

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ANÁLISE DA QUALIDADE DE PAINÉIS AGLOMERADOS  
CONVENCIONAL COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE MANAUS

Bolsista: Kellen Leandro de Oliveira, CNPq

Manaus  
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL  
PIB-A/0049/2011  
ANÁLISE DA QUALIDADE DE PAINÉIS AGLOMERADOS  
CONVENCIONAL COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE MANAUS

Bolsista: Kellen Leandro de Oliveira, CNPq

Orientador: Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio

Manaus

2013

## SUMÁRIO

1. RESUMO.....	4
2. INTRODUÇÃO .....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	11
6. CONCLUSÕES .....	14
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

## **1. RESUMO**

Os principais produtos sólidos de madeira são as chapas de aglomerado e os seus concorrentes diretos como a madeira serrada, o compensado, MDF e a chapa de fibra ou chapa dura. Nas duas últimas décadas, a chapa de madeira aglomerada destacou-se no mercado nacional como o principal substituto da chapa de compensado, acompanhando tendência verificada no mundo. Os painéis aglomerados caracterizam-se pela transformação da madeira em pequenas partículas que secas e misturadas com resina sintética termofixa e distribuídas aleatoriamente entre si, são conformadas sob calor e pressão gerando um painel. As vantagens tecnológicas desses painéis são atribuídas principalmente à sua estrutura homogênea e possibilidade de utilização de matéria-prima sem restrições quanto à forma e dimensões. A qualidade dos painéis aglomerados está relacionada com a interação de diversos fatores, dentre eles: a matéria-prima, a razão de compactação, o adesivo, o teor de umidade do colchão, e o sistema de prensagem. Assim, diante da atual demanda pela matéria-prima, e buscando reconhecer os principais problemas da qualidade do produto, a presente pesquisa visa gerar informações sobre os painéis aglomerados comercializados na cidade de Manaus, a partir de ensaios físicos e mecânicos caracterizando a qualidade do produto.

Palavras-chave: Qualidade, Comércio, Aglomerado.

## **ABSTRACT**

The main products are solid wood, chipboard sheets and their direct competitors such as lumber, plywood, MDF and fiber sheet or hardboard. In the last two decades, the plywood sheet stood out in the national market as the main substitute for plywood sheet, following the world trend. The particleboard characterized by the processing of wood into small particles dried and mixed with synthetic thermosetting resin and randomly distributed to each other, are formed under heat and pressure generating panel. The technological advantages of these panels are attributed mainly to its homogeneous structure and possible use of raw materials without restrictions on the shape and dimensions. The quality of particleboard is related to the interaction of several factors, including: raw material, the compression ratio, the adhesive, the moisture content of the mattress, and pressing system. Thus, given the current demand for raw materials, and seeking to recognize the main problems of product quality, this research aims to generate information on the particleboard sold in Manaus, from physical and mechanical tests characterizing the quality of the product.

Keywords: Quality, Trade, Crowded.

## 2. INTRODUÇÃO

Os principais produtos sólidos de madeira são as chapas de aglomerado e os seus concorrentes diretos como a madeira serrada, o compensado, MDF e a chapa de fibra ou chapa dura. Nas duas últimas décadas, a chapa de madeira aglomerada destacou-se no mercado nacional como o principal substituto da chapa de compensado, acompanhando tendência verificada no mundo (BERNARDI, 2006).

Os painéis aglomerados caracterizam-se pela transformação da madeira em pequenas partículas que secas e misturadas com resina sintética termofixa e distribuídas aleatoriamente entre si, são conformadas sob calor e pressão gerando um painel (MOSLEMI, 1974).

Segundo MATTOS *et al.* (2008), o painel aglomerado convencional é, atualmente, o tipo de painel mais produzido e consumido no mundo, com a produção mundial alcançando os 99,7 milhões de metros cúbicos em 2005. Individualmente, os principais países consumidores são os Estados Unidos (32%), a Alemanha (10%) e a China (7%). Destacando-se como maior produtor os Estados Unidos, responsável por 21% deste volume. O Brasil é apenas o nono na lista dos maiores produtores, com aproximadamente 2% da produção mundial. Mais de 95% de toda a produção brasileira é utilizada apenas para o abastecimento do mercado interno.

