

## MDP com partículas de eucalipto e palha de milho

MDP with particles of eucalyptus and corn straw

Danillo Wisky Silva<sup>1</sup>, Camila Laís Farrapo<sup>2</sup>, Débora Pereira Ribeiro<sup>3</sup>,  
Rafael Farinassi Mendes<sup>4</sup>, Lourival Marin Mendes<sup>5</sup> e José Roberto Soares Scolforo<sup>5</sup>**Resumo**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes teores de partículas de palha de milho sobre as propriedades de painéis MDP (*Medium Density Particleboard*). Para a produção dos painéis foram utilizadas a madeira de *Eucalyptus grandis* e a palha de *Zea mays* L.. Os tratamentos consistiram em diferentes percentagens das partículas de palha de milho em mistura com partículas de *Eucalyptus grandis* na fração do miolo dos painéis (25%, 50%, 75% e 100% de palha de milho), ainda foram produzidos painéis com 100% das partículas de eucalipto (testemunha) e 100% das partículas de palha. Os painéis foram confeccionados com densidade nominal de 700 kg.m<sup>-3</sup>; relação face/miolo/face de 20:60:20; 11% de adesivo uréia-formaldeído para as faces e 7% para o miolo; pressão específica de 3,92 MPa; temperatura de 160 °C e tempo de prensagem de oito minutos. A medida que a percentagem de palha de milho foi adicionada aos painéis, observou-se um aumento da absorção de água e do inchamento em espessura, enquanto que as propriedades mecânicas diminuíram. Não houve diferença estatística entre os tratamentos com 100% de partículas de *Eucalyptus grandis* e 25% de palha de milho no miolo dos painéis MDP para as propriedades físico-mecânicas avaliadas, com exceção do MOR. Novas pesquisas são necessárias, com intuito de viabilizar o uso deste resíduo, avaliando: teor de adesivo, uso de parafina, retirada de extrativos entre outros.

**Palavras-chave:** Painéis, resíduos agrícolas, palha de milho.

**Abstract**

The aim of this study was to evaluate the effect of different levels of corn straw particles on the properties of MDP (*Medium Density Particleboard*). For the production of the panels *Eucalyptus grandis* and straw of *Zea mays* L. were used. The treatments consisted of different percentages of corn straw particles mixed with eucalyptus particles in the core of the panels (25%, 50 %, 75% and 100% of corn straw), panels with 100% *Eucalyptus grandis* particles (control) and 100% straw particles. The panels were made with a nominal density of 700 kg.m<sup>-3</sup>, face / core / face of 20:60:20, 11% urea-formaldehyde adhesive to the face and 7% for the core, specific pressure of 3,92 MPa, temperature of 160 °C and pressing time of eight minutes. As the percentage of corn straw was increased in the panels, there was also an increased water absorption and thickness swelling, while the mechanical properties decreased. There was no statistical difference between treatments with 100% of particles of *Eucalyptus grandis* and 25% of corn straw in the core of the MDP for the evaluated physical and mechanical properties, with the exception of the MOR. Further research is needed, aiming to facilitate the use of this waste by evaluating: adhesive content, paraffin use and extractives and others.

**Keywords:** panels, agriculture residues, corn straw.

**INTRODUÇÃO**

O mercado de painéis reconstituídos está a alguns anos em ascensão, utilizando principalmente madeiras do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, ambas oriundas de reflorestamento. Outras matérias prima

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia de Biomateriais. UFLA – Universidade Federal de Lavras – Departamento de Ciências Florestais – Campus Histórico da UFLA – 37200-000 – Lavras, MG. E-mail: [danielowisky@hotmail.com](mailto:danielowisky@hotmail.com)

<sup>2</sup>Mestrado em Engenharia Florestal. UFLA – Universidade Federal de Lavras -- Caixa Postal, 3037 – Campus Universitário - 37200-000 – Lavras, MG. E-mail: [camila.farrapo@dcf.ufla.br](mailto:camila.farrapo@dcf.ufla.br)

<sup>3</sup>Graduação em Ciências Biológicas Licenciatura. UFLA - Universidade Federal de Lavras -- Caixa Postal, 3037 – Campus Universitário - 37200-000 – Lavras, MG. E-mail: [deboraprbio@gmail.com](mailto:deboraprbio@gmail.com)

<sup>4</sup>Professor Adjunto do Departamento de Engenharia. UFLA - Universidade Federal de Lavras -- Caixa Postal, 3037 – Campus Universitário - 37200-000 – Lavras, MG. E-mail: [rafaelfarinassi@gmail.com](mailto:rafaelfarinassi@gmail.com)

