



[Maderas. Ciencia y tecnología](#)

On-line version ISSN 0718-221X

Maderas, Cienc. tecnol. vol.5 no.2 Concepción 2003

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2003000200008>

Maderas. Ciencia y tecnología. 5(2): 163-175, 2003

NOTA TÉCNICA

FABRICACIÓN DE MADERA CONTRAPLACADA CON ADHESIVO POLIURETANO ALTERNATIVO A BASE DE RICINO

Services on Demand

Journal

Article

Indicators

Related links

Share

Permalink

PRODUCTION OF PLYWOOD WITH ALTERNATIVE CASTOR OIL-BASED POLYURETHANE ADHESIVE

Fabrício M. Días¹; F.A. Rocco Lahr²

¹Alumno de post-graduación. Interunidades en Ciencia y Ingeniería de Materiales. Universidad de São Paulo. Brasil.

² Magister en Ingeniería Estructural. Depto. de Ingeniería de Estructuras. Universidad de São Paulo. Brasil.

Autor para Correspondencia: fmdias@sc.usp.br

RESUMEN

En el proceso de fabricación de madera contraplacada se utilizan adhesivos. El poliuretano a base de ricino es un adhesivo de origen natural y renovable ha sido, desarrollado por el Instituto de Química de San Carlos, Universidad de San Paulo - USP. En este trabajo se estudia la utilización del adhesivo poliuterano a base de ricino, en la producción de tableros de madera contraplacada, con láminas de la especie *Eucalyptus grandis*. La eficiencia del adhesivo fue evaluada por ensayos físico/mecánicos, basados en las normas de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas - ABNT. Los resultados indican que el adhesivo poliuretano a base de ricino es una alternativa viable para la producción de tableros de madera contraplacada.

Palabras clave: Madera contraplacada; adhesivo; propiedades físico/mecánicas.

ABSTRACT

The plywood panels are produced with adhesives. An alternative adhesive deriving from a natural and renewable source, castor-oil-based polyurethane adhesive, developed at the Institute of Chemistry of São Carlos, University of São Paulo - USP. The study reported on here involved the use of castor oil-based polyurethane adhesive to produce plywood with the layers of wood species *Eucalyptus grandis*. The performance of the adhesive was evaluated based on the results of physical and mechanical tests recommended by the Brazilian Code - ABNT. The results indicate that the castor oil-based polyurethane adhesive is a promising glue for the manufacture of plywood.

Keywords: Plywood; polyurethane adhesive; physical-mechanics properties.

INTRODUCCIÓN

La ventaja de los productos a base de madera se refiere al provecho de las propiedades de la madera, con la mejoría de tales cualidades resultantes de la aplicación de estudios de la ciencia de los materiales y de tecnología. Entre esos productos resalta el tablero de madera contraplacada, que presenta consumo ascendente en todo el mundo, incluido Brasil.

En el proceso de fabricación de este tablero, se utilizan adhesivos que determinan la utilización final de ese producto. De los adhesivos existentes en el mercado, el fenol/formaldehído es un adhesivo sintético, bastante utilizado para este fin, pero presenta algunos factores negativos, tales como, alto consumo de energía, por

necesitar de altas temperaturas para el curado (130 a 160° C), alto precio del fenol, cuya materia prima es el petróleo y la toxicidad, lo que acarrea daño ambiental.

Un adhesivo alternativo de recurso natural y renovable, el poliuretano a base de ricino, es clasificado como impermeable, presenta como características no agresividad al medio ambiente y al ser humano y representa una tecnología brasileña. Su curado es a temperatura ambiente, y puede ser acelerado con temperatura de 60 a 90° C. Se estima que, cuando sea puesta en amplia escala en el mercado, podrá alcanzar precios muy satisfactorios.