As vantagens tecnológicas de painéis aglomerados são atribuídas principalmente à sua estrutura homogênea e possibilidade de utilização de matéria-prima sem restrições quanto à forma e dimensões. Tendo em vista a colagem à base de resina uréia-formaldeído, os painéis aglomerados são empregados principalmente na fabricação de móveis e divisórias para uso interno (MOSLEMI, 1974).

De acordo com MOSLEMI (1974, citado por MELO *et al.* 2010), a qualidade dos painéis aglomerados está relacionada com a interação de diversos fatores, dentre eles: a matéria-prima (espécie, massa específica, geometria das partículas, acidez e teor de extrativos), a razão de compactação (relação entre a massa específica da madeira e a do painel produzido), o adesivo (tipo, quantidade e qualidade), o teor de umidade do colchão, e o sistema de prensagem (pressão, temperatura, tempo de fechamento da prensa e tempo de prensagem).

Deste modo, a presente pesquisa visa gerar informações sobre a qualidade dos painéis aglomerados comercializados na cidade de Manaus, a partir de ensaios físicos e mecânicos caracterizando a qualidade do produto, decorrente de seu processo produtivo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor de painéis de madeira tem apresentado forte dinamismo no mundo e, em especial, no Brasil. A capacidade nominal instalada dos painéis de madeira reconstituída, em 2009, foi de 8,52 milhões de m<sup>3</sup>, um aumento de 40% quando comparado com 2005. Esse mercado vem sofrendo mudanças, em função dos seguintes fatores: busca de alternativas à madeira maciça; modernização tecnológica do parque fabril, que proporcionou a oferta de novos produtos (MDF e OSB) e a melhoria da qualidade (a evolução do aglomerado); redução dos juros e melhoria da renda, que deram forte impulso à construção civil e ao setor de móveis, ambos consumidores de painéis de madeira (PIERRE, 2010).

Os painéis aglomerados são vendidos nas formas: In Natura (sem revestimento), Pintado e Revestido (Revestimento Laminado de Baixa Pressão (BP), Revestimento *finish foil* (FF) e Revestimento de Lâmina de madeira natural (LM)) o que agrega valor ao painel “cru”.

Segundo MALONEY (1993, citado por IWAKIRI et al. 2010) os aglomerados possuem uma série de vantagens em relação à madeira serrada, tais como: minimização dos efeitos da anisotropia; maior uniformidade de propriedades físico-mecânicas em diferentes pontos do painel; eliminação de defeitos naturais como nós, inclinação da grã e tensões de crescimento; possibilidade de controle das propriedades físico-mecânicas do painel através das variáveis do processo produtivo como tipo e quantidade de resina, geometria de partículas, grau de densificação, entre outras; menor exigência em termos de qualidade da madeira, possibilitando uso de resíduos provenientes de outras fontes de processamento; maior produção devido à tecnologia empregada e menor custo de produção.

#### **Definição e classificação dos painéis de madeira aglomerada**

As chapas de madeira aglomerada são fabricadas com partículas de madeira ou outros materiais, aglutinados por meio de uma resina e, em seguida, prensados. Durante o processo de produção, são adicionados diversos produtos químicos para evitar o mofo, a umidade, o ataque de insetos e aumentar a resistência ao fogo (Fonte: REMADE).

Segundo IWAKIRI (2005), os painéis aglomerados podem ser classificados com base na:

- Densidade: Baixa densidade (até 0,59 g/cm<sup>3</sup>), Média densidade (de 0,59 a 0,80 g/cm<sup>3</sup>) e Alta densidade (acima de 0,80 g/cm<sup>3</sup>);
- Tipos de partículas: Aglomerado convencional (partículas tipo “sliver”), Painéis de partículas do tipo “Flake” (“Flakeboard”), Painéis de partículas do tipo “wafer” (“waferboard”) e Painéis de partículas do tipo “strand” (“strandboard”);

- Distribuição das partículas: Painéis homogêneos, Painéis de Múltiplas camadas, Painéis de camadas graduadas e Painéis de partículas orientadas “OSB”;

Outra classificação pouco empregada atualmente é definida em função do método de prensagem. Quando a pressão é aplicada na direção perpendicular ao plano do painel, é definida como *flat-platen pressed*; e quando a pressão é aplicada na direção paralela ao plano do painel, é definida como “extrusada”. Os painéis produzidos por este método apresentam certas limitações, devido ao posicionamento vertical das partículas em relação ao plano do painel. Nesta condição, a resistência à flexão estática será reduzida e o inchamento no plano do painel será bem superior.