<sup>5</sup>Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais. Universidade Federal de Lavras -- Caixa Postal, 3037 – Campus Universitário - 37200-000 – Lavras, MG. E-mail: [lourival@dcf.ufla.br](mailto:lourival@dcf.ufla.br); [scolforo@dcf.ufla.br](mailto:scolforo@dcf.ufla.br)

como bagaço de cana-de-açúcar, madeira de *Shizolobium amazonicum*, palha de trigo, entre outras vêm sendo utilizadas na produção de painéis particulados, porém em menor escala (CIANNAMEA et al., 2010). No entanto, com o crescimento do setor, torna-se necessário não só a busca por espécies de rápido crescimento, mas também a utilização de materiais fibrosos oriundos dos resíduos agrícolas que possam contribuir para suprir as necessidades das indústrias, bem como contribuir para o desenvolvimento e geração de novos produtos (AKGÜL; CAMLIBEL, 2008; BELINI et al., 2014; FARRAPO et al., 2014).

Muitas pesquisas têm sido feitas nas últimas décadas a fim de investigar o potencial de uma ampla variedade de resíduos agrícolas na produção de painéis reconstituídos, incluindo bambu (ROWEL; NORIMOTO, 1988), palha de trigo (HAN et al., 1998), folhas de palmeira (NEMLI et al., 2001), podas de kiwi (NEMLI et al., 2003), talos de algodão (GULER; OZEN, 2004), talos de girasol (GULER et al., 2006), casca de avelã (COPUR et al., 2007), talos de milho (AKGÜL et al., 2010) pinha (BUYUKSARI et al., 2010), bagaço de cana (MENDES et al., 2010; MENDES et al., 2012), cana-do-reino (ORTUNÕ et al., 2011), casca de coco (FIORELLI et al., 2012), sabugo de milho (SCATOLINO et al., 2013) e bambu como reforço do painel de bagaço de cana (BELINI et al., 2014).

A manufatura de painéis com os mais diversos resíduos agrícolas mostra-se como uma alternativa ecologicamente favorável para o desenvolvimento tecnológico do setor de painéis, com materiais competitivos e de propriedades físicas e mecânicas equiparadas aos produtos tradicionais encontrados no mercado. Além disso, a utilização desses resíduos permite agregar valor e favorece a melhoria social de pequenos produtores agrícolas.

Segundo a FAO (2014), atualmente o milho (*Zea Mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo, com safra prevista em 2014-2015 de 990,3 milhões de toneladas (FIESP, 2014), com área estimada de plantio com cerca de 160 milhões de hectares (ABRAMILHO, 2010). Na mesma proporção da vasta produção, os resíduos são gerados em grande escala. Segundo Sokhansanj et al. (2002), somente os Estados Unidos da América produziram em 2001 cerca de 216 milhões de toneladas dessa biomassa residual que é composta pela palha, sabugo, haste, dentre outros resíduos. No Brasil a produção da safra de 2012/13 ultrapassou os 80 milhões de toneladas com área plantada de 15,8 milhões de hectares (CONAB, 2014).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a viabilidade tecnológica do uso da palha de milho na produção de painéis particulados multicamadas de média densidade em associação com a madeira de *Eucalyptus grandis*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Matéria-prima

As árvores de *Eucalyptus grandis*, com 25 anos de idade e DAP médio de 0,523 metros, foram coletadas no campus da Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras - MG, Brasil. A palha de milho, proveniente de colheita mecânica da cultura do milho, foi coletada na zona rural do município de Três Corações - MG, Brasil.

### Densidade básica dos materiais

Para a determinação da densidade básica da madeira de eucalipto foi utilizada as diretrizes da norma NBR 11941 (ABNT, 2003). Já no cálculo da densidade básica das partículas da palha de milho foi utilizada a norma supracitada com algumas adaptações na aferição do volume (deslocamento da água após adição das partículas da palha de milho já saturadas, com auxílio de uma proveta graduada).

### Processamento e obtenção das partículas lignocelulósicas

No processamento da madeira de eucalipto as toras foram seccionadas em toretes de 55 cm de comprimento, que, posteriormente, foram cozidos em um tanque, por 24 horas, em temperatura de 60°C. Em seguida os toretes foram laminados (2 mm de espessura) em um torno laminador. Para a obtenção das partículas as lâminas de eucalipto e a palha de milho foram processadas em um moinho do tipo martelo com peneira de 2 mm de abertura.

Após esta etapa os materiais particulados foram peneirados, por meio de um conjunto com três peneiras sobrepostas, cujas aberturas eram de 1,410 mm (superior), 0,595 mm (intermediária) e 0,250 mm (inferior), com intuito de retirar as partículas grosseiras, os finos e uniformizar o tamanho das partículas. Assim as partículas retiradas da peneira intermediária foram utilizadas no miolo dos painéis (dimensão média de 1,003 mm), enquanto as partículas retiradas da peneira inferior foram utilizadas nas faces dos painéis (dimensão média de 0,423 mm).

De posse das partículas, essas foram secas a 70 °C, até que atingissem uma umidade próxima de 5% (base massa seca das partículas).