La industria de tableros de madera es de relevante importancia para la economía de un país, no sólo por la generación de divisas y empleos, sino que, por el dinamismo creciente que irradia, especialmente para los sectores de muebles y de la construcción civil. Para perdurar tal dinamismo, es necesario, sin embargo, la realización de investidas tecnológicas, direccionadas a la expansión y a la mejoría en la producción de tableros.

Guss (1995) cita algunos factores prácticos que llevan al uso preferencial de esos productos: confiabilidad del material; estabilidad de las piezas: posibilidad de confección de piezas cuyas dimensiones no son encontradas en madera sólida; uso en aplicaciones modernas y complejas, con baja relación costo/eficiencia, y aprovechamiento significativo de la madera.

Los productos a base de madera son clasificados como productos hechos desde láminas, partículas y fibras. Entre los productos obtenidos desde láminas, resultan las chapas de madera contraplacada, compuestas de láminas de madera pegadas entre ellas. Las láminas son ordenadas unas sobre las otras ortogonalmente, con la dirección de las fibras alternadas.

Los adhesivos tradicionales existentes en el mercado consumidor son, actualmente, los componentes más caros para fabricación de esos tableros, además de presentar riesgos a la salud, a causa de su toxicidad. Esa es la razón que justifica la conducción de pesquisas en el sentido de encontrar sustitutos de igual calidad y desempeño, teniendo como base materia prima, a partir de fuentes naturales renovables. En este contexto, según Jesus (2000), el adhesivo poliuretano a base de ricino, presenta características satisfactorias. Este adhesivo fue desarrollado en el Instituto de Química de San Carlos, de la Universidad de San Paulo.

Por lo expuesto, este trabajo tiene los objetivos de:

- Presentar los valores de algunas propiedades físicas y mecánicas de chapas de madera contraplacada, fabricadas con el adhesivo poliuretano a base de ricino, siguiendo las recomendaciones de los documentos normativos de ABNT.
- Evaluar el desempeño de las chapas producidas por comparación de valores de propiedades de las chapas tradicionales, encontradas en la literatura.

Madera Contraplacada

Las chapas de madera contraplacada o contraplacado, son compuestas de láminas de madera, pegadas entre ellas, ordenadas unas sobre las otras, con las fibras cruzadas perpendicularmente, conforme es presentado en la Figura 1. Este procedimiento, llamado de laminación cruzada, confiere a la chapa buenos valores de rigidez, resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Según Maloney (1996), las láminas pueden ser provenientes de las coníferas (softwood plywood) o de las dicotiledóneas (hardwood plywood).

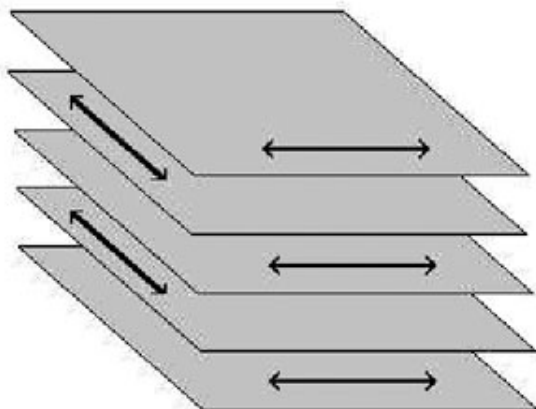


Fig. 1. Posición de las láminas de contraplacado.

Adhesivos tradicionales utilizados en la fabricación de contraplacado

Según Keinert Jr. (1995), el contraplacado es producido bajo dos principales especificaciones: a) para uso interno, con adhesivo a base de resina de urea/formaldehído, y es empleado básicamente en la industria de muebles; b)

para uso externo, con adhesivo a base de resina fenol/formaldehído, siendo normalmente utilizado en la construcción civil.

Los adhesivos de urea/formaldehído, de acuerdo con Peterson (1964) y Samlaic (1983), poseen un serio inconveniente a causa de la emanación de formaldehído y su empleo es problemático en países donde el control ambiental es riguroso. El adhesivo fenol/formaldehído es formado desde resinas fenólicas sintéticas. Uno de los factores negativos es el alto costo del fenol, cuya materia prima es el petróleo. Este adhesivo necesita de alta temperatura para el curado, variando de 130 a 160° C.

