

2

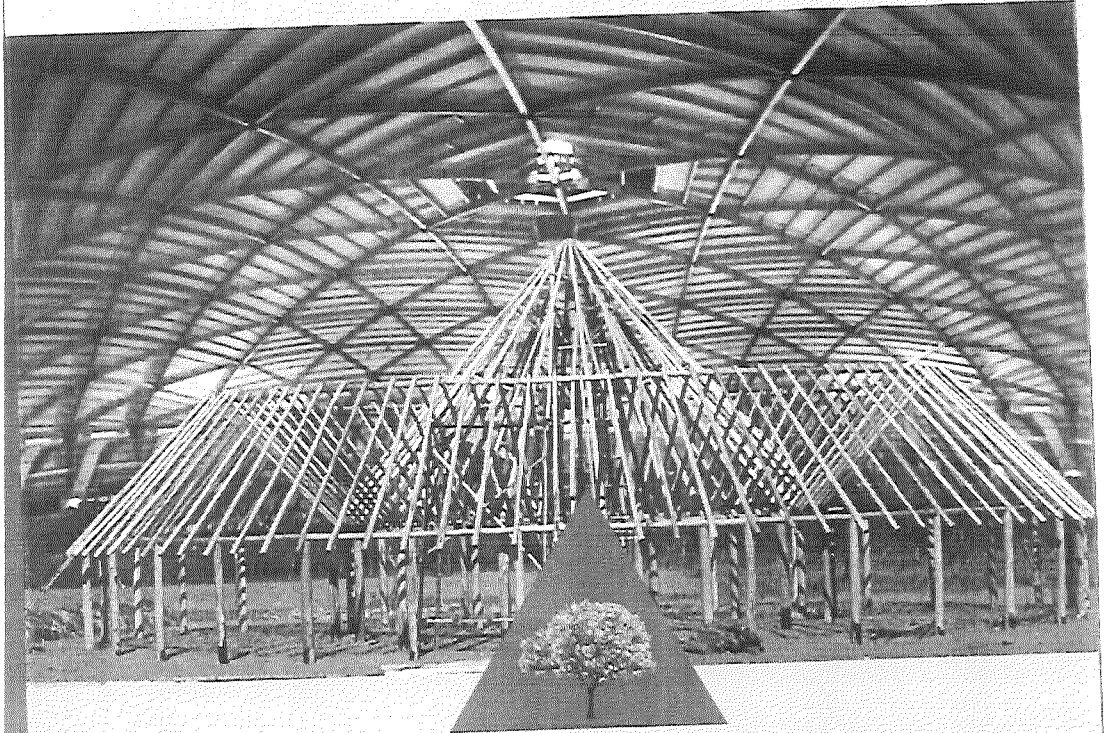
0

0

2

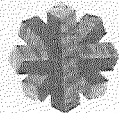
VIII EBRAMEM

ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS
E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA



24 a 26 de julho de 2002
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Realização
FECIV-LIFU IBRAMEM



VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
UBERLÂNDIA – JULHO DE 2002

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PROCESSAMENTO DA MADEIRA NA FABRICAÇÃO DE MDF
(MEDIUM DENSITY FIBERBOARD)

Cristiane Inácio de Campos (cic@sc.usp.br). Doutoranda - Área: Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais – EESC – IFSC – IQSC – USP.

Francisco Antonio Rocco Lahr (frocco@sc.usp.br). Prof. Titular – SET – EESC – USP.

RESUMO: Os produtos derivados de madeira aparecem como uma alternativa para a redução da heterogeneidade do material, em geral obtido de diversas fontes. Tais produtos apresentam qualidades análogas às da madeira, reduzem suas limitações e podem ser aplicados em situações antes restritas a outros tipos de materiais. Outro fator importante que confirma a viabilidade de desenvolvimento dos produtos derivados de madeira é a possibilidade de uso de resíduos de processamento e reprocessamento da madeira, sem perda da qualidade do produto. Dentre esses produtos derivados, podem se destacar as chapas de fibra de média densidade (MDF - Medium Density Fiberboard), que aparecem como um produto cujo consumo experimenta significativo incremento, tanto no mercado nacional como internacional. A fabricação de MDF busca atender diferentes áreas, como a construção civil, a fabricação de móveis, a confecção de embalagens, entre outras aplicações. Este trabalho apresenta a produção de MDF utilizando resíduos de processamento de espécies tropicais, bem como diferentes teores de resina de uréia-formoldeído. Em seguida, estão apresentados resultados de alguns ensaios de caracterização física e mecânica e uma comparação entre os resultados de ensaios de caracterização para MDF comercial e para MDF produzido em laboratório.

