

## Resistência de Painéis Aglomerados de *Acacia mangium* Willd. Colados com Ureia-formaldeído e Taninos a Organismos Xilófagos

Fabricio Gomes Gonçalves<sup>1</sup>, Victor Fassina Brocco<sup>1</sup>, Juarez Benigno Paes<sup>1</sup>,  
Pedro Licio Loiola<sup>2</sup>, Roberto Carlos Costa Lelis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Jerônimo Monteiro/ES, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica/RJ, Brasil

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a resistência de aglomerados confeccionados com madeira de *Acacia mangium* Willd. colada com adesivo à base de ureia-formaldeído e taninos a organismos xilófagos. Os painéis foram produzidos com 40 × 40 × 1,27 cm (largura × comprimento × espessura); ao adesivo, foram adicionados 10, 20 e 30% de taninos, sendo empregadas quatro razões de compactação (1,39; 1,55; 1,73 e 2,00). Nos ensaios com fungos e térmitas, utilizaram-se amostras de 2,50 × 2,50 × 1,27 cm (largura × comprimento × espessura). Empregaram-se os fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* (12 semanas de ensaio) e o térmita *Nasutitermes* sp. (45 dias de ensaio). Para o *Gloeophyllum trabeum*, os painéis com maior proporção de taninos e razão de compactação foram mais eficientes. Para o *Trametes versicolor*, não houve diferença entre os adesivos e razões de compactação utilizados. O *Gloeophyllum* causou maior perda de massa que o *Trametes*. Os térmitas consumiram completamente as amostras.

**Palavras-chave:** painéis reconstituídos, biodeterioração, fungos apodrecedores, térmita subterrâneo.

## Resistance of *Acacia mangium* Willd. Wood Particleboards Bonded with Urea-formaldehyde and Tannins to Wood-destroying Organisms

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the resistance of particleboards made of *Acacia mangium* Willd. wood, bonded with urea-formaldehyde and tannins as adhesive, against xylophagous organisms. Panels of 40 × 40 × 1.27 cm (width x length x thickness) were produced; 10, 20 and 30% of tannins were added to the adhesive; four compaction ratios (1.39; 1.55; 1.73 and 2.00) were employed. Samples of 2.50 × 2.50 × 1.27 cm (width x length x thickness) were used in the tests with fungi and termites. *Gloeophyllum trabeum* and *Trametes versicolor* (12 weeks) fungi and *Nasutitermes* sp. (45 days) termites were employed in the tests. Panels with the highest compaction ratio and proportion of tannins provided the most effective resistance to *Gloeophyllum trabeum*. No difference between the adhesives and compaction ratios was observed for *Trametes versicolor*. *Gloeophyllum trabeum* caused greater mass loss than *Trametes versicolor*. The samples were completely consumed by the termites.

**Keywords:** particleboard, biodeterioration, decay fungi, subterranean termite.

## 1. INTRODUÇÃO

Os painéis de partículas de madeira surgiram na Alemanha, durante a Segunda Guerra Mundial, como forma de utilizar resíduos de madeira, por causa da dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para produção de madeira compensada (Iwakiri, 2005; Trianoski, 2010).

As vantagens deste tipo de painel é a eliminação dos efeitos da anisotropia da madeira e dos fatores redutores de resistência, como nós, madeira juvenil e inclinação de grã (Moslemi, 1974; Maloney, 1993; Trianoski, 2010), além da adequação das propriedades físico-mecânicas dos painéis pelo controle dos parâmetros de processo, como resina, geometria das partículas e grau de densificação (Dacosta, 2004).

A indústria de painéis de madeira é de grande importância para a economia brasileira, sobretudo pela dinâmica de novas tecnologias associada à geração de renda e emprego nos setores moveleiro e da construção civil (Vieira et al., 2012).

O crescimento da indústria moveleira, tanto nacional como internacional, impulsionou o surgimento das indústrias de chapas, nas quais se utilizam predominantemente madeiras de reflorestamentos, sendo as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* as mais empregadas.

Para atender à demanda de matéria-prima, torna-se necessário não somente ampliar as áreas de plantio, mas também buscar outras espécies de rápido crescimento e a utilização de adesivos alternativos para a fabricação dos painéis (Lima et al., 2006; Ndazi et al., 2006; Pauleski et al., 2007; Melo, 2009).