Adhesivo poliuretano a base de ricino – propuesta de este estudio

Conocida internacionalmente como "Castor Oil" y en Brasil por Caturra, el ricino (*Ricinus communis*) es una planta de la familia de las euforbiáceas, de donde es extraído el óleo de ricino, también conocido como "óleo de rícino". Según Araújo (1992) y Jesus (2000), es fácilmente encontrada en la mayoría de las regiones del país, principalmente en estado natural.

A partir de este recurso natural y renovable, es posible sintetizar polioli y pre/polímeros (isocianato) con diferentes características. Una mezcla reactiva en la cual intervienen dos componentes, el polioli y el isocianato originan a un poliuretano. Tienen gran versatilidad de la aplicación con propiedades superiores a los polímeros derivados de petróleo. Su competitividad en relación a los otros polímeros, además de las propiedades mecánicas, se debe, básicamente, a otros dos factores: polímero originario de materia prima natural y renovable y a los precios razonables de los di/isocianatos disponibles en el país (Samlaic, 1983).

Claro Neto (1997), ha caracterizado las propiedades físico/mecánicas de un polímero poliuretano a base de ricino. Las propiedades químicas estudiadas, tuvieron el objetivo de caracterizar a los grupos orgánicos funcionales que están presentes en los componentes polioli-pre/polímero que reaccionan durante la preparación del poliuretano. El poliuretano derivado de óleo de ricino fue desarrollado para ser utilizado como material para implantes óseos en medicina.

Con el objetivo de ampliar la aplicación de este producto, Jesus (2000) presentó un estudio del comportamiento del adhesivo poliuretano a base de ricino, para el empleo en Madera Laminada Encolada (MLE) con especies de forestación de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*. La eficiencia del adhesivo fue evaluada por los ensayos mecánicos de resistencia al cizallamiento, tracción normal y tracción paralela a las fibras. El resultado presentado por el autor demostró que el adhesivo a base de ricino es una buena alternativa para la utilización tecnológica en la madera MLE.

El adhesivo poliuretano a base de ricino es del tipo bicomponente, el polioli B1640 y el pre/polímero A249, de polimerización en frío, que puede ser acelerado con temperatura hasta 90° C. Factor de extrema importancia, en la producción del contraplacado fabricado con adhesivo poliuretano a base de ricino, en comparación al producido con fenol/formaldehído.

Especificaciones para la madera contraplacada

La Asociación Brasileña de Normas Técnicas – ABNT, presenta documentos normativos que especifican las dimensiones, sus tolerancias y las condiciones a ser seguidas para la clasificación de las chapas de contraplacado.

NBR 9531 (1985): "Chapas de madera contraplacada – clasificación", clasifica las chapas en cuanto al local de utilización, por medio de tres tipos básicos: IR (interior), IM (intermediaria) y EX (exterior).

En la chapa IR es usado adhesivo no resistente al agua, y su utilización ocurre en locales protegidos de la acción del agua o de alta humedad relativa. La chapa tipo IM es destinada a la utilización interna, pero en ambiente de alta humedad relativa, que puede, eventualmente, recibir la acción de agua. La chapa EX es destinada al uso externo o en ambientes cerrados, donde es sometida a repetidos ciclos de humectación y secado, o acción de agua.

NBR 9532 (1986): "Chapas de madera contraplacada – especificaciones", establece las características geométricas, tales como, montaje, dimensiones, forma, espesores y sus tolerancias, y otras condiciones que deben ser obedecidas por cada tipo de chapa. Según esta norma, los contraplacados reciben las siguientes especificaciones:

Contraplacado de uso general – GER: chapas de maderas contraplacadas clasificadas genéricamente como IR.