### **Matéria-prima**

Os componentes básicos utilizados na produção de painéis aglomerados são: *madeira, resina e catalisador*. Outros materiais como emulsão parafina, retardantes de fogo, produtos preservantes contra fungos e insetos, podem ser adicionados para melhorar as propriedades dos painéis (IWAKIRI, 2005).

Quanto à *madeira*, no mundo são empregados: resíduos industriais de madeira; resíduos da exploração florestal; madeiras de qualidade inferior, não-industrializáveis de outra forma; madeiras provenientes de florestas plantadas; e reciclagem de madeiras em serventia. No Brasil, a madeira de florestas plantadas – em especial, de eucalipto e de pínus – constitui a principal fonte de matéria-prima (MATTOS et al, 2008).

A espécie de madeira é um parâmetro importante no processo de produção de painéis aglomerados. Os parâmetros mais importantes relacionados à espécie são: a densidade da madeira, acidez, extrativos e materiais estranhos (IWAKIRI, 2005).

O *adesivo* é o componente de maior custo na produção de painéis aglomerados. Portanto, a quantidade a ser aplicada deve ser otimizada em função das propriedades requeridas para a finalidade a que se destina. A quantidade de adesivo a ser utilizada num painel, é determinada em função do conteúdo de sólido resinoso e com base no peso seco das partículas de madeira, podendo variar na faixa de 5 a 10% (IWAKIRI, 2005). Os principais tipos de adesivos utilizados na produção de painéis aglomerados são: Uréia-formaldeído e Fenol-formaldeído (Fonte: REMADE, 2000).

De acordo com IWAKIRI (2005), aditivos químicos são produtos químicos incorporados nas partículas de madeira durante o processo de aplicação do adesivo, com a finalidade de melhorar algumas propriedades específicas dos painéis, tais como:

- **Catalisador ou endurecedor:** são produtos como cloreto de amônia e sulfato de amônia, adicionados na resina uréia-formaldeído e tem a função de reativar a pré-condensação e aumentar a velocidade de polimerização e cura da resina.
- **Emulsão de parafina:** aplicado na proporção de até 1% baseado no peso do sólido resinoso, com a finalidade de reduzir a higroscopicidade das partículas de madeira e melhorar a estabilidade dimensional dos painéis.
- **Retardantes de fogo:** são compostos químicos como fosfato de amônia, ácido bórico, sulfato de amônia e bromato de amônia, incorporados no material durante o processo de produção, ou através da impregnação em painéis após a prensagem.
- **Produtos preservantes contra fungos e insetos:** são compostos químicos que são incorporados no material durante o processo de produção, na proporção que pode variar de 0,25% a 2,5%, base peso seco das partículas. Produtos à base de boro, em proporções de 1 a 2% são suficientes para melhorar a resistência ao ataque de fungos, e de eficiência razoável contra o ataque de insetos. Produtos à base de piretróide e hexaclorociclohexano (Lindane) são recomendáveis contra ataques de insetos xilófagos.

### **Tendências do Segmento e Perspectivas de Investimento**

Os equipamentos utilizados pela maior parte dos fabricantes brasileiros de aglomerado foram instalados nas décadas de 60 e 70. As prensas mais antigas, monovão e multivão, representam quase 80% da capacidade nominal instalada. Tecnologias baseadas nas prensas contínuas são largamente utilizadas na Europa e nos Estados Unidos. No Brasil, apenas duas empresas operam com prensas contínuas (Fonte: REMADE, 2000).

Os equipamentos de prensa contínua proporcionam vantagens, especialmente no que se refere ao consumo mais baixo de matérias-primas, à necessidade de menor número de funcionários na operação, às menores perdas no processo de lixamento e à maior produtividade. O consumo de energia elétrica também é menor. Além de um menor custo, a linha de prensa contínua permite a fabricação de chapas de aglomerados em várias dimensões e uma melhor qualidade para o produto final (Fonte: REMADE, 2000).

Assim sendo, o custo específico de matérias-primas e de energia elétrica é significativamente diminuído e o custo total de produção reduz-se entre 10% e 15% com a utilização de prensas contínuas vis-à-vis a de prensas monovão/multivão. Uma vez as diferenças de custo e de produtividade são essenciais para a competitividade da indústria nacional, os fabricantes de aglomerados que pretendem permanecer no mercado devem

migrar para a nova tecnologia de produção. Alguns dos novos projetos deverão estar substituindo as linhas que se tornarem não competitivas (Fonte: REMADE, 2000).