### Produção dos painéis

Foram produzidos três painéis (repetições) por tratamento, com um total de seis tratamentos, os mesmos estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Plano experimental.

**Table 1.** Experimental design.

| Tratamento | % de palha de milho  |
|------------|----------------------|
| T1         | 0%                   |
| T2         | 25% miolo (25% M)    |
| T3         | 50% miolo (50% M)    |
| T4         | 75% miolo (75% M)    |
| T5         | 100% miolo (100% M)  |
| T6         | 100% painel (100% P) |

Os painéis produzidos foram do tipo MDP, com densidade nominal de 700 kg.m<sup>-3</sup>, e com uma distribuição percentual das partículas de 20/60/20 (face/miolo/face). A aplicação do adesivo nas partículas do miolo e das faces de cada painel foi realizada de forma separada. O adesivo utilizado foi a base de uréia-formaldeído (teor de sólidos 57%, viscosidade de 261,4 cP e pH de 9,5), sendo utilizados 11% de adesivo nas faces e 7% de adesivo no miolo.

Após a determinação da massa das partículas que compuseram cada camada de cada painel, as mesmas foram levadas a uma encoladeira (tipo tambor rotativo) para a aplicação do adesivo por meio do processo de aspersão. A massa de cada camada gerada após a aplicação do adesivo e determinação em balança foi levada a uma caixa formadora de colchão, onde foram distribuídas as camadas, uma a uma (face/miolo/face). O colchão foi pré-prensado em prensa manual a temperatura ambiente, a uma pressão de 0,4 MPa. Posteriormente, estes foram levados a prensagem a quente, com 160°C de temperatura, pressão de 3,94 MPa, por oito minutos.

Os painéis foram esfriados em temperatura ambiente, posteriormente foram esquadrejados em serra circular para a obtenção das dimensões finais de 450 x 450 x 15 mm (comprimento, largura e espessura, respectivamente). Após o esquadrejamento os painéis foram climatizados em uma sala com temperatura de 22±2°C e umidade relativa de 65±5%. A retirada dos corpos de prova foi realizada com o emprego de uma serra circular.

### Caracterização dos painéis produzidos e análise dos resultados

A razão de compactação de cada painel MDP foi calculada através da razão da densidade básica da matéria prima utilizada (variou de acordo com o tratamento, devido às diferentes porcentagens de palha) pela densidade aparente do painel.

Para a avaliação das propriedades absorção de água após 2 e 24 h de imersão (AA2h e AA24h), inchamento em espessura após 2 e 24 h de imersão (IE2h e IE24h) e ligação interna foi empregada a norma D 1037 - ASTM (2006) e para as propriedades módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) à flexão estática foi empregada a norma DIN 52362 NHSS (1982). A densidade aparente dos painéis foi determinada com a média da densidade de cada um dos corpos de prova utilizados na avaliação das propriedades físicas e mecânicas.

A análise dos resultados foi feita por meio de um delineamento inteiramente casualizado. Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre as propriedades físico-mecânicas dos painéis, os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de média Scott-Knott, ambos a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades físicas dos painéis

#### Densidade básica, densidade aparente e razão de compactação

Os valores médios da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* e da palha de milho foram de  $503 \pm 79$  e  $167 \pm 8$   $\text{kg.m}^{-3}$ , respectivamente.

Os valores médios para densidade aparente e razão de compactação dos painéis MDP referentes a cada tratamento estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Densidade aparente média e razão de compactação dos painéis MDP.

**Table 2.** Apparent density and compaction ratio of the MDP panels.

| % de partículas de palha | Densidade aparente ( $\text{kg.m}^{-3}$ ) | Razão de compactação    |
|--------------------------|---|-------------------------|
| 0%                       | 674 ( $\pm 28$ )* a                       | 1,340 ( $\pm 0,057$ ) a |
| 25% Miolo                | 686 ( $\pm 12$ ) a                        | 1,515 ( $\pm 0,026$ ) a |
| 50% Miolo                | 682 ( $\pm 45$ ) a                        | 1,696 ( $\pm 0,114$ ) b |
| 75% Miolo                | 704 ( $\pm 4$ ) a                         | 1,999 ( $\pm 0,013$ ) c |
| 100% Miolo               | 661 ( $\pm 15$ ) a                        | 2,194 ( $\pm 0,048$ ) d |
| 100% Pannel              | 684 ( $\pm 38$ ) a                        | 4,096 ( $\pm 0,228$ ) e |

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. \*Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