Molde de concreto – FOR: chapas clasificadas genéricamente como EX. Este tipo de chapa debe presentar un módulo de elasticidad mínimo de 4000 N/mm².

Decorativo: son chapas clasificadas genéricamente como IM.

Industrial – IND: son chapas de madera contraplacada, clasificadas genéricamente como EX.

Naval – NAV: son chapas de madera contraplacada, clasificadas genéricamente como EX. Este tipo de chapa debe presentar un módulo de elasticidad mínimo de 6000 N/mm².

Listonado – SAR: son chapas de madera contraplacada, clasificadas genéricamente como IR, donde el alma del tablero es constituido por listones (tablas de madera) con ancho máximo de 40mm.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fabricación de las chapas de madera contraplacada

Las chapas de madera contraplacada fueron fabricadas en el Laboratorio de Maderas y de Estructuras de Madera, del Departamento de Ingeniería de Estructuras de la Escuela de Ingeniería de San Carlos, de la Universidad de San Paulo.

Las láminas de madera fueron secadas en estufas, hasta que alcanzaran un contenido de humedad entre 4 a 6%.

Se aplicó el adhesivo poliuretano a base de ricino con pinceles, manteniendo la uniformidad de la distribución del adhesivo en la superficie de la lámina, como presentado en la Figura 2. Se adoptó una aplicación del adhesivo en línea simple, donde las láminas recibieron la camada de pegamento en una de las superficies. El gramaje, cantidad de adhesivo que es aplicado por área, fue de 250 g/m².



Fig. 2. Aplicación de adhesivo poliuretano a base de ricino en las láminas de madera.

Tras la aplicación del adhesivo, las chapas fueron colocadas ortogonalmente unas sobre las otras. En seguida se colocaron las chapas en la prensa hidráulica, donde el prensado fue aplicado por 10 min. La presión aplicada fue de 1,2 N/mm², con temperatura de prensado de 60° C para acelerar el curado del adhesivo. El proceso de prensado para la madera contraplacada es presentado en la Figura 3.

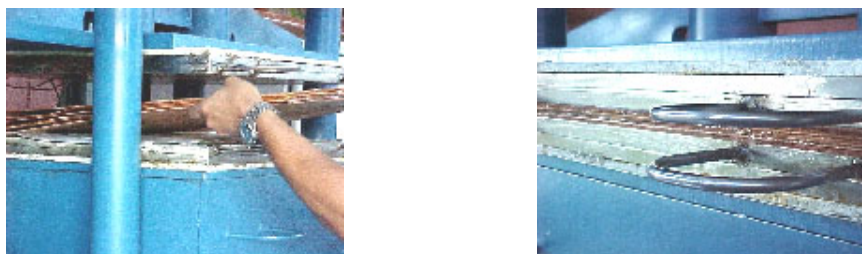


Fig. 3.- Prensado de las chapas de madera contraplacada.

Tras el prensado, se ha esperado el enfriamiento de la prensa y se ha retirado la chapa, manteniéndola en posición vertical. Se esperó el periodo de dos semanas para uniformizar la adhesión antes de retirar las probetas para los ensayos. Las chapas de madera contraplacada fueron fabricadas con siete láminas obtenidas de la especie *Eucalyptus grandis*, con 2mm de espesor nominal. Fueron fabricadas cuatro chapas de espesor nominal de 14mm y área de 60 x 60cm. De esas chapas se extrajeron treinta y dos probetas para caracterización, siendo dieciséis para módulos de resistencia y elasticidad y dieciséis para masa específica aparente y humedad.

Equipos necesarios para la fabricación de las chapas

Los equipos utilizados en la fabricación y caracterización de las chapas fueron: prensa hidráulica, estufa, balanza digital y máquina universal de ensayos.