Palavras-chave: MDF, madeira, caracterização física e mecânica.

ABSTRACT: Wood-based products appear as an alternative for the reduction of the heterogeneity of the material, in general obtained of several sources. Such products present qualities similar to the one of the wood, reducing its limitations and improving applications in situations restricted the other types of materials. Another important factor that confirms the viability wood-based products development is the possibility of using processing residues and reprocessament of the wood, without loss of the product quality. Among those products, they can stand out the medium density fiberboard (MDF) that appears as a product whose consumption tries significant increment, so much in the national market as international. MDF production looks for to assist different areas, as the building site, the production of furniture pieces, the making of packing, among other applications. This paper reports the production of MDF using residues of tropical wood species processing, as well as different tenors of urea-phormoldeid resin. Soon after, results of rehearsals of physical and mechanical characterization and a comparison among the results of characterization rehearsals for commercial MDF and for MDF produced at laboratory are presented.

Keywords: MDF, wood, characterization physic and mechanic.



1. INTRODUÇÃO

Os produtos derivados de madeira são uma proposta interessante na ampliação dos materiais a serem empregados na indústria da construção civil, moveleira e outras. O Brasil apresenta condições favoráveis para se tornar um importante produtor mundial de painéis de madeira, isto porque possui tecnologia que possibilita o uso de resíduos de processamento e reprocessamento da madeira.

Atualmente, o MDF é conhecido pela possibilidade de substituição da madeira para diversas formas de aplicação, em função de sua homogeneidade, versatilidade, facilidade de usinagem, além da resistência ao ataque de microrganismos, como apresentado por OLIVEIRA (1995). O uso de resinas sintéticas confere ao produto características adicionais de resistência mecânica, à umidade e ao fogo.

Como pode ser observado em consulta à bibliografia, para a fabricação de chapas de fibra, onde se enquadra o MDF, qualquer material lignocelulósico pode ser utilizado como matéria-prima. Entre esses materiais, podem ser considerados os resíduos de serraria, que abrangem cavacos de madeira, serragem, maravalhas.

O Brasil possui altos índices de desperdício, no tocante a materiais provenientes de exploração de florestas, resíduos de processamento e reprocessamento da madeira, evidenciando a possibilidade de produção de chapas de fibra e, em especial, da produção de MDF.

2. MDF

MDF é o nome genérico utilizado para definir uma chapa composta principalmente por fibras lignocelulósicas combinadas com resina sintética, ou outro adesivo, unidas entre si através de pressão e calor. A introdução de determinados aditivos durante a manufatura pode melhorar a estabilidade dimensional, a resistência ao fogo e a impermeabilidade (NPA/95, 1995).

O MDF é um produto homogêneo, uniforme, estável, de superfície plana e lisa que oferece boa trabalhabilidade, alta usinabilidade para encaixar, entalhar, cortar, parafusar, perfurar e moldurar, economia quanto a redução no uso de tintas, tingidores, laca e vernizes, economia no consumo de adesivo por metro quadrado, além de apresentar ótima aceitação para receber revestimentos com diversos acabamentos.

Segundo o Forest Products Laboratory (1987), a tecnologia utilizada na manufatura do MDF é uma combinação dos processos produtivos a seco das chapas de partículas e das chapas duras de fibras. A determinação das propriedades físicas e mecânicas do material tem o objetivo de definir as aplicações mais adequadas do produto.

Há diversas normas que estabelecem valores referenciais procurando definir um padrão de qualidade na produção do MDF. A densidade é uma característica física importante, pois permite classificar o painel à base de madeira. O MDF, segundo a ASTM, classifica-se como sendo chapas de fibras e de acordo com Maloney (1993), somente em 1973 o MDF foi definido pela National Particleboard Association como sendo uma chapa manufaturada de fibras lignocelulósicas, combinadas com resinas sintéticas, prensadas a quente, a fim de atingirem densidade entre 0,50 a 0,80g/cm³.

3. PROCESSO DE PRODUÇÃO

3.1. Processo de produção industrial

As etapas de produção industrial na fabricação do MDF, propostas pelo Forest Products Laboratory (1987) são: descascamento, fragmentação, classificação dos cavacos, armazenamento dos cavacos, tratamento dos cavacos, desfibramento, mistura da resina, secagem das fibras, armazenamento das fibras, entrelaçamento das fibras, seccionamento, prensagem, resfriamento, corte, lixamento e revestimento. A seqüência da Figura 1, ilustra o processo de produção de fabricação industrial do MDF, apresentado por CASTRO (2000), adaptado de O'Brien (1999).