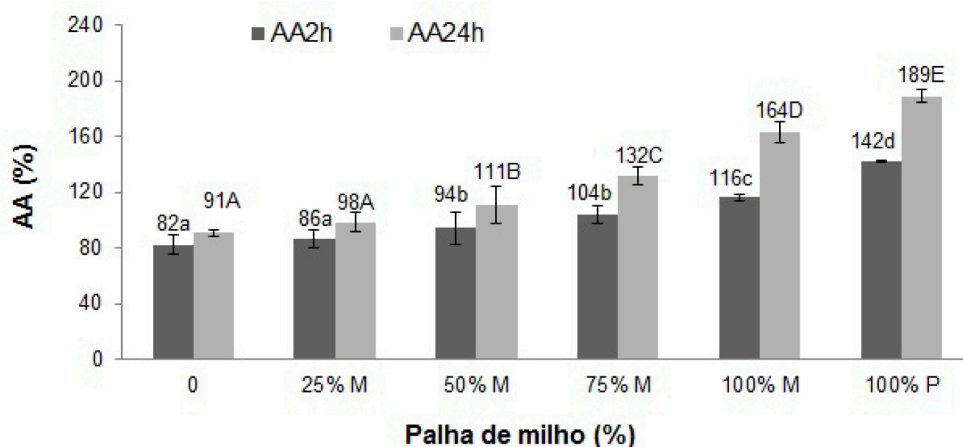
Não houve diferença estatística entre as densidades aparentes médias obtidas para os diferentes tratamentos. A densidade aparente dos painéis variaram entre  $661$  à  $704$   $\text{kg.m}^{-3}$ , sendo todos os painéis classificados como de média densidade, que corresponde aos painéis com densidade aparente entre  $550$  à  $750$   $\text{kg.m}^{-3}$  (ABNT, 2008).

Houve diferença significativa entre a razão de compactação dos diferentes tratamentos em estudo, sendo observada uma tendência crescente, na medida em que se aumentaram as percentagens de palha de milho nos painéis MDP, devido a baixa densidade da palha de milho ( $167 \pm 8$   $\text{kg.m}^{-3}$ ). Não houve diferença estatística apenas entre os tratamentos com 0 e 25% de palha de milho.

Apenas os tratamentos com 0% e 25% de palha de milho no miolo ficaram dentro da faixa (1,3 a 1,6) considerada como ideal por Maloney (1993), mas é importante salientar que estas diretrizes são para painéis de madeira, sendo assim, esta classificação serve apenas como uma base norteadora para este estudo.

### Absorção de água e inchamento em espessura

Os valores médios observados para absorção de água após 2 e 24 horas de imersão em água (AA2h e AA24h), bem como o resultado do teste de Scott-Knott, estão apresentados na Figura 1.



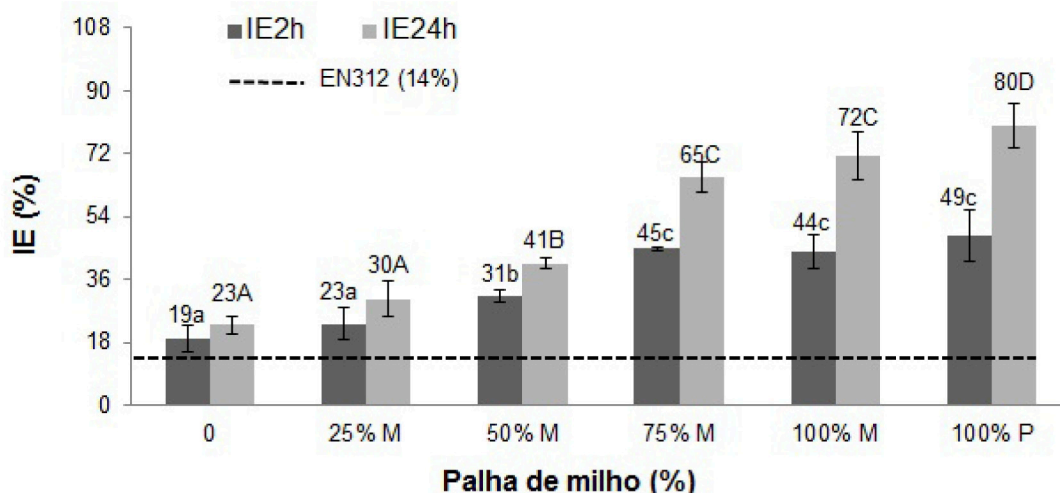
\*As letras minúsculas comparam os valores da AA2h e as maiúsculas a AA24h. Médias seguidas das mesmas letras não diferenciam entre si estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de significância.

**Figura 1.** Valores médios de absorção de água dos painéis MDP com palha de milho.

**Figure 1.** Mean values of water absorption of MDP panels with corn straw.

Houve diferença significativa entre os tratamentos para a propriedade absorção de água após 2 e 24 horas de imersão em água. Um acréscimo dos valores de absorção de água foi observado à medida que ocorreu o aumento da percentagem de partículas de palha nos painéis, porém os painéis com 25% de palha de milho não obtiveram diferença estatística com os painéis com 100% de partículas de *Eucalyptus grandis*.