Em painéis particulados, são empregados diferentes tipos de adesivos em função do destino final do produto, da qualidade desejável das chapas de partículas e dos custos de produção. Estes adesivos podem ser de origem animal, sintéticos termorrígidos e sintéticos termoplásticos. Na classe dos sintéticos termorrígidos, os adesivos à base de ureia-formaldeído, conforme mencionado por Tostes et al. (2004) e Melo et al., (2010), são empregados em 90% de todos os painéis aglomerados produzidos no mundo.

Em contrapartida, a crescente conscientização ambiental e a consequente busca por matérias

renováveis vêm paulatinamente impulsionando também a utilização de adesivos à base de taninos vegetais, encontrados basicamente na madeira (cerne) e na casca de algumas espécies arbóreas. De acordo com Dunky & Pizzi (2002), os adesivos de taninos já são utilizados industrialmente em alguns países, como: África do Sul, Austrália, Zimbábue, Chile, Argentina, Brasil e Nova Zelândia. Mesmo assim, uma das principais propriedades referentes à qualidade dos painéis à base de materiais lignocelulósicos é a sua susceptibilidade em serem atacados por organismos xilófagos (Melo et al., 2010).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a resistência de aglomerados confeccionados com madeira de acácia colada com adesivo à base de ureia-formaldeído e diferentes proporções de taninos a organismos xilófagos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Obtenção e preparo do material

Para a confecção dos painéis aglomerados, foi utilizada madeira de dez árvores de *Acacia mangium* Willd. proveniente de cultivo consorciado com 50% do híbrido *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*, localizado no município de Santa Bárbara-MG, coordenadas 43°21'19" W e 20°02'19" S, pertencente à Empresa Celulose Nipo Brasileira S.A., CENIBRA, estando o plantio com cerca de 50 meses de idade.

As árvores foram seccionadas em toretes e foram retiradas as cascas; os toretes foram transformados em discos de aproximadamente 5,0 cm de espessura e então fracionados em partículas. As partículas, após secas ao ar e atingir um teor de umidade de ±15%, foram quebradas em moinho de martelo com peneira de 9,35 mm.

### 2.2. Adesivos empregados e manufatura dos painéis

Para a manufatura dos painéis, foram utilizadas as partículas que passaram pela peneira de 4,0 mm e que ficaram retidas na de 0,60 mm. O material foi seco em estufa de circulação forçada a 65°C até

teor de umidade pré-determinado de 5%, sendo as partículas armazenadas em sacos plásticos hermeticamente fechados.

O adesivo utilizado foi a ureia-formaldeído (MDP1021, diluído a 10%), com teor de sólidos de 64%, pH de 8,5, viscosidade de 371,86 cP e densidade de 1,23 g.cm<sup>-3</sup>. A proporção de adesivo utilizada na confecção dos painéis foi de 10% em relação à massa seca das partículas. Empregou-se o sulfato de amônia (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 24%, em proporção de 2% em relação à massa total de sólidos, como catalisador. O tanino utilizado foi em forma de pó, comercializado com o nome de Phenothan AP com 12% de umidade, nas proporções de 10, 20 e 30% para a massa de adesivo.

Os painéis foram produzidos com quatro razões de compactação. Os valores médios obtidos para a densidade aparente (umidade de 10%) dos painéis produzidos foram 0,47, 0,53, 0,58 e 0,68 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente, para cada razão de compactação 1,39, 1,55, 1,73 e 2,00. A razão de compactação foi obtida ao dividir a densidade do painel pela densidade das partículas que lhe deram origem (0,34 g.cm<sup>-3</sup>), gerando painéis de quatro densidades diferentes. Na Tabela 1, constam as formulações dos adesivos e as razões de compactação utilizadas na confecção dos painéis.

Após a quantificação do material necessário (adesivo e partículas) a ser aplicado para cada

tratamento, as partículas foram dispostas no interior de uma encoladeira. A aspersão do adesivo ocorreu por meio de uma pistola pneumática acoplada ao tambor. O tanino foi aplicado na forma de pó diretamente sobre as partículas nas quais a ureia-formaldeído já havia sido aplicada; foram definidos cinco giros do tambor para envolvimento do tanino à ureia, conforme descrito por Gonçalves (2012). As partículas encoladas foram pré-prensadas com auxílio de uma fôrma de madeira, com dimensões de 40 × 40 × 40 cm, para a acomodação do colchão.

