



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS E RESISTÊNCIA A  
BIODETERIORADORES DE CHAPAS AGLOMERADAS CONSTITUÍDAS POR  
DIFERENTES PROPORÇÕES DE MADEIRA E CASCA DE ARROZ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**RAFAEL RODOLFO DE MELO**

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**2009**

**Mestre**

**MELO, Rafael Rodolfo**

**PPGEF/UFSM, RS**

**PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS E RESISTÊNCIA A  
BIODETERIORADORES DE CHAPAS AGLOMERADAS CONSTITUÍDAS POR  
DIFERENTES PROPORÇÕES DE MADEIRA E CASCA DE ARROZ**

**por**

**Rafael Rodolfo de Melo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Tecnologia de Produtos Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de

**Mestre em Engenharia Florestal**

**Orientador:** Prof. Dr. Elio José Santini

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**Melo, Rafael Rodolfo de, 1984-**  
**M528p**

Propriedades físico-mecânicas e resistência a bioteriores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz / por Rafael Rodolfo de Melo ; orientador Elio José Santini. - Santa Maria, 2009.

77 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2009.

1. Engenharia florestal 2. Painéis aglomerados 3. Casca de arroz 4. Tanino-ureia-formaldeído 5. Propriedades físico-mecânicas 6. Biodeterioração I. Santini, Elio José, orient. II. Título

CDU: 674.81

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2009

“Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte”. O Autor

---

**Universidade Federal de Santa Maria**

**Centro de Ciências Rurais**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS E RESISTÊNCIA A  
BIODETERIORADORES DE CHAPAS AGLOMERADAS CONSTITUÍDAS POR  
DIFERENTES PROPORÇÕES DE MADEIRA E CASCA DE ARROZ**


elaborada por  
**Rafael Rodolfo de Melo**


como requisito parcial para obtenção do grau de


**Mestre em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
**Elio José Santini, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

  
**Éverton Hillig, Dr. (UNICENTRO)**  
(1º Examinador)

  
**Darci Alberto Gatto, Dr. (UFPel)**  
(2º Examinador)

  
**Leonardo da Silva Oliveira, Dr. (UFPel)**  
(3º Examinador)

Santa Maria, 06 de março de 2009

A minha mãe, *Francisca de Sousa Melo*,

dedico este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEF-UFSM) pelo aceite e apoio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos Professores Elio José Santini e Clovis Roberto Haselein pelas orientações.

Ao Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro, Brasília-DF, em especial ao Eng. Ftal. Alencar Garlet, pela execução dos ensaios de resistência a fungos apodrecedores. Ao Prof. Juarez Benigno Paes da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos-PB, pelo estímulo, orientações e parceria na execução do ensaio de preferência alimentar aos térmitas.

À Sociedade Extrativa Tanino de Acácia (SETA S.A.) pela doação do tanino utilizado na produção de um dos adesivos desse estudo.

Aos membros da banca avaliadora, os Professores Éverton Hillig (UNICENTRO), Darci Alberto Gatto e Leonardo da Silva Oliveira (UFPel), pelas correções e sugestões apresentadas.

Aos colegas (Diego Stangerlin, Marcos Müller, Leandro Calegari, Rômulo Trevisan, Luciano Denardi, Dalva Pauleski, Daniela Lilge, Rafael Beltrame, Ediane Buligon e Karina Modes) e funcionários (Fabiana Ratzlaff, Nelson Castro, Tarso Michelotti) da área de Tecnologia da Madeira da UFSM, e aos demais colegas do PPGEF-UFSM, Thiago da Cunha, Dane Araldi, Arthur Soligo, Cláudio Thomas e à funcionária Cerlene Machado, pela amizade e/ou companheirismo e/ou auxílio no desenvolvimento dos trabalhos.

A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigado!

“Não existem erros, apenas lições. O crescimento é um processo de tentativa e erro: experimentação. As experiências que não deram certo fazem parte do processo, assim como as bem sucedidas.”

(Albert Einstein)



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS E RESISTÊNCIA A BIODETERIORADORES DE CHAPAS AGLOMERADAS CONSTITUÍDAS POR DIFERENTES PROPORÇÕES DE MADEIRA E CASCA DE ARROZ**

AUTOR: RAFAEL RODOLFO DE MELO

ORIENTADOR: ELIO JOSÉ SANTINI

Data e local da defesa: Santa Maria, 06 de março de 2009.