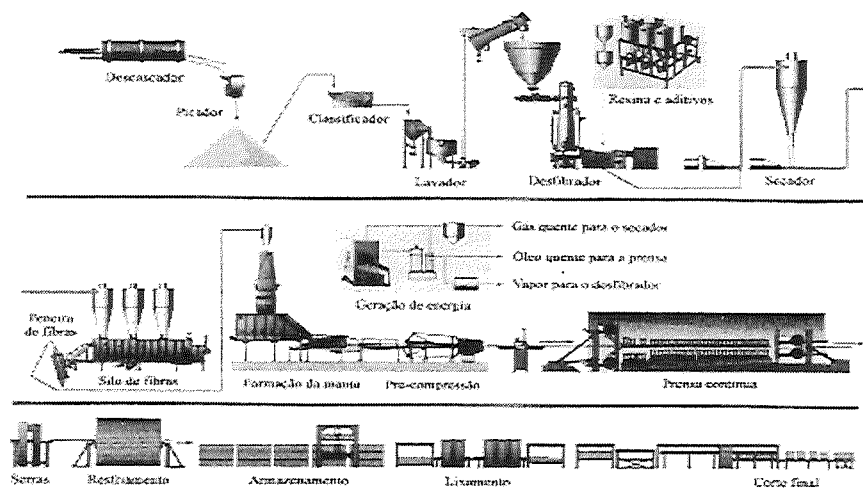


Figura 1 – Processo de produção do MDF, adaptado de O'Brien (1999).
Fonte: CASTRO (2000).

3.2. Processo de produção laboratorial - Fabricação

3.2.1. Materiais e métodos

Para a fabricação das chapas de fibra de média densidade ora em estudo, foram utilizados os equipamentos apresentados a seguir, que se encontram disponíveis no LaMEM / SET / EESC, sendo eles:

Prensa Hidráulica

Modelo MA 098/50 foi fabricada na MARCONI Equipamentos para Laboratório, constituída de 03 (três) placas de aço com 2000 W para cada, resistência de 80 A, capacidade máxima de 50 toneladas e temperatura máxima de 200 ° C. A Figura 2(a) ilustra a prensa hidráulica citada.

Estufa

Modelo – MA 037 / MA 035, com circulação e renovação de ar é composta de caixa em chapa de aço com tratamento anticorrosivo, pintura eletrostática em epóxi, controlador de temperatura digital, display superior e temperatura de 0° C à 300° C. A utilização da estufa se faz necessária quando a espécie picada apresentar umidade acima de 12% e após a fabricação da chapa de fibra, na avaliação do ensaio de inchamento. A estufa é ilustrada na Figura 2(b).

Balança

Balança digital é constituída de tecnologia avançada, apresenta vários recursos técnicos e alta precisão de leitura. Esta balança também é fabricada na MARCONI Equipamentos para Laboratório. A Figura 2(c) ilustra o equipamento citado.

Encoladeira

Equipamento composto de tambor circular com diâmetro de aproximadamente 80 cm, abertura na parte superior, composta por três pás para homogeneizar o material. Possui um motor com cerca de 120 rpm. A Figura 2(d) ilustra o equipamento citado

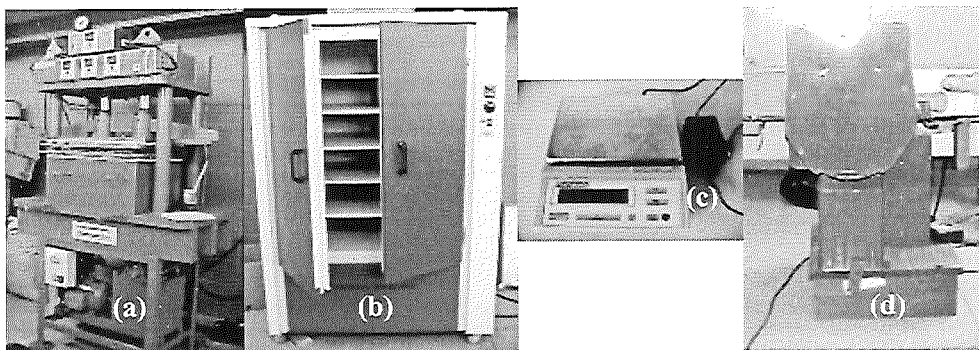


Figura 2-(a) Prensa Hidráulica, (b) Estufa, (c) Balança, (d) Encoladeira. Fonte: LaMEM.