Experimentación

Para la obtención del contenido de humedad, NBR 9584 (1985), cada probeta fue pesada y, en seguida, secada en estufa a 103 ± 2° C, hasta masa constante. El contenido de humedad fue obtenido de la Ecuación (1).

$$CH = \frac{M_u - M_s}{M_s} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde: CH = contenido de humedad, en %; M_u y M_s = masa húmeda y masa seca de la probeta, en g.

Para la obtención de la masa específica aparente, NBR 9485 (1985), se utilizó la Ecuación (2). Las dimensiones nominales de las probetas son de 100 x 50 x 14mm.

$$Mea = \frac{M}{c \cdot l \cdot e} \quad (2)$$

Donde: Mea = masa específica aparente en g/cm³; M = masa de la probeta, en g; c, l, e = largo, ancho y espesor de la probeta en cm.

Para el ensayo de flexión estática, NBR 9533 (1986) determina que la máquina de ensayo sea constituida esencialmente de: dos soportes paralelos auto ajustables y un dispositivo para aplicar la carga en el centro de la probeta. Los soportes y el dispositivo deben tener la misma anchura y diámetro, como se muestra en la Figura 4.



Fig. 4. Máquina universal preparada para el ensayo de flexión estática

Para este ensayo se debe retirar, de cada chapa de contraplacado, un mínimo de cinco probetas de cada dirección (paralela y normal a las fibras de las láminas externas). Estas probetas deben de ser prismáticos, con ancho: 1 = 75mm y largo (l) definido por la ecuación (3).

$$l = 25.e + 50 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} \quad (3)$$

Para la ejecución del ensayo, se apoya la probeta en ambas extremidades y se aplica una fuerza continua en el centro del vano (ver Figura 5), a una velocidad constante calculada por la Ecuación (4).

$$V = \frac{k \cdot L^2}{6e} \quad (4)$$

Donde: V = velocidad de cargamento en mm/s; k = 0,00005, tasa de deformación específica de la fibra; L = distancia entre soportes (vano) y e = espesor de la probeta, en mm.



Fig. 5.- Ensayo de madera contraplacada a flexión estática, realizado en la máquina Dartec.

Se registran las fuerzas y las correspondientes deslucaciones verticales (en un mínimo de doce lecturas), para así determinar el módulo de elasticidad por la Ecuación (5).

$$E_b = \frac{L^3 \cdot (F_2 - F_1)}{4l \cdot e^3 (S_2 - S_1)} \quad (5)$$

Donde: E_b = módulo de elasticidad, en N/mm^2 ; L = distancia entre los centros de los soportes, en mm; l , e = ancho y espesor de la probeta, en mm; $F_2 - F_1$ = incremento de carga en el trecho recto de la curva fuerza/deformación, en N; $S_2 - S_1$ = incremento de deslucación vertical en el punto central del vano, correspondiente a $F_2 - F_1$, en mm.

El módulo de ruptura a flexión estática de cada probeta fue calculado por la Ecuación (6).

$$T_r = \frac{3 \cdot F_{m\acute{a}x} \cdot L}{2l \cdot e^2} \quad (6)$$

Donde: T_r = tensión de ruptura a flexión estática, en N/mm^2 y $F_{m\acute{a}x}$ = carga de ruptura, en N.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En las Tablas 1 y 2 son presentados los resultados obtenidos para el contenido de humedad, la masa específica aparente, el módulo de resistencia y el módulo de elasticidad para las chapas de madera contraplacada, fabricadas con adhesivo poliuretano a base de ricino. En la tabla 1 son presentados los valores obtenidos en las probetas considerándose la dirección paralela a las fibras y en la tabla 2, considerándose la dirección normal a las fibras de las láminas externas.

Tabla 1: Resultados obtenidos para la madera contraplacada fabricada con el adhesivo poliuretano a base de ricino para la dirección paralela a las fibras de las láminas externas.