Avaliou-se a qualidade de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira (*Eucalyptus grandis* W. Hill. ex Maiden) e casca de arroz. Os compósitos foram produzidos nas proporções 0, 20, 40, 60, 80 e 100% de casca de arroz com a utilização dos adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. Para caracterizar a qualidade das chapas, foram avaliadas as propriedades físicas (massa específica; teor de umidade; absorção de água e inchamento em espessura as 2 e 24 horas), a resistência mecânica (flexão estática; ligação interna; e resistência ao arrancamento de parafusos) e a resistência a xilófagos (aos cupins subterrâneos *Nasutitermes corniger*, em ensaios de preferência alimentar e aos fungos apodrecedores *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* em ensaios de laboratório). Os resultados obtidos indicaram que quando confeccionados utilizando a resina à base de tanino os painéis apresentaram qualidade superior. O acréscimo da casca de arroz proporcionou uma maior instabilidade e uma menor resistência das chapas. Em contrapartida, painéis produzidos com casca de arroz geralmente apresentaram maior resistência ao ataque de fungos apodrecedores ou aos cupins subterrâneos. Painéis colados com tanino-formaldeído foram mais resistentes ao ataque dos térmitas, enquanto que, para os fungos, a diferença entre adesivos ocorreu apenas quando submetidas ao ataque de *Gloeophyllum trabeum*, sendo as chapas produzidas com ureia-formaldeído as mais resistentes. Dentre os fungos, *Trametes versicolor* proporcionou uma maior perda de massa aos painéis.

**Palavras-chaves:** Painéis aglomerados, casca de arroz, tanino-ureia-formaldeído, propriedades físico-mecânicas, biodeterioração.

## ABSTRACT

Master's Thesis  
Master's Degree Program in Forest Engineering  
Universidade Federal de Santa Maria

### PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES AND DECAY RESISTANCE OF WOOD AND RICE HUSK PARTICLEBOARD IN DIFFERENT PROPORTIONS

AUTHOR: RAFAEL RODOLFO DE MELO

ADVISOR: ELIO JOSÉ SANTINI

Date and place of defense: Santa Maria, March 06<sup>th</sup> of 2009.

This work aimed at evaluating the quality of particleboards manufactured with different wood proportions (*Eucalyptus grandis* W. Hill. ex Maiden) and rice husk. The composites were produced in the proportions 0, 20, 40, 60, 80 and 100% of peels of rice with the use of urea-formaldehyde and tannin-formaldehyde adhesives. In order to characterize the quality of the particleboards, physical properties (specific mass; moisture content; water absorption and swelling in thickness after 2 and 24 hours), mechanical resistance (static bending; internal bonding and screw withdrawal) and xylophages resistance (*Nasutitermes corniger* under alimentary preference assay and decay fungi *Gloeophyllum trabeum* and *Trametes versicolor* in laboratory conditions) were evaluated. Results showed that particleboards manufactured with tannin-formaldehyde resins presented a higher quality. The increase of rice husk provided a larger instability and a smaller resistance of the particleboards. Particleboards produced with peels of rice presented a higher resistance to the attack of fungi or xylophages termites. Particleboards glued with tannin-formaldehyde were more resistant to the attack of termites; for the fungi, the difference among adhesives happened when these particleboards were submitted to the attack of *Gloeophyllum trabeum*, and the particleboards produced with urea-formaldehyde were the most resistant. In the fungi, *Trametes versicolor* was the fungus that provided the largest mass loss to the particleboards.