### **Requisitos Normativos de Propriedades Físicas e Mecânicas**

A norma ABNT NBR 14810/2002, está dividida em três partes sob o título geral “Chapas de madeira aglomerada”, sendo:

- Parte 1: Terminologia;
- Parte 2: Requisitos;
- Parte 3: Métodos de ensaio.

Esta última, que será utilizada na pesquisa, estabelece os métodos para a obtenção, preparação e acondicionamento de corpos-de-prova de chapas de madeira aglomerada, e para a determinação das propriedades físicas, mecânicas e químicas destes ou de chapas de madeira aglomerada inteiras.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Coleta de Dados**

No Estado do Amazonas não existem indústrias produtoras de painéis aglomerados, e os mesmos são importados dos estados situados no Sul e Sudeste do país. Com isso, após longa busca, foi constatado que são poucas as empresas que comercializam esse tipo de painel em Manaus. Além do mais, os poucos painéis encontrados, são todos do tipo “revestido”, diferentes do painel que foi estabelecido no experimento – o aglomerado convencional. Por isso, devido à falta do principal objeto de estudo, não foi possível realizar os objetivos da pesquisa. No entanto, foi efetivada uma revisão bibliográfica de alguns trabalhos realizados com o mesmo objetivo deste, para a obtenção de resultados que demonstrem a qualidade de painéis de diferentes regiões e com diferentes formas de fabricação e matéria-prima, realizando-se assim, uma comparação dos resultados analisando a melhor qualidade dos painéis. Para tanto utilizou-se de uma pesquisa bibliográfica, que segundo Vergara (2011), é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas”.

### **Avaliação dos trabalhos pesquisados**

Os trabalhos escolhidos para esta pesquisa, foram selecionados de modo que suas propriedades físicas e mecânicas pudessem ser avaliadas de maneira semelhante, onde foi

obtida a média de seus experimentos para tal avaliação. Por isso, os trabalhos elegidos, possuem mesma norma e mesmas dimensões de chapa utilizados:

TRAB.	ARTIGOS E DISSERTAÇÕES	DIMENSÕES DA CHAPA	NORMA UTILIZADA
A	Influência da Massa Específica nas Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis Aglomerados, 2010	50 x 50 x 0,95 cm	ASTM D 1037 (1999)
B	Resistência Mecânica e à Umidade de Painéis Aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões, 2002	50 x 50 x 0,95 cm	ASTM D 1037 (1995)
C	Propriedades Físico-Mecânicas e Resistência a Biodeterioradores de Chapas Aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz, 2009	50 x 50 x 0,95 cm	ASTM D 1037 (1998)
D	Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis Aglomerados de <i>Eucalyptus grandis</i> colados com Ureia-formaldeído e Tanino-formaldeído, 2010	50 x 50 x 0,95cm	ASTM D 1037 (1998)
E	Propriedades Físico-Mecânicas de Chapas Aglomeradas produzidas com Bambu, Pinus e Eucalipto, 2011	50 x 50 x 0,95 cm	ASTM D 1037 (1998)

Quadro 1 - Artigos e Dissertações utilizados nesta pesquisa com dimensões da chapa e norma utilizada, respectivamente.

### Propriedades Físicas

As propriedades físicas avaliadas nos experimentos foram:

- Densidade: Característica representada pelo quociente da relação entre a massa e o volume de um corpo, a determinado teor de umidade.
- Inchamento: Variação percentual de aumento em espessura que um corpo-de-prova de uma chapa de madeira aglomerada apresenta, após ficar imerso pelo tempo de 2 h  $\pm$  3 min e/ou 24 h  $\pm$  3 min em água à temperatura de (20  $\pm$  3) °C.
- Absorção de água: Aumento da massa (em água) que um corpo-de-prova de uma chapa de madeira aglomerada apresenta, após ser imerso em água a (20  $\pm$  3) °C pelo tempo de 2 h  $\pm$  3 min e/ou 24 h  $\pm$  3 min.

### Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas avaliadas nos experimentos foram:

- Resistência à flexão estática: Resistência que um corpo-de-prova de uma chapa de madeira aglomerada, apoiado em seus extremos, oferece quando sujeito a uma força aplicada em seu centro até a sua ruptura.
- Resistência à tração perpendicular: Resistência que um corpo-de-prova de uma chapa de madeira aglomerada oferece, quando este é submetido a uma força de tração

aplicada perpendicularmente à sua superfície, no sentido do comprimento do corpo-de-prova, até a ruptura.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apesar de todos os trabalhos escolhidos utilizarem a norma ASTM D1037, para comparação de resultados desta pesquisa bibliográfica, foi utilizada a norma ABNT NBR 14810/2002 – parte 2: Requisitos, que é uma norma brasileira e trata das mesmas avaliações de experimentos da norma citada.

### PROPRIEDADES FÍSICAS

Propriedades Físicas de cada pesquisa utilizada para a análise deste, segundo a ordem estabelecida no Quadro 1:

PROPRIEDADES FÍSICAS						
TRAB.	MASSA ESPECÍFICA NOMINAL - MEn (kg/m <sup>3</sup> )	MASSA ESPECÍFICA OBSERVADA - MEo (kg/m <sup>3</sup> )	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)		INCHAMENTO EM ESPESSURA (%)	
			2 h	24 h	2 h	24 h
A	700	680	13,97	40,75	9,63	31,76
B	700	700	10,66	61,12	3,91	31,11
C	650	650	15,81	55,76	11,65	36,64
D	650	660	11,56	35,63	7,98	26,30
E	650	640	20,51	72,12	16,07	32,81

Quadro 2 - Valores médios de massa específica nominal e observada (MEn e MEo), de absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE).

Observa-se que, para a massa específica dos ensaios de cada trabalho, os valores encontrados foram relativamente próximos aos preestabelecidos pela massa específica nominal (MEn), que fora de 650 kg/m<sup>3</sup> e 700 kg/m<sup>3</sup>. Os valores médios de densidade ou massa específica observada (MEo) variaram na faixa de 640 a 700 kg/m<sup>3</sup>. Na NBR 14810-2 (ABNT, 2002), a faixa de valor da densidade especificada é de 551 a 750 kg/m<sup>3</sup>. Desta forma, todos os trabalhos estão conformes e dentro do especificado. Segundo Hillig (2000) e Dacosta (2004), essas pequenas variações ocorrem no processo manual de manufatura dos painéis em laboratório, especialmente nas fases de montagem do colchão e/ou na adição de resinas e outros aditivos.

Quanto a absorção de água após 2 horas de imersão, os valores médios variaram na faixa de 10,66% a 20,51% e, para 24 horas de imersão, a variação foi de 35,63% a 72,12%. Na norma citada neste trabalho (NBR 14810-2:2002), não há descrição da especificação desta propriedade. Comparando os valores obtidos deste estudo com os resultados obtidos por Iwakiri et al.(2000) para painéis produzidos com *Eucalyptus maculata* (34,41%), *E.*

*grandis* 41,74%), *E. tereticornis* (24,75%) e mistura destes (21,56%) com 8% de resina uréia-formaldeído e para painéis produzidos em laboratório com espécies de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, que apresentaram valores na faixa de 42,09 a 71,75% (Iwakiri et al., 1996), observa-se que os valores destes pesquisadores estão muito altos e acima dos resultados obtidos nas pesquisas avaliadas.

Os valores médios de inchamento em espessura duas horas e 24 horas variaram respectivamente na faixa de 3,91% a 16,07% e 26,30% a 36,64%. Onde podem ser constatadas diferenças estatísticas significativas entre os trabalhos estudados. Os resultados de inchamento em espessura 24 horas obtidos nesta pesquisa são compatíveis com os valores apresentados na literatura. Iwakiri et al. (1996) encontraram para painéis aglomerados de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, valores médios de 30,50% e 35,09%, respectivamente.

## PROPRIEDADES MECÂNICAS

Propriedades Mecânicas de cada pesquisa utilizada para a análise deste, segundo a ordem estabelecida no Quadro 1:

PROPRIEDADES MECÂNICAS			
TRAB.	LIGAÇÃO INTERNA (MPa)	FLEXÃO ESTÁTICA	
		MOE (MPa)	MOR (MPa)
A	0,31	1.658	16,6
B	0,21	2.633	18,5
C	0,09	696,4	7,7
D	0,20	1.645	16,4
E	0,20	942,8	6,6

Quadro 3 - Comparações entre médias de ligação interna (LI), módulo de elasticidade (MOE) e, módulo de ruptura (MOR).