Muestras	Masa específica aparente (g/cm^3)	Módulo de resistencia (N/mm^2)	Módulo de elasticidad (N/mm^2)
C01	0,81	94	11577
C02	0,84	92	11631
C03	0,79	88	9835
C04	0,83	98	12106
C05	0,78	77	10758
C06	0,78	97	11928
C07	0,81	83	11700

C8	0,80	83	11710
Media	0,81	89	11406
Coefficiente de variación (%)	2,7	8,5	6,6
Contenido de humedad	11,4%		

Tabla 2: Resultados obtenidos para la madera contraplacada fabricada con el adhesivo poliuretano a base de ricino para la dirección normal a las fibras de las láminas externas.

Muestras	Masa específica aparente (g/cm³)	Módulo de resistencia (N/mm²)	Módulo de elasticidad (N/mm²)
C9	0,80	61	5700
C10	0,76	61	5887
C11	0,77	67	6338
C12	0,79	60	5783
C13	0,79	53	6159
C14	0,80	60	5830
C15	0,82	73	7407
C16	0,83	55	5384
Media	0,80	62	6061
Coefficiente de variación (%)	2,9	10,4	10,2
Contenido de humedad	11,4%		

La velocidad de carga aplicada en el ensayo fue de 0,07813mm/s, calculada por la [Ecuación 4](#) (presentada anteriormente). En las tablas 2 y 3 se observa que fueron obtenidos bajos coeficientes de variación.

Rocco Lahr (1990) y Sales (1996), han desarrollado pesquisas que demuestran que los valores de los coeficientes de variación para las propiedades de la madera, son del orden de 18%, con la madera con contenido de humedad

de 12%. En las Tablas 1 y 2 se observa que fueron obtenidos bajos coeficientes de variación, menor que lo demostrado para la madera.

Comparación entre valores de propiedades de contraplacados

Se presentan, en la Tabla 3, los valores medianos de los resultados que constan en las Tablas 1 y 2, y en la Tabla 4, algunos valores de propiedades físicas, de resistencia y elasticidad a la flexión, presentados por Gaiotto et al. (1993).

Esas chapas son fabricadas con láminas de madera de *Eucalyptus grandis* y se utilizan en la producción al adhesivo fenol/formaldehído. El prensado fue aplicado por 18 min. La presión aplicada fue de 1,2 N/mm², con temperatura de prensado de 130° C. El gramaje fue de 250 g/m². Las chapas de madera contraplacada fueron fabricadas con siete láminas, con 2mm de espesor nominal. Las propiedades físico/mecánicas del tableros fueron obtenidas por las normas de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas.

Tabla 3: Valores medianos del contraplacado fabricado con el adhesivo poliuretano a base de ricino.

Contraplacado	Fabricado con adhesivo poliuretano a base de ricino	
Dirección	Paralela	normal
E _b (N/mm ²)	11406	6061
f _M (N/mm ²)	89	62
Contenido de humedad (%)	11,4	
Masa específica (g/cm ³)	0,80	

E_b – módulo de elasticidad a flexión estática; f_M – módulo de resistencia

Tabla 4: Valores de propiedades de contraplacado fabricado con el adhesivo fenol/formadehído.

Contraplacado	Fabricado con adhesivo fenol/formaldehído	
Dirección	Paralela	normal
E _b (N/mm ²)	10830	4902
f _M (N/mm ²)	80,3	48,8
Contenido de humedad (%)	10,5	
Masa específica (g/cm ³)	0,72	

Fuente: Gaiotto *et al.* (1993).

Por comparación entre las Tablas 3 y 4 se observa que los valores de las propiedades fueron más altos para la madera contraplacada, fabricada con el adhesivo alternativo poliuretano a base de ricino, que los valores de las chapas presentadas por Gaiotto *et al.* (1993).

CONCLUSIONES

Las chapas de madera contraplacada producidas con el adhesivo poliuretano a base de ricino, presentaron resultados muy satisfactorios. Los valores de las propiedades de resistencia y rigidez obtenidas en el ensayo de flexión estática, fueron más altos que los valores encontrados en la literatura para contraplacados fabricados con la misma especie de madera (*Eucalyptus grandis*) y que utilizan adhesivos tradicionales (fenol/formaldehído).