**Key-words:** Particleboard, rice husk, tannin-urea-formaldehyde, physical-mechanical properties, decay resistance.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composições utilizadas na confecção dos painéis com as diferentes proporções entre madeira e casca de arroz.....	19
<b>Tabela 2.</b> Classes de resistência a fungos xilófagos ASTM D 2017 (2005). .....	28
<b>Tabela 3.</b> Valores de massa específica nominal e observada (ME <sub>n</sub> e ME <sub>o</sub> ), teor de umidade de colchão (TU <sub>c</sub> ) e teor de umidade de equilíbrio (TU <sub>eq</sub> ) dos painéis. ....	29
<b>Tabela 4.</b> Análise de correlações entre os parâmetros físicos dos painéis confeccionados com ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. ....	32
<b>Tabela 5.</b> Comparações entre médias de Ab <sub>2</sub> e Ab <sub>24</sub> (%) para adesivos (UF e TF), percentual de casca (PC) e interação entre estes.....	33
<b>Tabela 6.</b> Comparações entre médias de IE <sub>2</sub> e IE <sub>24</sub> (%) para adesivos (UF e TF), percentual de casca (PC) e interação entre eles. ....	36
<b>Tabela 7.</b> Correlações entre o percentual de casca (PC), massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio (ME), módulos de elasticidade e ruptura (MOE e MOR) e resistência ao arrancamento de parafusos (AP).....	38
<b>Tabela 8.</b> Comparações entre médias do módulos de elasticidade e ruptura (MOR e MOE) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), percentual de casca (PC) e interação entre eles. ....	40
<b>Tabela 9.</b> Comparações entre médias obtidas da resistência ao arrancamento de parafusos para os diferentes tipos de adesivos, percentual de casca (PC) e interações. ....	44
<b>Tabela 10.</b> Correlações entre o percentual de casca (PC), massa específica (ME) e ligação interna (LI) para chapas confeccionadas com os diferentes adesivos. ....	45
<b>Tabela 11.</b> Comparações entre médias obtidas da ligação interna para os diferentes tipos de adesivos, percentual de casca (PC) e interações.....	46
<b>Tabela 12.</b> Comparações entre médias obtidas do percentual de perda de massa para o ensio de prefericcia alimentar aos cupins, dos diferentes tipos de adesivos, percentual de casca (PC) e interações. ....	49
<b>Tabela 13.</b> Percentual de perda de massa e classificação aos ataques dos fungos (ASTM D 2017, 2005) para os difentes tratamentos avaliados.....	51
<b>Tabela 14.</b> Perda de massa média, em %, obtida para os diferentes proporções de casca (PC) e dois tipos de fungos testados.....	53
<b>Tabela 15.</b> Perda de massa média, em %, obtida para os diferentes percentuais de casca (PC) e dois tipos de adesivos utilizados. ....	53
<b>Tabela 16.</b> Comparações entre médias obtidas do percentual de perda de massa para os diferentes tipos de fungos e adesivos utilizados (PC).....	54
<b>Tabela 17.</b> Valores verificados para massa específica (ME) e teor de umidade de equilíbrio (TU <sub>eq</sub> ) dos painéis para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel. ....	65
<b>Tabela 18.</b> Valores verificados para massa específica (ME), inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE <sub>2</sub> e IE <sub>24</sub> ), absorção de água as 2 e 24 horas (Ab <sub>2</sub> e Ab <sub>24</sub> ), teor de umidade as 2 e 24 horas (TU <sub>2</sub> e TU <sub>24</sub> ) dos painéis para os diferentes adesivos e proporção de casca (PC) para cada painel. ....	66
<b>Tabela 19.</b> Valores verificados para massa específica (ME), módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR) e resistência ao arrancamento de parafusos (AP) para os diferentes adesivos e proporção de casca (PC) para cada painel. ....	68
<b>Tabela 20.</b> Valores verificados para massa específica (ME) e ligação interna (LI) dos painéis para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel. ....	70