Os painéis foram produzidos no Laboratório de Painéis de Madeira da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com dimensões de 40 × 40 × 1,27 cm (comprimento × largura × espessura), em uma prensa hidráulica de pratos planos e horizontais com aquecimento elétrico. Os parâmetros de prensagem foram tempo de 8 minutos à temperatura de 140°C e pressão de 3,92 MPa. Para cada tratamento, foram produzidos quatro painéis.

Após a prensagem, os painéis foram mantidos em sala climatizada com umidade relativa de 65 ± 5% e temperatura de 20 ± 3°C, até atingirem o equilíbrio. Retiraram-se aproximadamente 4 cm da borda das chapas, e os corpos de prova foram confeccionados visando à realização dos ensaios.

**Tabela 1.** Composição dos adesivos e a razão de compactação utilizadas na confecção dos painéis.

**Table 1.** Composition of adhesives and the compaction ratio employed on panel confection.

Adesivo	Composição (%)		Razão de Compactação	Densidade Aparente (g.cm <sup>-3</sup> )
	Ureia-Formaldeído	Taninos		
1	100	0	1,39	0,47
2	90	10		
3	80	20		
4	70	30		
1	100	0	1,55	0,53
2	90	10		
3	80	20		
4	70	30		
1	100	0	1,73	0,58
2	90	10		
3	80	20		
4	70	30		
1	100	0	2,00	0,68
2	90	10		
3	80	20		
4	70	30		

### 2.3. Ensaio de resistência a fungos apodrecedores

O ensaio de resistência a fungos apodrecedores foi conduzido no Laboratório de Biodeterioração e Proteção da Madeira, localizado no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro-ES.

Para a realização do ensaio, foram selecionadas, aleatoriamente, seis amostras para cada combinação de adesivo e razão de compactação, com dimensões de 2,5 × 2,5 × 1,27 cm (comprimento × largura × espessura). As amostras foram secas em estufa a 50°C até atingirem massa constante.

O ensaio foi montado em frascos de 600 mL, preenchidos com 300 g de solo de pH 5,7 e capacidade de retenção de água de 33,89%, conforme recomendado pela *American Society for Testing and Materials* - ASTM D - 1413 (2005a). O solo de cada frasco foi umedecido, conforme capacidade de retenção de água, sendo adicionados, por frasco, dois alimentadores de madeira de *Pinus* sp. Os frascos foram esterilizados a 121 ± 2°C, por 30 minutos.

Depois do resfriamento dos frascos, fragmentos obtidos de culturas puras dos fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* foram inoculados nos alimentadores de madeira de *Pinus* sp. Após o desenvolvimento dos fungos nos alimentadores e a colonização no solo, foram adicionados os corpos de prova, à razão de duas amostras por frasco e seis repetições para cada combinação (tratamentos).

O ensaio foi mantido em sala climatizada (28 ± 2°C e 75 ± 5% de umidade relativa) por 12 semanas. Decorrido tal período, as amostras foram secas sob as mesmas condições anteriores à realização do ensaio. A perda de massa foi calculada e avaliada ao comparar os valores obtidos com

os apresentados na Tabela 2 pela ASTM D - 2017 (2005b).

### 2.4. Ensaio de preferência alimentar a térmitas xilófagos

Para verificar a resistência dos painéis a térmitas xilófagos, foi montado o ensaio de preferência alimentar com o térmita subterrâneo *Nasutitermes* sp., conforme metodologia descrita por Paes et al. (2006, 2007).

Para a montagem do ensaio, os corpos de prova com dimensões de 2,5 × 2,5 × 1,27 (comprimento × largura × espessura) foram distribuídos segundo um delineamento em blocos casualizados, em bandeja de polietileno disposta em uma caixa de cimento amianto de 250 L de capacidade, contendo uma camada de areia de aproximadamente 10 cm (Figura 1). As amostras ficaram expostas à ação dos térmitas durante 45 dias e, após o ensaio, foi avaliada a resistência dos painéis, conforme ASTM D - 3345 (2005c).