Na Figura 2 estão apresentados os valores médios de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água (IE2h e IE24h), o resultado do teste de Skott-Knott e o valor máximo de IE24h para painéis MDP de uso geral em condições úmidas, segundo a norma EN 312 (ECS, 2003).



\* As letras minúsculas comparam os valores da IE2h e as maiúsculas os valores de IE24h. Médias seguidas das mesmas letras não diferenciam entre si estatisticamente pelo teste de Skott-Knott, a 5% de significância.

**Figura 2.** Valores médios de inchamento em espessura dos painéis MDP com palha de milho.  
**Figure 2.** Mean values of thickness swelling of MDP panels with corn straw.

Houve diferença significativa entre os tratamentos para a propriedade inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água. Foi observada uma tendência crescente de inchamento em espessura à medida que se acrescentava palha de milho nos painéis MDP. Observa-se ainda que os painéis com 25% de palha de milho no miolo não diferiram estatisticamente dos painéis com 100% de partículas de eucalipto (testemunha).

De modo geral, o acréscimo das partículas de palha nos painéis prejudicou as propriedades físicas. Este resultado pode ser explicado pelo gradativo aumento da razão de compactação (Tabela 2), promovendo a diminuição da quantidade de adesivo por unidade de área das partículas. Usualmente painéis com maiores razões de compactação resultam em valores maiores de absorção de água e inchamento em espessura ambos após 24 horas de imersão em água, prejudicando a estabilidade dimensional dos painéis (IWAKIRI, et al., 2004).

Melo et al., (2009) avaliando diferentes percentagens (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) de partículas de casca de arroz em associação com partículas de *Eucalyptus grandis* em aglomerados convencionais com 8% de adesivo uréia-formaldeído e 1% de emulsão de parafina, também observaram que na medida em que se acrescentava maiores percentagens de casca de arroz, a estabilidade dimensional dos painéis era gradativamente prejudicada.

Outro fator que pode ter afetado as propriedades físicas dos painéis foi a composição química do material utilizado. Kaliyan e Morey (2010), avaliando a composição química da palha de milho, observaram teores de lignina e extrativos de 7,9 e 26,2%, respectivamente. Silva et al. (2005) obtiveram o teor de 4,08 para os extrativos e 27,95% para lignina quando avaliado a madeira de *Eucalyptus grandis*. Observa-se, pelos dados obtidos em literatura, que em média, a palha de milho apresenta menor quantidade de lignina e maior quantidade de extrativos. Essas variações podem interferir na cura do adesivo (aumento dos extrativos), bem como, na estabilidade dimensional dos painéis (menor quantidade de lignina). Scatolino et al. (2013), estudando painéis aglomerados produzidos com sabugo de milho em associação com *Pinus oocarpa*, encontraram valores de AA2h e AA24h que variaram de 40 a 65% e de 70 a 105%, respectivamente. Para a propriedade de inchamento em

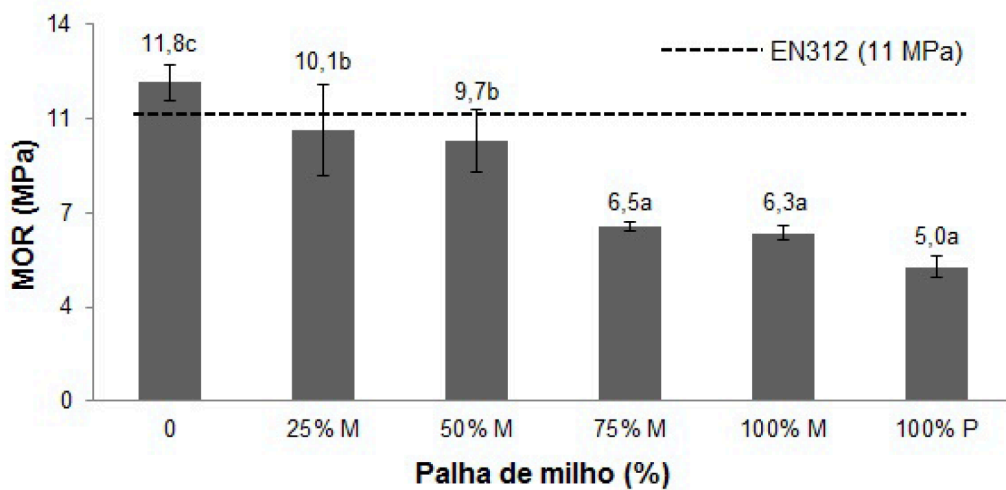
espessura, os mesmos autores encontraram valores que variaram de 18,6 a 29,4% após duas horas de imersão e de 30 a 45% após 24 horas.

Da Cunha et al. (2014) observaram para os painéis aglomerados produzidos apenas com partículas de *Eucalyptus grandis* valores médios de AA2h e AA24h de 10,18 e 27,55%, respectivamente. Já para o inchamento em espessura, os mesmo autores encontraram o valor médio de 6,48% após duas horas e 16,45% após 24 horas de imersão em água.

