolado, paneles o prensado (*scrimble bamboo*), puede llegar a tener una elevada densidad y resistencia mecánica pudiendo sustituir maderas de alta densidad que son muy utilizadas en la producción de muebles, pisos y objetos. Para esto, es necesario utilizar tecnología apropiada en el procesamiento y pegado, con técnicas de producción específicas y maquinaria y equipo adecuado. Estas nuevas formas de transformación del material bambú significan un gran avance en la industrialización y uso del mismo.

Según Barelli (2009), hay una deficiencia en Brasil en relación al sector productivo de BLE a pesar de ser un excelente recurso natural, ya que se presentan problemas de base, que afectan el sector industrial. Lo que se puede afirmar en este escenario, es que los productos en BLE y todos los productos considerados ecológicos, están en creciente valorización debido al incremento continuo del consumo consciente que se está dando en Europa, Estados Unidos y también en Brasil, tendiendo a obtener una aceptación cada vez mayor por el público consumidor.

El bambú laminado encolado tiene la posibilidad de agregar valor a la gran cantidad de productos que pueden ser elaborados con este material, pudiendo sustituir en muchos casos la utilización de las maderas (PEREIRA E BERARDO, 2007).

Para el uso de bambú, en productos laminados encolados como pisos, paneles y vigas, el material debe ser obtenido por medio de procesamientos apropiados y la optimización en la colecta de los tallos para la retirada de listones, pues las características anatómicas, espesor de la pared y distribución de las fibras varían significativamente y acaban influyendo en las propiedades físicas y mecánicas.

La adhesión entre las láminas, más allá del pegante, depende también de las características anatómicas, la posición del pegado en relación a las paredes externas e internas debido a la variación de la contracción de las fibras (NOGUEIRA, 2013).

En el contexto industrial, en busca de estandarizar, normalmente se divide el tallo en pequeñas unidades y con la aplicación de pegantes y procesos diversos, se vuelve posible obtener productos mayores, normalmente producidos a partir de madera. Estas “unidades estandarizadas” pueden ser grandes como listones o láminas o pequeñas como virutas o aserrín. A partir de estas pueden ser generados diversos productos (ZANG et al, 2001).

### **3.2. Ergonomía**

Otro aspecto importante a ser considerado en este trabajo de investigación es la ergonomía. Ergonomía es el estudio del relacionamiento entre el hombre y su trabajo, equipos y ambiente y particularmente la aplicación de los conocimientos de anatomía, fisiología y psicología en la solución de los problemas que surgen de esa relación. El énfasis de la ergonomía es garantizar que los objetos complementen los puntos fuertes y las capacidades de las personas y minimicen los efectos de sus limitaciones, en lugar de forzarlos a adaptarse. Para alcanzar este objetivo se hace necesario entender y diseñar pensando en las características de la población, como edad, tamaño, fuerza, habilidad cognitiva, conocimientos previos, expectativas culturales y metas.

Al unir diseño y ergonomía, se deben obtener productos que satisfagan, más allá de las necesidades estéticas y humanas, el confort, la seguridad y el bienestar. Por lo tanto para la realización del diseño de una silla es necesario el conocimiento de varios aspectos.

Según Iida (2005), existen principios básicos generales sobre los asientos, derivados de diversos estudios anatómicos, fisiológicos y clínicos de la postura sentada. Las dimensiones del asiento deben ser adecuadas a las dimensiones antropométricas del usuario, permitir variaciones de postura, tener resistencia, estabilidad y durabilidad.

Algunos componentes ergonómicos deben ser tenidos en cuenta al diseñar un asiento para que sea posible la reducción de la sobrecarga en el sistema músculo esquelético y el aumento de la tasa de confort; algunos de ellos son: soportes lumbares, apoya brazos, inclinación del asiento y el espaldar, libertad de movimiento, regulación de altura y curvatura del asiento (MARQUES et al., 2010).

## **4. MATERIALES Y MÉTODO**

Los materiales utilizados en este trabajo fueron: lámina de la especie *Guadua angustifolia* y de *Pinus elliottis*; compensado flexible para la confección de los moldes para prensado del BLE (Fig. 1); adhesivos (acetato de polivinilo -PVA y poliuretano -PU); listones de madera maciza de residuos de construcción (piso -pino, cumarú y jatobá); sellador de nitrocelulosa; laminadora cortadora; laminadora fresadora; fresadora tangencial con eje superior (plana desengrosadora); fresadora tangencial con eje inferior (plana enderezadora); lijadora; sierras de cinta y circular y herramientas manuales y de carpintería.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Después de la elaboración del diseño, teniendo en cuenta las medidas antropométricas recomendadas para una tumbona, se dio inicio a la fabricación del primer prototipo solamente con láminas de bambú unidas con adhesivo PVA. Finalizando el proceso de moldeo de los 3 tipos de componentes laminados (espaldar, asiento y arco inferior de las piernas), el montaje fue

realizado utilizando adhesivo PVA y tornillos. El acabado superficial de las dos sillas consistió en la aplicación de dos capas de sellador de nitrocelulosa intercalado con etapas de lijado. La Fig. 2 muestra el mueble terminado.