<b>Tabela 21.</b> Valores verificados para o percentual de perda de massa dos painéis após ensaio de preferência alimentar aos térmitas, para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel. ....	71
<b>Tabela 22.</b> Valores verificados para o percentual de perda de massa dos painéis após ensaio de apodrecimento acelerado com os fungos <i>Gloeophyllum trabeum</i> (GT) e <i>Trametes versicolor</i> (TV), para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel. ....	71
<b>Tabela 23.</b> Análise de variância das regressões para a absorção de água as 2 e 24 horas (Ab2 e Ab24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca nos painéis. ....	72
<b>Tabela 24.</b> Análise de covariância da absorção de água as 2 horas (Ab2) para os diferentes tipos de adesivo. ....	72
<b>Tabela 25.</b> Análise fatorial para absorções de água as 2 e 24 horas (Ab2 e Ab24). ....	72
<b>Tabela 26.</b> Análise de variância das regressões da absorção de água as 2 e 24 horas (Ab2 e Ab24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica. ....	72
<b>Tabela 27.</b> Análise de variância das regressões para o inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE2 e IE24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF) em função do percentual de casca. ....	73
<b>Tabela 28.</b> Análise fatorial para inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE2 e IE24). ....	73
<b>Tabela 29.</b> Análise de variância das regressões do inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE2 e IE24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica. ....	73
<b>Tabela 30.</b> Análise de covariância da equação ajustada para módulo de ruptura (MOR) em função do módulo de elasticidade, considerando as variações entre os adesivos. ....	74
<b>Tabela 31.</b> Análise de variância das regressões do módulo de elasticidade (MOE), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF) em função do percentual de casca. ....	74
<b>Tabela 32.</b> Análise de covariância da equação ajustada para o módulo de ruptura (MOR) em função da proporção de casca, considerando as variações entre os adesivos. ....	74
<b>Tabela 33.</b> Análise fatorial para módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR). ....	74
<b>Tabela 34.</b> Análise de variância das regressões do módulo de elasticidade (MOE), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica. ....	74
<b>Tabela 35.</b> Análise de variância das regressões do módulo de ruptura (MOR), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica. ....	75
<b>Tabela 36.</b> Análise de covariância da equação ajustada para a resistência ao arrancamento de parafusos (AP) em função da proporção de casca, considerando as variações entre os adesivos. ....	75
<b>Tabela 37.</b> Análise fatorial para resistência ao arrancamento de parafusos. ....	75
<b>Tabela 38.</b> Análise de variância das regressões da resistência ao arrancamento de parafusos (AP), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica. ....	75
<b>Tabela 39.</b> Análise de variância das regressões da ligação interna (LI), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca. ....	75
<b>Tabela 40.</b> Análise fatorial para a ligação interna. ....	76
<b>Tabela 41.</b> Análise de variância das regressões da ligação interna (LI), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica. ....	76

<b>Tabela 42.</b> Análise de variância das regressões do percentual de perda de massa (PM) após os ensaios de preferência alimentar aos cupins, para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca.....	76
<b>Tabela 43.</b> Análise fatorial para o percentual de perda de massa após o ensaio de preferência alimentar por cupins. ....	76
<b>Tabela 44.</b> Análise de variância das regressões do percentual de perda de massa (PM) após os ensaios de resistência ao ataque de fungos, para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca.....	76
<b>Tabela 45.</b> Análise de covariância da equação ajustada para percentual de perda de massa (PM) após o ataque do fungo <i>Trametes versicolor</i> , em função da proporção de casca, considerando as variações entre os adesivos. ....	77
<b>Tabela 46.</b> Análise fatorial para o percentual de perda de massa pós o ataque dos fungos.....	77