Para os resultados do módulo de elasticidade (MOE), os valores médios variaram entre 696,4 a 2.633 MPa. Nas normas citadas neste trabalho, não há descrição da especificação desta propriedade. No entanto, a norma de comercialização ANSI 208.1 (ANSI, 1993) considera como valor mínimo requerido para esta variável 1.700 MPa, para painéis de média densidade (0,60 a 0,85 g/cm<sup>3</sup>), tendo os Trabalhos “A e D” se aproximando deste valor e, apenas o Trabalho “B” satisfeito essa exigência.

Para o MOE, Iwakiri et al. (2000), no trabalho utilizando painéis de *Eucalyptus spp.* com massa específica 0,75 g/cm<sup>3</sup>, observaram valores variando de 1.217,89 a 2.305,56 MPa. Pedrazzi et al. (2006), em painéis aglomerados de palitos e serragem da madeira de *Eucalyptus saligna*, com massa específica de 0,65 g/cm<sup>3</sup>, encontraram o MOE variando de 1.015,4 a 1.058,4 MPa, respectivamente para palitos e serragem, valores próximos aos encontrados em alguns trabalhos deste estudo. Haselein (1989) e Hillig (2000) observaram

também que um aumento na densidade do painel resulta em um aumento no MOE. Nesta pesquisa, observa-se que os Trabalhos “A e B”, que possuem maior densidade, apresentaram maior valor de MOE.

Para os resultados do módulo de ruptura (MOR), os valores médios variaram entre 6,6 a 18,5 MPa. Os valores mínimos destes ensaios estão especificados nas normas NBR 14810-2 (ABNT, 2006) e ANSI 208.1 (1993), sendo 16 MPa e 11 MPa, respectivamente. Desta forma, os Trabalhos “C e E” não atenderam os requisitos mínimos das normas.

Os resultados do MOR para os Trabalhos “A, B e D”, podem ser considerados satisfatórios quando comparados aos valores obtidos por Iwakiri et al. (2000), para painéis produzidos de 78 *Eucalyptus saligna* (12,70 MPa), *E. citriodora* (14,05 MPa) e *E. pilularis* (15,20 MPa) e misturas destas espécies (14,63 MPa) com 8% de resina.

Haselein (1989) e Hillig (2000) observaram também que um aumento na densidade do painel resulta em um aumento no MOR. Nesta pesquisa, observa-se que os Trabalhos “A e B”, que possuem maior densidade, apresentaram maior valor de MOR, assim como citado no MOE.

Os valores de resistência a tração perpendicular ou ligação interna (LI) variaram na faixa de 0,09 a 0,31 MPa. Os maiores valores foram verificados nos Trabalho “A e B” e o menor valor foi identificado no Trabalho “C”. O valor mínimo desta propriedade está especificado na NBR 14810-2 (ABNT, 2006) e EN 312-2 (EUROPEAN STANDARD, 2003), sendo 0,35 MPa. Desta forma, considera-se que nenhum dos trabalhos pesquisados estão conformes e dentro do especificado nas normas, sendo que apenas o Trabalho “A” (0,31) se aproximou deste valor.

Para a ligação interna, Iwakiri et al. (2010), em painéis de *Pinus taeda* com massa específica 0,75 g/cm<sup>3</sup> e 8% de UF, encontraram média de 0,58 MPa, valor superior ao do presente estudo. Já, Dacosta (2004), em painéis constituídos por maravalha de *Pinus elliottii* massa específica de 0,60 g/cm<sup>3</sup> com 8% e 12% de uréia formaldeído, observou 0,203 e 0,222 MPa, respectivamente, valores próximos a alguns dos trabalhos observados.

## 6. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa bibliográfica, avaliaram-se as propriedades físicas e mecânicas da fabricação de painéis aglomerados de 5 Trabalhos Científicos, tendo como principal conclusão que os trabalhos estudados tiveram bom desempenho físico-mecânico, atendendo as especificações técnicas estabelecidas pelas normas técnicas.