Segundo a norma EN 312 (ECS, 2003), painéis MDP de uso geral em condições úmidas podem ter um IE24h máximo de 14%, nenhum tratamento deste estudo atendeu este requisito, dessa forma o uso desses painéis fica restrito à ambientes internos (incluindo mobiliários). É importante ressaltar que não foi utilizado nenhum tipo de cera ou parafina para amenizar o caráter hidrofílico dos materiais lignocelulósicos, sendo possível realizar novas pesquisas buscando melhorias no processo produtivo.

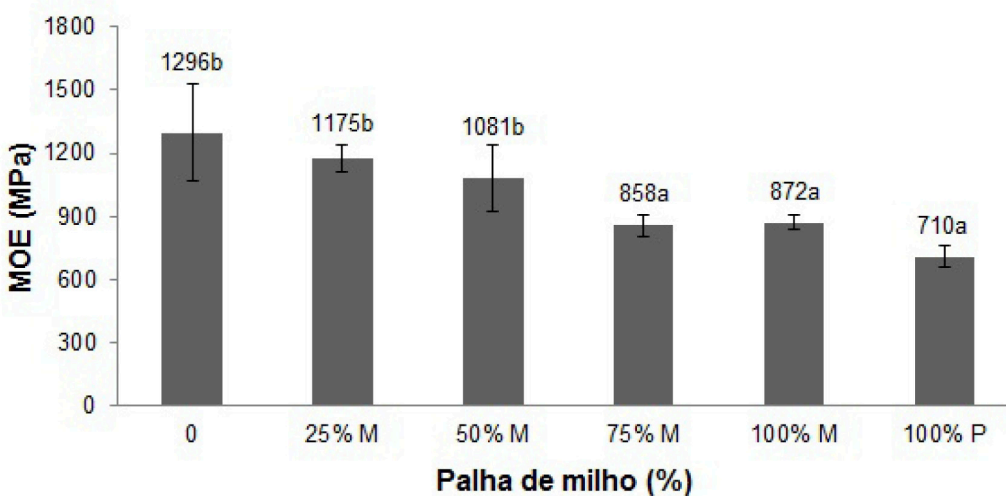
### Propriedades mecânicas

Os valores médios encontrados para o módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) à flexão estática e ligação interna (LI), o teste de Scott-Knott a 5% de significância, bem como o mínimo de resistência exigido em painéis de uso interno em ambiente seco pela norma EN 312 (ECS, 2003) estão apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.



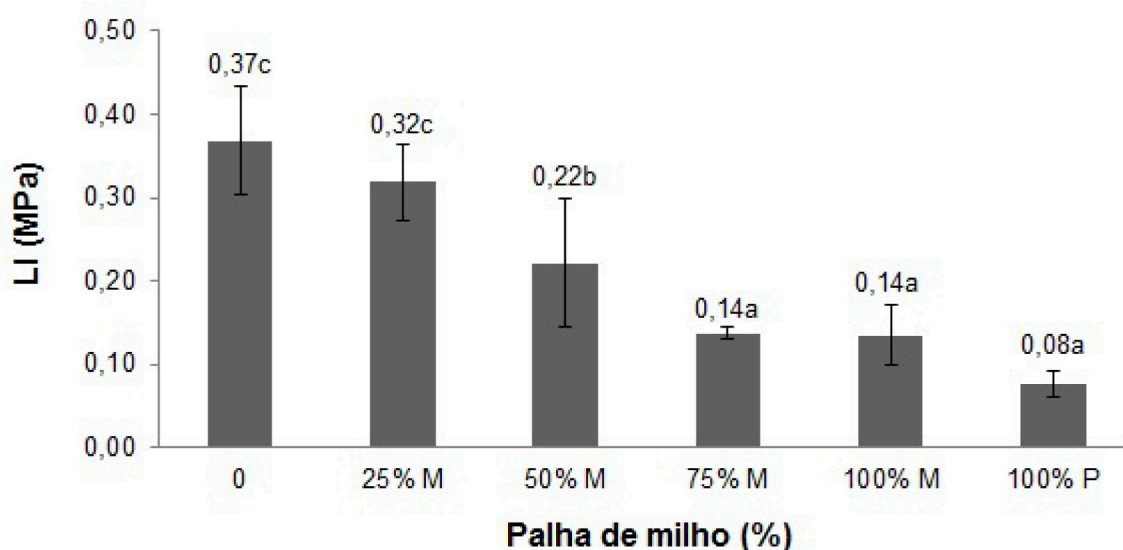
\*Médias seguidas da mesma letra não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott, a 5% de significância.

**Figura 3.** Valores médios de MOR à flexão estática dos painéis MDP com palha de milho.  
**Figure 3.** Mean values of MOR bending of MDP panels with corn straw.