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Elementos básicos da madeira, da maior para menor dimensão em comprimento.....	3
<b>Figura 2.</b> Classificação de compósitos de madeira pelo tamanho das partículas, massa específica e tipo do processo (adaptado de SUCHSLAND e WOODSON, 1986).....	5
<b>Figura 3.</b> Fluxograma simplificado do processo produtivo (a) (HASELEIN e PAULESKI, 2004) e principais etapas envolvidas na fabricação dos painéis aglomerados (b) (adaptado de MALONEY, 1993).....	9
<b>Figura 4.</b> Matéria-prima utilizada para manufatura dos painéis aglomerados [casca de arroz (a) e partículas de madeira (b)]. .....	14
<b>Figura 5.</b> Processo de obtenção das partículas de madeira utilizada na manufatura dos painéis. Imersão dos blocos de madeira em água (a); obtenção das lascas no <i>flaker</i> (b); revolvimento e secagem das lascas (c e d); peneira utilizada para obtenção das partículas (e); e transformação das lascas em partículas no moinho de martelos (f). .....	15
<b>Figura 6.</b> Sequência do processamento para obtenção das partículas de <i>Eucalyptus grandis</i> utilizadas na confecção dos painéis. ....	16
<b>Figura 7.</b> Caixa para depósitos das partículas (a), secagem das partículas em estufa (b), tambor rotativo (c) e preparo da massa do colchão (d). ....	17
<b>Figura 8.</b> Prensagem do colchão a frio em caixa formadora (a), visualização frontal (b) e lateral (c) do colchão após prensagem manual, e prensagem definitiva a quente em prensa hidráulica (d). ..	18
<b>Figura 9.</b> Modelo de corte das chapas para a confecção dos corpos-de-prova (a) e amostras de cada tratamento utilizadas para teste de flexão estática (b). (Ensaio: FE = flexão estática; ME = massa específica; TU = teor de umidade; AP = arrancamento de parafusos; AB = absorção de água; IE = inchamento em espessura; TP = tração perpendicular a superfície do painel; F = ensaios biológicos de resistência a fungos; C = ensaios de preferência alimentar dos cupins). ..	20
<b>Figura 10.</b> Imersão dos corpos-de-prova em água (a) e instrumentos utilizados para avaliação da instabilidade dimensional (b).....	21
<b>Figura 11.</b> Máquina de ensaios utilizada (a) e detalhe do teste de flexão estática (b).....	22
<b>Figura 12.</b> Etapas para realização dos ensaios de resistência ao arrancamento de parafusos. [Colagem das amostras utilizadas no ensaio de flexão estática (a); inserção dos parafusos (b); detalhe do parafuso inserido (c); realização do ensaio de resistência ao arrancamento de parafusos (d)]. ..	23
<b>Figura 13.</b> Etapas para realização dos ensaios de tração perpendicular à superfície do painel. [Aplicação do adesivo termoplástico tipo <i>hot melt</i> (a); colagem dos corpos-de-prova (b); realização do ensaio de tração perpendicular (c); detalhe da ruptura de uma das amostras (d)].....	24
<b>Figura 14.</b> Caixa de fibra-cimento com capacidade 250L com a camada de 10 cm de areia (a), disposição das amostras em blocos ao acaso (b), instalação da colônia sob as amostras (c) e visualização externa da caixa fibra-cimento com meios utilizados para evitar a fuga dos térmitas (d). .....	26
<b>Figura 15.</b> Frascos de vidros com amostras dos painéis já inoculadas (a) e amostras de alguns tratamentos após o término dos ensaios (b).....	27
<b>Figura 16.</b> Amplitude de variação do teor de umidade de equilíbrio (TU <sub>eq</sub> ) dos painéis para os diferentes tratamentos avaliados.....	30
<b>Figura 17.</b> Amplitude de variação da massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio dos painéis para os diferentes tratamentos avaliados. ....	31
<b>Figura 18.</b> Valores de absorção de água (%) observados e estimados para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído as 2 e 24 horas. ....	33
<b>Figura 19.</b> Equações ajustadas da absorção de água (Ab) as 2 e 24 para os adesivos ureia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em itálico, abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).....	34