### 2.5. Avaliação e análise dos resultados

Para a avaliação da resistência dos painéis ao apodrecimento, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial, em que foram avaliados os efeitos do tipo de adesivo, com quatro níveis; da razão de compactação, com quatro níveis, e do fungo utilizado, com dois níveis. Realizaram-se seis repetições para cada situação.

Para o ensaio com térmitas, foi empregado um delineamento em blocos casualizados com arranjo fatorial, em que foram avaliados os efeitos do tipo de adesivo, com quatro níveis, e da razão de compactação, com quatro níveis. Realizaram-se oito repetições para cada situação.

**Tabela 2.** Classificação da perda de massa em ensaio de resistência a fungos xilófagos.

**Table 2.** Mass loss classification in decay resistance test.

Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)	Classe de Resistência
0-10	90-100	Altamente resistente
11-24	76-89	Resistente
25-44	56-75	Moderadamente resistente
≥45	≤55	Não resistente

Os dados, em porcentagem de perda de massa, foram transformados em arcsen [raiz quadrada (valor em porcentagem/100)], como sugerido por Steel & Torrie (1980). Estas transformações foram necessárias em função da necessidade de normalizar a distribuição dos dados (teste de Lilliefors) e homogeneizar as variâncias (teste de Cochran e Bartlett). Para os fatores e a interação detectados como significativos pelo teste de F, foi empregado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Resistência a fungos apodrecedores

Na Tabela 3, constam os valores médios referentes à perda de massa (%) dos painéis em função da razão de compactação e do tipo de adesivo, com as respectivas classes de resistência (Tabela 2).

De acordo com a ASTM D - 2017 (2005b), os painéis foram classificados como de moderada resistência ao fungo *Gloeophyllum trabeum*, com exceção do tratamento em que se empregaram 70% de ureia-formaldeído e 30% de taninos, e razão de compactação de 2,00, que foi classificado como resistente. Este tratamento proporcionou um ganho de resistência de 66,96%, quando comparado àquele, para o mesmo adesivo, em que se empregou uma razão de compactação de 1,39. Como a composição adesívica foi a mesma, provavelmente o fungo tenha encontrado mais dificuldade em translocar suas enzimas no painel mais compactado.

Ao comparar a resistência do painel em que se empregou 30% de taninos (adesivo 4) com aquele produzido com a mesma razão de compactação (2,00), porém sem a adição de taninos à resina ureia-formaldeído (adesivo 1), obteve-se um ganho de resistência de 63,25%. Desta forma, a adição de



**Figura 1.** Montagem do ensaio de preferência alimentar com o térmita subterrâneo.  
**Figure 1.** Mounting the feeding preference test with the subterranean termite.

**Tabela 3.** Perda de massa média causada pelos fungos xilófagos.  
**Table 3.** Average mass loss caused by decay fungi.

Razão de Compactação	Perda de Massa (%) para o <i>Gloeophyllum trabeum</i>			
	Adesivos			
	1	2	3	4
1,39	35,86 MR	41,17 MR	38,87 MR	38,05 MR
1,55	36,17 MR	40,49 MR	36,80 MR	27,79 MR
1,73	37,62 MR	40,57 MR	41,70 MR	39,44 MR
2,00	34,20 MR	30,13 MR	37,77 MR	12,57 R
Razão de Compactação	Perda de massa (%) para o <i>Trametes versicolor</i>			
	Adesivos			
	1	2	3	4
1,39	24,01 R	19,96 R	22,03 R	21,19 R
1,55	19,12 R	17,72 R	21,64 R	20,20 R
1,73	17,67 R	20,12 R	21,13 R	21,29 R
2,00	16,59 R	24,52 R	19,35 R	19,00 R

R = resistente; MR = moderada resistência, segundo a ASTM D 2017 (2005b).

taninos proporcionou melhora na resistência do painel. De acordo com Vital et al. (2001) e Colli et al. (2007), substâncias tânicas atuam na proteção do vegetal contra o ataque de micro-organismos, proporcionando aumento na resistência da madeira.

Para o fungo *Trametes versicolor*, todos os tratamentos (adesivos e razões de compactação) foram classificados como resistentes. De modo geral, observou-se uma tendência de melhoria da resistência dos painéis com o aumento da razão de compactação, porém sem nenhuma relação com o aumento da proporção de taninos à resina ureia-formaldeído.