Fibras

As fibras utilizadas na produção das chapas, foram gentilmente cedidas pela Indústria DURATEX - Unidade Botucatu. São fibras das espécies de Eucalyptus e Pinus. Os cavacos foram picados, em seguida o material foi mantido cerca de 72 horas em estufa a 60°C. Os cavacos foram desfibrados, após tratamento com vapor saturado à pressão entre 0,6 e 0,8 MPa, em um desfibrador industrial Andritz Sprout Bauer, secas em estufas de laboratório até atingirem o teor de umidade desejado. A Figura 3 apresenta as fibras obtidas.

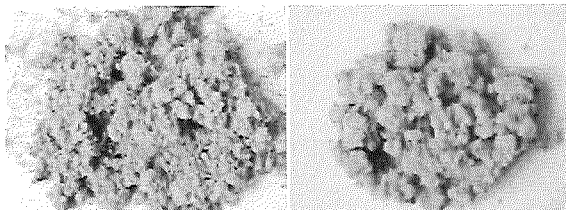


Figura 3 – Fibras de Eucalyptus e Pinus, fornecidas pela indústria DURATEX.

Adesivo

Para a produção dessas chapas foi utilizado adesivo à base de uréia-formaldeído, com baixa emissão de formaldeído e ausência de extensor. A resina empregada apresenta como principais características: teor de sólidos de 66%, pH entre 8 e 9, massa específica média de 1,29 g/cm³.

Catalisador

O catalisador da cura utilizado foi o cloreto de sódio comercial, com teor de sólidos de 20%, na dosagem de 2,5% de sólidos de catalisador, em relação ao teor de sólidos da resina.

3.2.2. Cálculos preliminares

Na produção experimental, foram considerados para os cálculos 850g de fibras de madeira secas com teor de umidade em torno de 3%, visando o preparo de fibras encoladas com teores de resina de 8%, 10% e 12%. Estes teores foram escolhidos em razão de as empresas do setor, em geral, com teor de 10%. As dosagens de resina, catalisador e água são obtidas a partir das Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$RS = MF * (1 - u) * TR * \frac{1}{TRS} \quad (1)$$

$$CT = RS * TSR * TC * \frac{1}{TSC} \quad (2)$$

$$uc = \frac{MF * u + RS * (1 - TSR) + CT * (1 - TSC) + M_{H2O}}{MF + RS + CT + M_{H2O}} \quad (3)$$

Onde

- RS = massa de resina a ser adicionada às fibras (g)
- MF = massa de fibras úmidas (g)
- u = teor de umidade das fibras (base úmida) (decimal)
- TR = teor de resina desejado (decimal)
- TSR = teor de sólidos da resina (decimal)
- CT = massa de catalisador a ser adicionada às fibras (g)
- TC = teor de sólidos de catalisador (decimal)
- TSC = teor de sólidos do catalisador (decimal)
- uc = teor de umidade desejado para o colchão (base úmida) (decimal)
- M_{H2O} = massa de água (g)

A partir das equações apresentadas acima, a Tabela 1 resume as quantidades de cada um dos componentes das chapas de fibra de madeira.

TABELA 1 – Quantidades dos componentes constituintes das chapas de fibra de madeira.

TEOR DE RESINA	MASSA DE FIBRA	DOSAGEM DE RESINA	DOSAGEM DE CATALISADOR	DOSAGEM DE ÁGUA
8%	850 g	99,94 g	8,25 g	11,50 g
10%	850 g	124,92 g	10,31 g	24,79 g
12%	850 g	149,91 g	12,37 g	41,59 g

3.2.3. Preparação dos painéis

Lotes de fibras de 850 g e teor de umidade em torno de 3%, após serem pesados, foram depositados em uma encoladeira de laboratório. A encoladeira apresenta abertura superior, é composta por três pás, que permitam a homogeneização do material. A encoladeira é acionada por um motor com rotação em torno de 120 rpm. As fibras foram depositadas pela parte superior. Com o fechamento da encoladeira, o motor foi acionado, as pás rotacionam e, então, adiciona-se à cola pronta. Após a encolagem, as fibras foram transferidas para um outro recipiente, onde se efetua a desagregação dos grumos.