<b>Figura 20.</b> Valores de inchamento em espessura (%) observados e ajustados para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído as 2 e 24 horas.....	35
<b>Figura 21.</b> Equações ajustadas do inchamento em espessura (IE) às 2 e 24 para os adesivos ureia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em <i>itálico</i> , abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).....	37
<b>Figura 22.</b> Equação ajusta para o módulo de ruptura (MOR) em função do módulo de elasticidade (MOE).....	39
<b>Figura 23.</b> Valores dos módulos de elasticidade e ruptura (MOE e MOR), em kgf/cm <sup>2</sup> , observados e estimados em função da proporção de casca, para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído.....	39
<b>Figura 24.</b> Equações ajustadas para o módulo de elasticidade (MOE) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em <i>itálico</i> , abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).....	41
<b>Figura 25.</b> Equações ajustadas para módulo de ruptura (MOR) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em <i>itálico</i> , abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).....	42
<b>Figura 26.</b> Equações ajustadas para resistência ao arrancamento de parafusos (AP) em função da proporção de casca nos painéis para os dois tipos de adesivos utilizados. ....	43
<b>Figura 27.</b> Equações ajustadas para resistência ao arrancamento de parafusos (AP) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em <i>itálico</i> , abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).....	44
<b>Figura 28.</b> Equações ajustadas para ligação interna (LI) em função da proporção de casca (PC) nos painéis.....	46
<b>Figura 29.</b> Equações ajustadas para ligação interna (LI) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em <i>itálico</i> , abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).....	47
<b>Figura 30.</b> Equações ajustadas para percentual de perda de massa (PM) em função da proporção de casca nos painéis (PC).....	48
<b>Figura 31.</b> Valores de perda percentual de massa (PM) após ação dos fungos apodrecedores, observados e estimados em função da proporção de casca (PC), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. ....	52
<b>Figura 32.</b> Amostras dos painéis após o término dos ensaios biológicos de resistência a fungos (UF = ureia-formaldeído; TF = tanino-formaldeído; PC = percentual de casca nos painéis).....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Ab</b>	absorção de água
<b>Ab2</b>	absorção de água após 2 horas de imersão
<b>Ab24</b>	absorção de água após 24 horas de imersão
<b>ABIPA</b>	Associação das Industrias Produtoras de Painéis de Madeira
<b>ANFOR</b>	Association Francoise de Normalisation
<b>ANSI</b>	American National Standards Institut
<b>ASTM</b>	American Society for Testing Materials
<b>DAP</b>	diâmetro a altura do peito
<b>DIN</b>	Deustches Institut fur Normung
<b>FAO</b>	Food and Agricultural Organization
<b>FF</b>	fenol-formaldeído
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IE</b>	inchamento em espessura
<b>IE2</b>	inchamento em espessura após 2 horas de imersão
<b>IE24</b>	inchamento em espessura após 24 horas de imersão
<b>INPA</b>	Instituto de Pesquisas da Amazônia
<b>MDI</b>	difenilmetano diisocianato
<b>ME</b>	massa específica
<b>ME<sub>n</sub></b>	massa específica nominal do painel
<b>ME<sub>o</sub></b>	massa específica observada do painel
<b>MF</b>	melamina-formaldeído
<b>MOE</b>	Módulo de Elasticidade
<b>MOR</b>	Módulo de Ruptura
<b>MR</b>	muito resistente ao ataque de fungos
<b>MUF</b>	melamina-ureia-formaldeído
<b>NR</b>	não resistente ao ataque de fungos
<b>OSB</b>	Oriented Strand Board
<b>PC</b>	percentual de casca nos painéis
<b>PEAD</b>	polietileno de alta densidade
<b>PM</b>	Perda percentual de massa por fungos ou cupins
<b>R</b>	resistente ao ataque de fungos
<b>RM</b>	resistência moderada ao ataque de fungos
<b>SBS</b>	Sociedade Brasileira de Silvicultura
<b>TF</b>	tanino-formaldeído
<b>TU<sub>c</sub></b>	teor de umidade do colchão
<b>TU<sub>eq</sub></b>	teor de umidade de equilíbrio dos painéis
<b>UF</b>	ureia-formaldeído



## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Matéria-prima para produção de painéis</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Painéis à base de madeira</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 Adesivos utilizados na produção de painéis</b> .....	<b>6</b>
2.3.1 Ureia-formaldeído .....	<b>7</b>
2.3.2 Tanino-formaldeído.....	<b>7</b>
<b>2.4 Painéis aglomerados</b> .....	<b>8</b>
<b>2.5 Eucalipto como matéria-prima para confecção de aglomerados</b> .....	<b>9</b>
<b>2.6 Casca de arroz como matéria-prima para confecção de aglomerados</b> .....	<b>11</b>
<b>2.7 Resistência da madeira e derivados ao ataque de agentes xilófagos</b> .....	<b>12</b>
2.7.1 Ensaio de preferência alimentar a cupins .....	<b>12</b>
2.7.2 Resistência da madeira e derivados a fungos xilófagos .....	<b>13</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Obtenção e preparo da matéria-prima</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Adesivos utilizados</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 Processo de produção dos painéis</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4 Tratamentos avaliados</b> .....	<b>19</b>
<b>3.5 Ensaio físicos, mecânicos e biológicos</b> .....	<b>20</b>
3.5.1 Massa específica e teor de umidade .....	<b>20</b>
3.5.2 Absorção d'água e inchamento em espessura .....	<b>21</b>
3.5.3 Flexão estática.....	<b>22</b>
3.5.4 Arrancamento de parafusos .....	<b>23</b>
3.5.5 Tração perpendicular à superfície do painel.....	<b>24</b>
3.5.6 Ensaio de preferência alimentar a cupins subterrâneos .....	<b>25</b>
3.5.7 Ensaio de resistência a fungos xilófagos .....	<b>26</b>
<b>3.6 Análises dos resultados</b> .....	<b>28</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 Propriedades físicas</b> .....	<b>29</b>
4.1.1 Teor de umidade.....	<b>29</b>
4.1.2 Massa específica .....	<b>30</b>
4.1.3 Absorção de água .....	<b>32</b>
4.1.4 Inchamento em espessura.....	<b>35</b>
<b>4.2 Propriedades mecânicas</b> .....	<b>38</b>
4.2.1 Flexão estática.....	<b>38</b>
4.2.2 Resistência ao arrancamento de parafusos .....	<b>42</b>
4.2.3 Tração perpendicular à superfície do painel.....	<b>44</b>
<b>4.3 Resistência a biodeterioradores</b> .....	<b>48</b>
4.3.1 Ensaio de preferência alimentar a cupins subterrâneos .....	<b>48</b>
4.3.2 Ensaio de resistência a fungos em laboratório .....	<b>51</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As chapas aglomeradas podem ser produzidas a partir de qualquer material lignocelulósico que lhes confira alta resistência mecânica e massa específica pré-estabelecida. Além da madeira, podem ser utilizadas na confecção de compósitos aglomerados outras fontes de fibras, como bagaço de cana-de-açúcar (OKINO et al., 1997; TEIXEIRA et al., 1997), bambu (CALEGARI et al., 2007), casca de arroz (HIZIROGLU et al., 2005), aparas de papel reciclado (CALEGARI et al., 2004), dentre outros. Entretanto, a qualidade final do produto, pode ser limitada pela escolha do material.