Otro factor importante corresponde a los valores de los módulos de elasticidad, obtenidos para la madera contraplacada aquí estudiada: 11406 N/mm² para la dirección paralela. Esos módulos de elasticidad son superiores a los solicitados por NBR 9532 (1986) para madera contraplacada con características satisfactorias en uso exterior, que son: 4000 N/mm² para molde para concreto armado. Estos valores estipulados por la norma, corresponden a la dirección paralela a las fibras de las láminas externas.

Fueron obtenidos bajos coeficientes de variación para todos los resultados de las propiedades físico/mecánicas de las chapas. Esto es un buen indicador de la homogeneidad del producto fabricado y de la buena conducción en la producción y en los ensayos.

Un importante factor a considerar es que, en la fabricación de la madera contraplacada, utilizándose como materia prima el adhesivo poliuretano a base de ricino, se ha requerido una temperatura de 60° C en el prensado. Esto corresponde a una significativa reducción en el consumo de energía, una vez que la resina fenol/formaldehído necesita de temperatura de 130 a 150°C para procesar su curado. Así, el adhesivo poliuretano a base de ricino es una alternativa eficiente para ser empleada en la fabricación de chapas de madera contraplacada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la "Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo" - FAPESP por el soporte financiero y al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

REFERENCIAS

Araújo, L. C. R. 1992. Caracterização química e mecânica de poliuretanas elastoméricas baseadas em materiais oleoquímicos. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Instituto de Física e Química de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil. [[Links](#)]

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9531. 1985. Chapas de madeira compensada: classificação. Rio de Janeiro. 3p. [[Links](#)]

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9532. 1986. Chapas de madeira compensada: especificação. Rio de Janeiro. 3p. [[Links](#)]

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9584. 1985. Chapas de madeira compensada: determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro. 3p. [[Links](#)]

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9485. 1985. Chapas de madeira compensada: determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro. 3p. [[Links](#)]

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9533. 1986. Compensado: determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro. 3p. [[Links](#)]

Claro Neto, S. 1997. Caracterizações físico-químicas de um poliuretano derivado de óleo de mamona utilizado para implantes ósseos. Tese (Doutorado). Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, 123p. [[Links](#)]

Gaiotto, M. R.; Watai, L.T.; Jankowsky, I.P. 1993. Avaliação experimental do compensado de eucalipto. In: 1º CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO E 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. Anais: 595-599. Curitiba, 1993. [[Links](#)]

Guss, L.M. 1995. Engineered wood products: the future is bright. *Forest Products Journal*. 45(7):17-24. [[Links](#)]

Jesus, J. M. H. 2000. Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada (MLC). São Carlos. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 106p. [[Links](#)]

Keinert, Jr. 1995. Produção de compensados. In: *Revista da Madeira*. 24:42-45. [[Links](#)]

Maloney, T. M. 1996. The family of wood composite materials. *Forest Products Journal*. 10(2):19-26. [[Links](#)]

Peterson, R. W. 1964. Wood adhesives. Ottawa, Forest Products Research Branch, n.1055. [[Links](#)]

Rocco Lahr, F.A. 1990. Considerações a respeito da variabilidade de propriedades de resistência e elasticidade da madeira. Tese (Livre Docência), Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Paulo, 109p. [[Links](#)]

Sales, A. 1996. Proposição de classes de resistência para madeira. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 223p. 1996. [[Links](#)]

Samlaic, J. 1983. Os atuais problemas e as possibilidades dos adesivos para madeira. *Revista da Madeira*. 374:7-10. [[Links](#)]



All the contents of this journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution License](#)

Avenida Collao 1202

Casilla 5-C

Concepción - Chile

Teléfono: 56-41-3111667 - 3111668

Fax: 56-41-2731027



remadera.journal@gmail.com