Fig. 1 - Molde de prensado de BLE



Fig. 2 – Primer modelo - tumbona BLE

Para el segundo modelo de silla que se realizó, se partió de una racionalización todavía mayor en el proceso productivo, donde con apenas un componente constructivo en laminado encolado fue posible obtener un mueble (Fig. 3). Dentro del proceso productivo, fue utilizado apenas un molde (Fig. 4) para la fabricación de los elementos curvos en BLE asociado a láminas de pino (BLEP). Esta asociación fue realizada por ser una excelente alternativa para el refuerzo mecánico de maderas de baja densidad y poca resistencia mecánica, unidas al hecho de que no existen grandes plantaciones productoras de bambú en el país para el abastecimiento de productos industrializados de BLE. Por otro lado, en la región de estudio, hay extensas áreas de plantaciones de reforestaciones de Pino y Eucalipto. Por lo tanto, las desventajas de la especie Pino (baja densidad, alto índice de nudos y reducida resistencia a la tracción) son compensadas con láminas de bambú que posee elevada resistencia a la tracción, potencializando su uso en componentes estructurales de mayor valor agregado tanto en muebles como en la construcción.



Fig. 3 – Segundo modelo de silla BLEP



Fig. 4 - Prensado do BLEP

En la fase experimental de la investigación, la primera silla estuvo en exposición (durante una semana) y fue sometida a evaluación mediante un formulario, analizando aspectos como estética, satisfacción en relación al uso del material alternativo (bambú), confort y estabilidad. La Fig. 5 muestra la media de las notas atribuidas para cada ítem presente en el formulario.

A partir del análisis del gráfico es posible concluir que fueron obtenidos resultados satisfactorios en relación a todos los ítems, siendo atribuidas notas máximas a los aspectos de estética y satisfacción. Las preguntas sobre confort y estabilidad obtuvieron medias inferiores:

7,5 y 7,75 respectivamente. En relación a la ergonomía, gran parte de los usuarios afirmaron que era necesario un tapizado para volver más suave el asiento para una larga permanencia, y otros pocos sintieron la necesidad de un mayor ajuste en la altura de la curva de apoyo lumbar.

El aspecto relacionado a la estabilidad fue incluido a propósito en el cuestionario, pues se esperaba obtener cierta crítica y desconfianza debido al hecho de que el material utilizado presenta naturalmente elevada flexibilidad y es liviano, o sea, causa la impresión errónea de inestabilidad. Frente a este cuestionamiento, el mueble fue evaluado con relación a la resistencia mecánica de la pieza, ubicando encima 150 kg de masa (12 ladrillos de concreto) durante un período de 5 días para analizar si se generaba alguna deformación o daños causados al mueble (Fig. 6).

El mueble no sufrió daño o rompimiento en ninguno de los componentes del BLE. Cabe subrayar que este ensayo empírico fue realizado a través de esta metodología debido a que no existen en el campus equipos no destructivos apropiados para la evaluación de la resistencia mecánica en muebles.

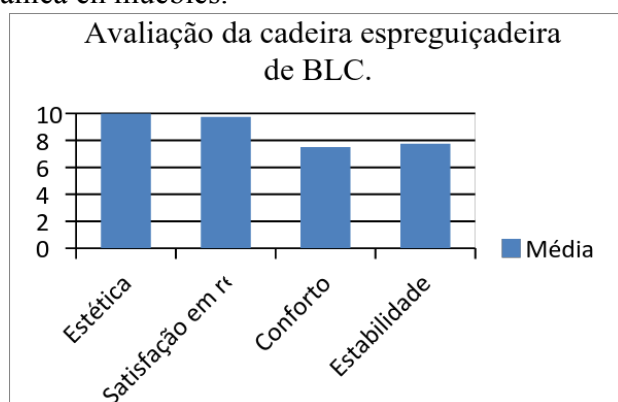


Fig. 5 – Resultados obtenidos



Fig. 6 – Prueba empírica de resistencia

En relación a la segunda silla, existió un problema de despegado de las láminas debido a una falla en el desarrollo del diseño del mueble, lo cual provocó inestabilidad en el mismo cuando fue sometido a la misma carga que el primer mueble (150 kg). Con la caída del modelo, hubo rompimiento en algunos puntos de la línea de pegue. Después del problema encontrado, fueron realizadas pruebas de calidad de pegado con los dos tipos de adhesivos utilizados para evaluar si el error fue apenas en el diseño o en el pegado del material debido a diferencia de adhesivo.