Nos últimos anos, a pressão ambiental para reaproveitamento de resíduos é cada vez maior, o que vem fazendo com que inúmeros pesquisadores, a exemplo de Dacosta (2004), Pedrazzi (2005) e Iwakiri et al. (2000), venham estudando as características de painéis aglomerados produzidos com a utilização desses resíduos. A utilização de resíduos de madeira, como maravalhas, costaneiras, serragens e outros, agregam valor ao material e otimiza o processo produtivo. Aliado a isso, há a possibilidade da mescla de madeiras com resíduos, com o intuito da obtenção de painéis com melhores características físico-mecânicas, daria um destino mais nobre e menos poluente para esses materiais.

A utilização de matérias-primas alternativas para fabricação de painéis também vem ganhando destaque e, já é objeto de diversos estudos (YOUNGQUIST et al., 1993, GERARDI et al., 1998; YALINKILIC et al., 1998; LIMA et al., 2006; NDAZI et al., 2006). Uma dessas matérias-primas, seria o emprego do resíduo gerado no beneficiamento do arroz. Na tentativa de encontrar uma utilização para o resíduo desse produto agrícola, alguns pesquisadores investigam a possibilidade de usar a casca de arroz como matéria-prima para a produção de chapas aglomeradas.

O cultivo do arroz ocupa o segundo lugar em área plantada no mundo, ficando atrás apenas do trigo. O maior produtor é a China, seguida da Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnã e outros. O Brasil, ocupa o décimo lugar, com cerca de 2% da produção mundial (ABIAP, 2005). Logo, painéis que apresentam em sua constituição casca de arroz surgem como alternativa para um dos graves problemas do setor agrícola. Por ser de difícil decomposição e pelo alto percentual de sílica que possui, esse resíduo constitui um problema ambiental e de saúde, principalmente nas Regiões onde o cultivo do arroz se faz em larga escala. A partir do momento que esse material for incorporado em um processo produtivo como um produto alternativo para manufatura de painéis, ele será valorizado e deixará de ser um resíduo, passando a ser matéria-prima. Essa tecnologia da fabricação de painéis aglomerados

utilizando a casca de arroz vem ganhando um importante enfoque, principalmente nos países asiáticos, que são os principais produtores arroz.

As madeiras utilizadas para a produção de painéis são geralmente de baixa durabilidade. No Brasil, utiliza-se na confecção de painéis basicamente espécies do gênero *Pinus* (OKINO et al., 2004). A mistura de madeiras de menor durabilidade como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, com outras espécies, objetivando a melhora de suas propriedades físico-mecânicas e/ou resistência a agentes biológicos, já vem sendo estudadas por alguns autores (BEHR e WITTRUP, 1969; EVENS et al., 1997; SANTOS, 2008). Entretanto, pouco se sabe em relação à mistura de partícula dessas espécies com resíduos da agroindústria. De acordo com Souza (1993), a casca de arroz é um material com alto teor de carbono, apresenta uma lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longos períodos. Essas características sugerem, que a inclusão desse resíduo em chapas aglomeradas pode contribuir substancialmente no aumento da sua durabilidade.