Em seguida, o material pesado de acordo com a densidade desejada, foi depositado em uma caixa formadora. Esta foi apoiada sobre uma chapa metálica e as fibras distribuídas manualmente. Após a deposição das fibras, o colchão foi compactado, aplicando-se uma força de aproximadamente 800 N, correspondendo à etapa de pré-prensagem, onde não ocorre transferência de calor. O objetivo da pré-prensagem é reduzir o volume do colchão que será colocado na prensa.

Concluída a pré-prensagem, iniciou-se a prensagem propriamente dita, em uma prensa hidráulica, dotada de aquecimento elétrico com temperatura em torno de 190°C. A pressão aplicada foi contínua, em torno de 2,53 MPa, ligeiramente superior à utilização na linhas de produção industriais. Optou-se por pressão constante devido às dificuldades em controlar o ciclo na prensa utilizada. Entretanto, adaptações estão sendo efetuadas na prensa para que nos próximos ensaios o ciclo possa ser devidamente obedecido. A espessura da chapa foi determinada por limitadores de espessura de 9 mm.

Terminada a prensagem, as chapas foram resfriadas em temperatura ambiente, e posteriormente, foram retirados corpos-de-prova para os diferentes ensaios propostos. Os corpos-de-prova foram condicionados em câmara climatizada em temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% até atingirem peso constante e, posteriormente, destinados à realização dos ensaios previstos. A Figura 4 ilustra algumas etapas na preparação das chapas.



Figura 4 – Etapas da produção do painel de MDF.

3.3. Ensaio físicos e mecânicos

A seguir estão descritos os ensaios físicos e mecânicos realizados nas chapas produzidas em laboratório.

3.3.1. Ensaio para a determinação da densidade

A determinação de densidades dos painéis foi realizada a partir da norma EN 323-1993, com corpos-de-prova quadrados (50 ± 1 mm). Os corpos-de-prova foram acondicionados até atingirem peso constante, em câmara climatizada à 20°C e 65% de umidade relativa. Posteriormente, determinou-se a espessura no ponto de interseção das diagonais (precisão de 0,05 mm) e massa, juntamente com duas medidas paralelas às bordas, ortogonais, que passem por seu centro (precisão de 0,1 mm). A densidade foi determinada a partir da Equação 4 apresentada a seguir:

$$\rho = \frac{m}{b_1 * b_2 * t} * 10^6 \quad (4)$$

Onde: ρ = densidade (kg/m³)
 m = massa (g)
 b₁ e b₂ = medidas ortogonais dos lados (mm)
 t = espessura (mm)

3.3.2. Ensaio de inchamento em espessura

Os ensaios de inchamento em espessura e absorção de água após imersão em água destilada por 24h, foram realizados conforme a norma EN 317-1993. Os corpos-de-prova utilizados tinham as dimensões de 50 ± 1 mm de aresta.

Para os ensaios de inchamento em espessura, foi medida a espessura dos corpos-de-prova na intersecção das diagonais antes e após sua imersão em água limpa, com pH 7±1 e temperatura de 20 ± 1 °C. Os corpos-de-prova ficaram cobertos por 25 ± 5 mm de água durante 24 horas. Os inchamento em espessura, dado em percentagem, foi calculado pela Equação 5 dada a seguir:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} * 100 \quad (5)$$

Onde: G_t = inchamento (%)
 t₁ = espessura inicial (mm)
 t₂ = espessura final (mm)

3.3.3. Ensaio de tração paralela

O ensaio de tração normal foi realizado seguindo a norma EN 311-1993, que prescreve corpos-de-prova com largura de 50 ± 1 mm e comprimento de 20 vezes a espessura adicionando-se 50 ± 1 mm. A resistência a tração é dada pela Equação 6:

$$f = \frac{F_{\max}}{b * t} \quad (6)$$

Onde: f = resistência à tração paralela às faces (MPa)
 F_{max} = força máxima aplicada (KN)
 b = largura do corpo-de-prova (m)
 t = espessura do corpo-de-prova (m)

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir estão apresentados os resultados de ensaios físicos e mecânicos das chapas de fabricação industrial e das chapas fabricadas em laboratório e, posteriormente, comentários e discussões a respeito dos resultados obtidos nestes ensaios.

A Tabela 2 apresenta a média dos valores obtidos para cada teor de resina utilizado e para a chapa de produção industrial para o ensaio de tração paralela às faces.

TABELA 2 – Média de valores obtidos para cada teor de resina e produção industrial.