En este sentido fueron realizadas 6 pruebas para cada tipo de adhesivo, siguiendo las recomendaciones del documento normativo NBR7190. La Fig. 7 muestra los cuerpos de prueba en el formato y con el área sometida al cizallamiento de aproximadamente 10 cm<sup>2</sup> (5 cm x 2 cm) y la máquina utilizada para la realización de los ensayos fue la máquina universal de ensayos EMIC.

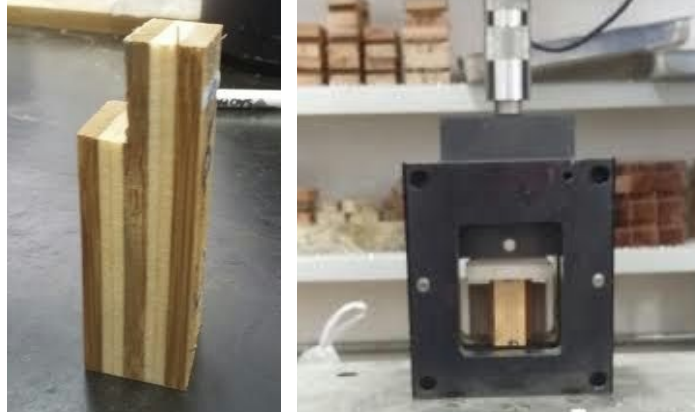


Fig. 7 - Corpo de prova segundo a NBR 7190 e Teste de cisalhamento (EMIC)

El análisis de los resultados del cuerpo de prueba según la ABNT NBR 7190 fue realizado a partir del test Shapiro-Wilk, que tiene la función de verificar si los datos pertenecen a la distribución normal. La homogeneidad de las varianzas fue probada a través del test Bartlett y finalmente fue realizada la prueba de hipótesis utilizando la distribución t. todas las pruebas realizadas para este cuerpo de prueba poseen nivel de significancia  $\alpha = 5\%$ .

A través de los datos obtenidos y del análisis visual de los cuerpos de prueba, fue posible identificar que la línea de pegue con el adhesivo PVA presentó resistencia inferior al adhesivo PU, pues los cuerpos de prueba del adhesivo PVA presentaron ruptura exactamente en la línea de cola. Los cuerpos de prueba con el adhesivo PU tuvieron las rupturas predominantemente en la madera de Pino, caracterizando una buena calidad de la línea de pegue. Las medias de las resistencias al cizallamiento utilizando PU e PVA fueron de 5,4 MPa y 1,8 MPa respectivamente.

## 6. CONCLUSIÓN

La aplicación y estudio del bambú son poco difundidos en Brasil, pero a través de la profundización de los estudios se comprueba que este material presenta resultados atractivos debido a sus características físicas y mecánicas. La unión de bambú con otras especies de madera en formato de láminas encoladas también presenta buenos resultados, pues el material permite formas curvas, soluciones estéticas atractivas y agrega valor a materiales poco utilizados industrialmente, como el bambú. Se concluye en este sentido, que la pieza presenta la ventaja de ser naturalmente flexible, atrayente y muy liviano.

Los resultados obtenidos muestran que el adhesivo PU presenta mayor media de resistencia que el PVA para el uso en BLE o BLEP.

Es necesario realizar mayor número de estudios científicos sobre el material especialmente para: la optimización del proceso productivo, mejorar el aprovechamiento de la materia prima y mejorar las técnicas de pegado de láminas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARELLI, Breno Giordano Pensa. *Design para a sustentabilidade: modelo de cadeia produtiva do bambu laminado colado (BLC) e seus produtos*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 131 f.,2009.

IIDA, Itiro. *Ergonomia: projeto e produção*. 2 São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 614 p.

- MARQUES, Nise Ribeiro; HALLAL, Camilla Zamfolini e GONÇALVES, MAURO. Características biomecânicas, ergonômicas e clínicas da postura sentada: uma revisão. *Fisioter. Pesquisa* [online]. 2010, vol.17, n.3. (<http://www.scielo.br/pdf/fp/v17n3/15.pdf>)
- NOGUEIRA, Claudia de Lima. *Ciência do material bambu e tecnologia de sua aplicação em vigas laminadas coladas de seção transversal composta*. Tese (Doutorado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2013.
- PEREIRA, Marco A. R.; BERALDO, Antonio L.. *Bambu de corpo e alma*. Bauru: Canal6, 2007. 240 p.
- ZANG, Q., JIANG, S., & TANG, Y. (2001). *Industrial utilization on bamboo*. Beijing: Inbar.