\*Médias seguidas da mesma letra não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott, a 5% de significância.

**Figura 4.** Valores médios de MOE à flexão estática dos painéis MDP com palha de milho.  
**Figure 4.** Mean values of MOE bending of MDP panels with corn straw.



\*Médias seguidas da mesma letra não diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott, a 5% de significância.

**Figura 5.** Valores médios de ligação interna dos painéis MDP com palha de milho.  
**Figure 5.** Mean values of internal bond of MDP panels with corn straw.

Houve diferença estatística entre os tratamentos para as propriedades mecânicas avaliadas (MOR, MOE e LI), sendo observada uma tendência de decréscimo na medida em que se aumentaram as porcentagens de palha de milho na composição dos painéis MDP. No entanto, é importante salientar que não houve diferença entre os tratamentos com 25% de palha no miolo e com 100% de partículas de eucalipto para as propriedades MOE e Ligação interna.

A tendência de decréscimo dos valores médios ocorreu em parte pelo aumento da razão de compactação (Tabela 2), em consequência da baixa densidade da palha de milho ( $167 \text{ kg.m}^{-3}$ ), diminuindo gradativamente a quantidade de adesivo por partícula, em virtude do maior volume.

A baixa quantidade de lignina (entre 3,1 a 8,8%) presente na palha de milho quando comparada a madeira de eucalipto (MANI et al, 2006; KALIYAN; MOREY, 2010) também contribuí com a baixa resistência mecânica dos MDP, devido as suas características intrínsecas de aumentar a rigidez da parede celular e contribuir na consolidação das partículas em função de funcionar como um adesivo natural.

Os resultados observados por Scatolino et al. (2013) avaliando diferentes porcentagens de sabugo de milho em associação com madeira de *Pinus oocarpa* (0; 25; 50; 75 e 100%) em painéis aglomerados consolidados com 8% de uréia-formaldeído corroboram com a tendência decrescente observada neste estudo para MOR (8 a 2 MPa), MOE (1190 a 270 MPa) e LI (1,13 a 0,23 MPa), os autores ainda justificam a tendência decrescente observada, pela baixa densidade básica do resíduo, prejudicando assim a razão de compactação dos painéis.

Melo et al. (2009) estudando a associação de casca de arroz com madeira de *Eucalyptus grandis* (0; 20; 40; 60; 80 e 100%) em painéis aglomerados com 8% de uréia-formaldeído também observaram uma tendência decrescente para as propriedades MOR (14 a 4 MPa), MOE (1300 a 180 MPa) e LI (0,21 a 0,04 MPa) na medida em que se aumentava a porcentagem de palha de arroz.

Quanto ao uso da palha de milho na produção de painéis do tipo MDP, os resultados observados não satisfazem as exigências mínimas (MOR > 11,0 MPa) para MDP de uso interno em condições secas, segundo a norma EN312 (ECS, 2003), sendo necessário novos estudos que adéquem o processo produtivo à biomassa residual em estudo.

## CONCLUSÕES

O acréscimo de palha de milho nos painéis MDP piorou as propriedades físicas e mecânicas avaliadas. Apenas os painéis produzidos com 100% de partículas de *Eucalyptus grandis* foram condizentes com os requisitos exigidos pela norma europeia EN 312 (ECS, 2003) para painéis MDP de uso interno em condições secas.

Não foi observada diferença estatística entre os painéis com 0% e 25% de palha de milho para as propriedades: absorção de água, inchamento em espessura, ligação interna e para o módulo de elasticidade.

Diante dos resultados observados, novos estudos são necessários, com intuito de adequar o processo produtivo, buscando viabilizar o uso deste resíduo na produção de painéis MDP.

## AGRADECIMENTOS

A SI Group Crios Resinas S.A pela doação do adesivo e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Rede Brasileira de Pesquisa em Compósitos e Nanocompósitos Lignocelulósicos (RELIGAR) e ao programa de pós-graduação em Engenharia de Biomateriais da Universidade Federal de Lavras – UFLA pelo apoio técnico, didático e financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003a. 6 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810 9**: Chapas de madeira aglomerada. Rio de Janeiro, 2008.

ABRAMILHO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MILHO, 2010. Disponível em: < <http://www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=975/> >. Acesso em: dez. 2014.

AKGÜL, M.; ÇAMLIBEL, O. Manufacture of medium density fibreboard (MDF) panels from rhododendron (*R. ponticum* L.) biomass. **Building and Environment**, v. 43, p. 438-443, 2008.

AKGÜL, M.; GULER, C.; ÇOPUR, Y. Certain physical and mechanical properties of medium density fiberboards manufactured from blends of corn (*Zea mays* indurata Sturt.) stalks and pine (*Pinus nigra*) wood. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 34, n. 3, p. 197-206, 2010.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 1037**: standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philadelphia, 2006.