Pode-se observar que nos trabalhos com painéis com a massa específica nominal de 0,70 g/cm<sup>3</sup>, resultou em incremento significativamente superior na resistência mecânica dos painéis do que os de 65 g/cm<sup>3</sup>. No ensaio de absorção d'água após 2 e 24 horas, o Trabalho "E" feito com painéis de bambu, pinus e eucalipto, apresentou absorção superior aos demais trabalhos avaliados. Para o inchamento em espessura após 2 horas, o Trabalho "E" feito com painéis de bambu, pinus e eucalipto, mais uma vez apresentou maior inchamento que os painéis dos demais trabalhos avaliados. Nos resultados após 24 horas, o Trabalho "C" se destacou dos demais por ter tido maior inchamento; um dos motivos para tal inchamento pode ter sido porque este Trabalho foi realizado com cascas de arroz.

Com relação à flexão estática e ligação interna, os Trabalhos "A e B" apresentaram os melhores valores de resistência mecânica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-1: chapas de madeira aglomerada: parte 1: terminologia. São Paulo, 2006. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-2: chapas de madeira aglomerada: parte 2: requisitos. São Paulo, ABNT 2006. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-3: chapas de madeira aglomerada: parte 3: métodos de ensaio. São Paulo, 2006. 51 p.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI-A-208.1-87. Mat-formed wood particleboard. Gaithersburg: National Particleboards Association, 1993. 9 p.

BERNARDI, R. Dossiê Técnico - Reconstituição de chapas de aglomerado. SENAI-RS Centro Tecnológico do Mobiliário, nov. 2006.

CHIPANSKI, E.R. Proposição para Melhoria do Desempenho Ambiental da Indústria de Aglomerado no Brasil. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. 209 pp. 2006.

DACOSTA, L. P. E. Utilização de resíduos do processamento mecânico da madeira para a fabricação de chapas aglomeradas. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

HASELEIN, C.R., VITAL, B.R., DELLALUCIA, R.M., 1989. Fabricação de chapas de aglomerado com madeiras de eucalipto (*Eucalyptus grandis* (W. Hill ex-Maiden) e de embaúba (*Cecropia* sp). Revista *Árvore* 13(2): 134-145

HILLIG, E., HASELEIN, C.R., SANTINI, E.J., 2004. Estabilidade dimensional de chapas aglomeradas estruturais (flakeboards) fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. *Scientia Forestalis* 65: 80-94.

HILLIG, E. Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de Pinus,

Eucalipto e Acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 68, ago. 2005.

IWAKIRI, S. Painéis de Madeira Reconstituída. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF), Curitiba, 2005.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* (Engelm) e *Eucalyptus dunnii* (Maid). Revista do Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 33-41, 1996.

IWAKIRI, S.; CRUZ, C. R.; OLANDOSKI, D. P.; BRAND, M. A. Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pilularis*. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 251-256, 2000.

KELLY, M.W. *A critical literature review of relationship between processing parameters and physical properties of particleboard.* USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory General Technical Report, Madison, n.10, 1977.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas. BNDES, 2008.

MALONEY, T. M. *Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing.* San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993.

MELO, R.R. Propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeterioradores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, 77 pp, 2009.

MOSLEMI, A.A. *Particleboard.* Carbondale: Southern Illinois Press, v.1. In: MELO, R.R. *et al.* 2010. Influência da Massa Específica nas Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis Aglomerados, 1974.

PEDRAZZI, C. et al., 2006. Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose. *Ciência Florestal* 16(2): 201-212.

PIERRE, F.C. Caracterização físico-mecânica de painéis Aglomerados de *Eucalyptus grandis* com adição de resíduos industriais madeireiros. Tese (Doutor em Ciência Florestal), Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, 122 pp, 2010.

REMADE. Painéis de Madeira Aglomerada (Julho, 2000). Disponível em: <<http://remade.com.br/>>. Acesso em: 11 de janeiro de 2012.

SILVA, J. et al. Produção de chapas de madeira aglomerada. REMADE, 2006. Disponível em: <<http://remade.com.br/>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2012.

VERGARA, Sylvia C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

## 8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Nº	Descrição	Ago 2011	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2012	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
	Revisão de literatura	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Visita as instituições para obtenção do cadastro empresas	R	R	R									
	Aquisição dos painéis				X	x	x						
	Confecção dos corpos de prova							x	x				
	Ensaio físicos								x	x			
	Ensaio mecânicos								x	x			
	Análise e interpretação dos dados								R	R	R		
	Elaboração do Resumo e Relatório Final										R	R	
	Preparação da Apresentação Final para o Congresso											x	X

Legenda:

R: atividades realizadas

X: atividades a fazer