Teor de resina		Tração paralela (MPa)	Densidade (g/cm ³)	Inchamento (%)
8%	Eucalyptus	1,45	662	28
10%		3,76	703	23
12%		5,23	741	20
8%	Pinus	1,05	645	31
10%		1,37	673	26
12%		2,97	699	18
MDF comercial – 10%	Pinus	1,22	750	19

Comparando os resultados entre as chapas fabricadas em laboratório com diferentes teores de resina e as chapas comerciais pode-se dizer:

- Tração paralela às faces- resultados obtidos foram muito satisfatórios quando comparados aos resultados das chapas comerciais. Somente a média das chapas de Pinus com 8% de resina apresentaram valor de tração paralela inferior ao da chapa comercial. Os demais resultados foram todos superiores ao valor apresentado comercialmente.
- Densidade – todas as chapas produzidas apresentaram densidade dentro dos limites que a definem como MDF. Os resultados foram próximos ao apresentado pelo fabricante para espessura de 9 mm, porém sempre inferiores. Isso pode ser justificado pelo processo de prensagem contínuo, sem ciclos, não possibilitou que parte dos vazios existentes fossem eliminados, ocasionando uma menor densidade nas chapas.
- Inchamento – os resultados obtidos no ensaio de inchamento permitiram concluir que é indispensável o uso de emulsão de parafina na fabricação das chapas. O objetivo de não adicionar a emulsão de parafina foi justamente para verificar a real necessidade de material na formação das chapas. As próximas fabricações incluíram a emulsão de parafina como faz o fabricante de chapas comerciais.

5. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados foram positivos, incentivando a realização de novos ensaios. Nesta experimentação verificou-se a possibilidade da realização de novas fabricações de MDF, empregando diferentes adesivos e diferentes espécies de madeira na composição do material.

A partir destes primeiros resultados experimentais da fabricação de MDF em laboratório, observa-se a grande viabilidade da produção laboratorial antes de seu emprego na produção industrial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE (1994). ANSI 4 208.2 – 1994 – Medium Density Fiberboard (MDF), 10p.

AMERICAN SOCIETY AND MATERIALS – ASTM (1996). *Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials*. Philadelphia. ASTM D1037.

- BENADUCE, C. (1998). Fabricação de painéis de média densidade (MDF) a partir de fibras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Pinus caribaea* Morelet var *hondurensis* Barret e Golfari. Piracicaba, 133p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agronomia Luís de Queirós. Universidade de São Paulo.
- BUTTERFIELD, B.; CHAPMAN, K.; CHRISTIEL, L.; DICKSON, A. Ultrastructural characteristics of failures surfaces in medium density fiberboard. *For Prod. J.*, v.42. n. 5, p.55-60, 1992.
- CASTRO, E. M. (2000). Processo de produção mecânica de MDF. Dissertação de Mestrado. São Carlos, 2000.
- CHOW, P.; ZHAO, L. (1992). Medium density fiberboard made from phenolic resin and wood residues of mixed species. *Forest Products Journal*, v.42. n.10
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. European Standard EN 323- Particleboards and Fiberboards – Determination of density. Bruxelas: 1993.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. European Standard EN 310- Particleboards and Fiberboards – Determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. Bruxelas: 1993.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. European Standard EN 319- Particleboards and Fiberboards – Determination of swelling in thickness after immersion in water. Bruxelas: 1993.
- FOREST PRODUCT JOURNAL (1987). Wood handbook: wood as a engineering product. Washington DC, U.S. Dept. of Agriculture, 466p.
- GUSS, L.M. *Engineered wood products: The future is bright*. *Forest Products Journal*, Madison, v.45, n. 7/8, p.17-24, 1995.
- KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. (1975). *Principles of wood science and technology*. V.2. New York, Springer-Verlag.
- MALONEY, T.M. (1993). *Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing*, Updated Edition. San Francisco: Miller Freeman Inc.
- NATIONAL PARTICLEBOARD ASSOCIATION (1995). *MDF from start to finish*. Particleboard / Medium Density Fiberboard Institute, 43p.
- NEVES, J.M.(1988); Celulose e papel – Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. Volume 1. Cap. VII – Polpação de alto rendimento e semiquímica. SENAI / IPT – São Paulo, 1988.
- OLIVEIRA, J.T.; FREITAS, A.R. (1995). *Painéis à base de madeira*. São Paulo, Boletim técnico BT/PCC/149. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. EPUSP. 44p.
- TOMASELLI, I. (2000). *Tendências de mudanças na indústria de painéis*. In: REVISTA DA MADEIRA, p.36-40.