BELINI, U. L.; SAVASTANO JR., H.; BARRERO, N. G.; SARTORI, D.; LEITE, M. K.; FIORELLI, J.; TOMAZELLO FILHO, M. Painel multicamada com reforço de partículas de bambu. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 421-427, 2014.

BUYUKSARI, U.; AYRILMIS, N.; AVCI, E.; KOC, E. Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (*Pinus pinea* L.) cones. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n. 1, p. 255-259, 2010.

CIANNAMEA, E. M.; STEFANI, P. M.; RUSECKAITE, R. A. Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesives. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n. 2, p. 810-825, 2010.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 1, n. 1, p. 1-72, 2014.

COPUR, Y.; GULER, C.; AKGUL, M.; TASCIOGLU, C. Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. **Building and Environment**, Oxford, v. 42, n. 7, p. 2568-2572, 2007.



DA CUNHA, A. B.; LONGO, B. L.; RODRIGUES, A. A.; BREHMER, D. R. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 259-267, 2014.

ECS - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 312: Particleboard - Specifications. Bruxelas. 2003.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT, 2013. Disponível em: < [a href="http://faostat.fao.org/default.aspx" target="\_blank">http://faostat.fao.org/default.aspx >. Acesso em: set. 2014.

FARRAPO, C. L.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JR., J. B. Utilização de *Pterocarpus violaceus* na produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 329–335, 2014.

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014. Disponível em: < <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: dez. 2014.

FIORELLI, J.; CURTOLO, D. D.; GARZON, N. B.; JOHNSON, R.; SAVASTANO JR., H. Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product. **Industrial Crops and Products**, v. 40, p. 69-75, 2012.

GULER, C.; BEKTAS, I.; KALAYCIOGLU, H. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.). **Forest Products Journal**, Madison, v. 56, n. 4, p. 56-60, 2006.

GULER, C.; OZEN, R. Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). **Holz Als Roh-Und Werkstoff**, Berlin, v. 62, p. 40-43, 2004.

HAN, G.; ZHANG, C.; ZHANG, D.; UMERRA, D.; KAWAI, S. Upgrading of urea formaldehyde-bonded reed and wheat straw particleboard using silane coupling agents. **Journal of Wood Science**, Amsterdam, v. 44, n. 4, p. 282-286, 1998.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHINGHER, C. A.; VENSON, I. L. C. Particleboard manufacturing from *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 883-887, 2004.

KALIYAN, N.; MOREY, R. V. Natural binders and solid bridge type binding mechanisms in briquettes and pellets made from corn stover and switchgrass. **Bioresource technology**, Essex, v. 101, p. 1082-1090, 2010.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Ed. Miller Freeman, 1993, v. 2.

MANI, S.; TABIL, L. G.; SOKHANSANJ, S. Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 30, n. 7, p. 648–654, 2006.

MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELIN, C. R.; STANGERLIN, D. M. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 449-460, out./dez. 2009.

MENDES, R. F.; [MENDES, L. M.](#); [GUIMARÃES JR., J. B.](#); [SANTOS, R. C.](#); [CÉSAR, A. A. S.](#) Efeito da associação de bagaço de cana, tipo e teor de adesivo na produção de painéis aglomerados com madeira de pinus. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 187-196, 2012.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JR., J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, 2010.

NEMLI, G.; KALAYCIOGLU, H.; ALP, A. Suitability of date palm (*Phoenix dactylifera*) branches for particleboard production, *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, Berlin, v. 59, p. 411-412, 2001.

NEMLI, G.; KIRCI, H.; SERDAR, B.; AY, N. Suitability of kiwi (*Actinidia siensis* Planch) prunings for particleboard production, *Industrial Crops and Products*, v. 17, n. 1, p. 39-46, 2003.

NHSS - NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. DIN 52362: Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength. Berlin, 1982. 40 p.

ORTUNÕ, T. G.; RODRÍGUES, J. A.; GARCÍA, M. T. F.; VILLENA, M. E.; GARCÍA, C. E. F. Evaluation of the physical end mechanical properties of particleboard made from giant reed (*Arundo donax* L.). *BioResources*, Raleigh, v. 6, n. 1, p. 477-486, 2011.

ROWELL, R. M.; NORIMOTO, M. Dimensional stability of bamboo particleboards made from acetylated particles, *Mokuzai Gakkaishi*. v. 34, n. 7, p. 627-629, 1988.

SCATOLINO, M. V.; SILVA, D. W.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M. Maize cob utilization in particleboards production. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 37, n. 4, 2013.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005.

SOKHANSANJ, S.; TURHOLLOW, A.; CUSHMAN, J.; CUNDIFF, J. Engineering aspects of collecting corn stover for bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 23, n. 5, p. 347-355, 2002.

Recebido em 18/12/2014

Aceito para publicação em 22/05/2015