Os valores foram analisados estatisticamente e houve diferença para os parâmetros adesivos, razões de compactação e fungos, e para as interações 'adesivos × fungos' e 'fungos × razões de compactação'. As interações foram desdobradas e analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabelas 4).

Na Tabela 4, observa-se que o fungo *Gloeophyllum trabeum* causou perdas de massa maiores do que o *Trametes versicolor* para todos os adesivos e razão de compactação testados. Entre os adesivos, o 4 (70% ureia-formaldeído e 30% taninos) foi o que promoveu a menor perda de massa para o fungo *Gloeophyllum trabeum*. Não houve diferença entre os adesivos testados para o fungo *Trametes versicolor*. Melo et al. (2010), ao estudarem a resistência de painéis aglomerados com seis diferentes proporções de madeira (*Eucalyptus grandis*) e casca de arroz colados com adesivos à base de ureia-formaldeído e tanino-formaldeído, não encontraram diferença significativa entre as perdas de massa causadas pelo *Trametes versicolor* para os adesivos testados.

Ujang & Amburgey (1993), ao estudarem a resistência natural da madeira proveniente de árvores de *Acacia mangium* com cinco anos de idade aos fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*, encontraram que o *Gloeophyllum trabeum* causou perda de massa de 34,40%, enquanto a perda provocada pelo *Trametes versicolor* foi de 27,59%.

Para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, a razão de compactação 2,00 proporcionou maior resistência aos painéis quando comparada às razões de compactação de 1,39 e 1,73, enquanto a de 1,55 proporcionou resistência intermediária entre a razão de 2,00 e as demais. Já para o *Trametes versicolor*, não houve diferença entre as perdas de massa para as razões de compactação testadas.

### 3.2. Resistência a térmitas xilófagos em ensaio de preferência alimentar

Depois de decorridos 45 dias, quando da desativação do ensaio, observou-se que os térmitas haviam consumido por completo as amostras, independentemente do adesivo ou da razão de compactação empregada.

Isto ocorreu em consequência do número de indivíduos existentes na colônia utilizada e da baixa resistência da madeira de *Acacia mangium* ao térmita empregado. Guerra (2010), ao testar cinco madeiras ao térmita *Nasutitermes* sp. testado neste trabalho, detectou que a madeira de *Acacia mangium*, mesmo não sendo totalmente consumida, foi aquela que apresentou uma menor resistência, atingindo perda de massa de até 49%.

**Tabela 4.** Comparação entre médias das perdas de massa para fungos, adesivos e razões de compactação testados.  
**Table 4.** Comparison among averages of mass loss to decay fungi, adhesives and compaction ratios tested.

Fungos	Adesivos			
	1	2	3	4
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	35,96 Aa	38,09 Aa	38,78 Aa	29,46 Ba
<i>Trametes versicolor</i>	19,35 Ab	20,57 Ab	21,04 Ab	20,41 Ab
Fungos	Razões de compactação			
	1,39	1,55	1,73	2,00
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	38,48 Aa	35,31 ABa	39,83 Aa	28,66 Ba
<i>Trametes versicolor</i>	21,79 Ab	19,67 Ab	20,05 Ab	19,86 Ab

As médias seguidas da mesma letra, maiúscula na horizontal ou minúscula na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

#### 4. CONCLUSÕES

De modo geral, a maior proporção de taninos (adesivo 4 - 30% de taninos) e a maior razão de compactação testada (2,00) promoveram maior resistência aos painéis em relação ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

As razões de compactação e as proporções de taninos adicionadas à ureia-formaldeído não tiveram efeito quanto ao ataque do fungo *Trametes versicolor*.

O fungo *Gloeophyllum trabeum* causou maior perda de massa aos painéis testados quando comparado com o *Trametes versicolor*.

Os painéis produzidos com a madeira de *Acacia mangium* e colados com adesivo à base de ureia-formaldeído e taninos, para as razões de compactação testadas, não exibiram resistência ao ataque e foram completamente consumidos pelos térmitas do gênero *Nasutitermes* sp.

#### STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 11 set., 2013

Aceito: 8 maio, 2014

Publicado: 28 ago., 2014

#### AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Juarez Benigno Paes

Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil

e-mail: jbp2@uol.com.br

#### REFERÊNCIAS

- American Society for Testing and Materials - ASTM. *ASTM D-1413*: Standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Philadelphia; 2005a. 7 p. Annual Book of ASTM Standard.
- American Society for Testing and Materials - ASTM. *ASTM D-2017*: Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Philadelphia; 2005b. 5 p. Annual Book of ASTM Standard.
- American Society for Testing and Materials - ASTM. *ASTM D-3345*: Standard method for laboratory evaluation of the wood and other cellulosic materials for resistance to termite. Philadelphia; 2005c. 3 p. Annual Book of ASTM Standard.
- Colli A, Nascimento AM, Xavier LM, Rubim IB. Propriedades físico-mecânicas e preservação, com boro e tanino do *Bambusa tuldooides* (Munro). *Floresta e Ambiente* 2007; 14(1): 56-64.
- Dacosta LPE. *Utilização de resíduos do processamento mecânico da madeira para a fabricação de chapas aglomeradas* [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2004.
- Dunky M, Pizzi A. Wood adhesives. In: Chaudhury M, Pocius AV, editors. *Adhesive science and engineering*. Amsterdam: Elsevier; 2002.
- Gonçalves FG. *Painéis aglomerados de madeira de Acacia mangium com adesivos de uréia formaldeído e tanino em pó da casca de Acacia mearnsii* [tese]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2012.
- Guerra SCS. *Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras a cupins xilófagos* [monografia]. Jerônimo Monteiro: Universidade Federal do Espírito Santo; 2010.
- Iwakiri S. *Painéis de madeira reconstituída*. Curitiba: FUPEF; 2005.
- Lima AM, Vidaurre GB, Lima RM, Brito EO. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. *Revista Árvore* 2006; 30(4): 645-650. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000400018>
- Maloney TM. *Modern particleboard and dry-process fibreboard manufacturing*. 2. ed. São Francisco: Miller Freeman; 1993.
- Melo RR. *Propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeterioradores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz* [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2009.
- Melo RR, Santini EJ, Haselein CR, Garlet A, Paes JB, Stangerlin DM. Resistência de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz a fungos e cupins xilófagos. *Ciência Florestal* 2010; 20(3): 501-511.
- Moslemi AA. *Particleboard*. London: Southern Illinois University Press; 1974.
- Ndazi B, Tesha JV, Karlsson S, Bisanda ETN. Production of rice husks composites with *Acacia mimos*a tannin-based resin. *Journal of Materials Science* 2006; 41(21): 6978-6983. <http://dx.doi.org/10.1007/s10853-006-0220-7>
- Paes JB, Ramos IEC, Farias Sobrinho DW. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) a cupins subterrâneos (*Nasutitermes*

- corniger* motsch.) em ensaio de preferência alimentar. *Ambiência* 2006; 2(1): 51-64.
- Paes JB, Melo RR, Lima CR, Oliveira O. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 2007; 2(1): 57-62.
- Pauleski DT, Haselein CR, Santini EJ, Rizzatti E. Características de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. *Ciência Florestal* 2007; 17(2): 157-170.
- Steel RGD, Torrie JH. *Principles and procedures of statistic: a biometrical approach*. 2nd ed. New York: McGraw Hill; 1980.
- Tostes AS, Lelis RCC, Pereira KRM, Brito EO. Colagem de chapas de madeira aglomerada com adesivo ureia-formaldeído (UF) modificado com tanino da casca de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Floresta e Ambiente* 2004; 11(1): 15-19.
- Trianoski R. *Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada* [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2010.
- Vieira MC, Brito EO, Gonçalves FG. Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. *Floresta e Ambiente* 2012; 19 (3): 277-285. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.033>
- Vital BR, Shimada AN, Valente OF, Della Lucia RM, Pimenta AS. Avaliação dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden como preservativo de madeira. *Revista Árvore* 2001; 25(2): 245-256.
- Ujang S, Amburgey TL. Decay resistance of *Acacia mangium* heartwood against brown-and white-rot fungi: preliminary results. *Journal of Tropical Forest Science* 1993; 6(1): 16-20.