No Rio Grande do Sul, tem-se um volume expressivo desse resíduo concentrado na metade Sul do Estado, o que facilita a logística de sua utilização. Estimando-se, a grosso modo, que 40% do volume nacional de arroz é produzido no Estado, se obteria aproximadamente, um milhão de toneladas de casca de arroz anualmente. Uma fábrica de chapas aglomeradas de médio porte consome de 150 a 200 mil toneladas de matéria-prima (madeira) anualmente. Então, esse volume seria suficiente para suprir a demanda de mais de uma unidade industrial. Desse modo, está-se buscando desenvolver formas de aproveitamento desse material na fabricação de chapas aglomeradas, para evitar ou diminuir o problema ambiental e, ao mesmo tempo, servir como mais uma fonte de renda para Região.

Deste modo, objetivou-se avaliar a qualidade de painéis aglomerados constituídos por diferentes proporções de madeira (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) e casca de arroz. Como objetivos específicos podem ser destacados a influência da adição de casca de arroz e os tipos de adesivos utilizados (ureia-formaldeído e tanino-formaldeído) na: estabilidade dimensional; resistência mecânica; resistência ao ataque do térmita *Nasutitermes corniger* Motsch. e; resistência ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* (L.; Fr. Pilat) *Gloephyllum trabeum* (Pers.; Fr.) Karte.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Matéria-prima para produção de painéis

Características como fácil trabalhabilidade, baixo consumo energético para sua obtenção, aspecto decorativo dentre outras particularidades, fazem da madeira uma das matérias-primas mais utilizadas e apreciadas em todo o mundo. Somadas a essas vantagens, a possibilidade de produção sustentável e a absorção e fixação de CO<sub>2</sub> em seu processo produtivo vêm tornando a madeira um material cada vez mais atraente do ponto de vista ambiental (ZENID, 2007).

Porém, a demanda cada vez maior pela madeira como material não é seguida no mesmo ritmo por sua oferta. Macedo et al. (2007), ao analisarem dados publicados pela FAO, destacam que, nos próximos anos, ocorrerá um descompasso entre a oferta e a demanda de madeira no mercado internacional, o que proporcionará uma maior valorização e induzirá o mercado a aproveitar de forma eficiente a madeira e subprodutos gerados a partir dela.

Uma das alternativas para maximizar o aproveitamento da madeira é sua utilização na manufatura de compósitos. Na Figura 1, observam-se alguns dos elementos básicos originados da madeira, os quais podem ser utilizados na produção de diversos materiais. A partir desses elementos, com formas, dimensões e características variadas, podem ser gerados novos produtos por meio de sua reconstituição, utilizando métodos e processos adequados para cada tipo de produto e finalidade de uso.



**Figura 1.** Elementos básicos da madeira, da maior para menor dimensão em comprimento.

O emprego de elementos de madeira para produção de novos compostos, permite utilizar matéria-prima de menor qualidade, de forma a adequar-se à realidade, especialmente àquela das florestas plantadas de ciclo curto. Além disso, torna possível o desenvolvimento de produtos engenheirados, mais homogêneos e de alto valor agregado.

Para Teixeira et al. (1997), o uso de produtos à base de materiais ligno-celulósicos como compensados, aglomerados e chapas de fibras cresce a cada ano, e a tendência é ter sua demanda aumentada devido à crescente escassez na oferta de madeira. Isso tem intensificado o estudo sobre o melhor aproveitamento de resíduos florestais e agrícolas, além de resíduos urbanos, como plásticos, papel de jornal e de revista, papelão e outros, para a produção de painéis. Dentre esses, destacam-se os resíduos agrícolas, os quais são gerados em grande volume anualmente.

Segundo Maloney (1993), entre outras variedades de painéis, os aglomerados tem a vantagem de apresentar um menor rigor quanto à escolha de matéria-prima, quando comparada a outras variedades de painéis. O autor relata que, na produção desse tipo de painel, podem ser utilizados material florestal de desbaste e poda, resíduos industriais grosseiros (costaneiras, sobras de destopo, miolos de toras laminadas), resíduos industriais finos (pó-de-serra e cavacos de plainas), cavacos de madeira resultantes do beneficiamento na indústria de móveis e carpintaria ou, ainda, bagaço de cana-de-açúcar, palha de arroz, dentre outros resíduos agrícolas, puros ou misturados com partículas de madeira.

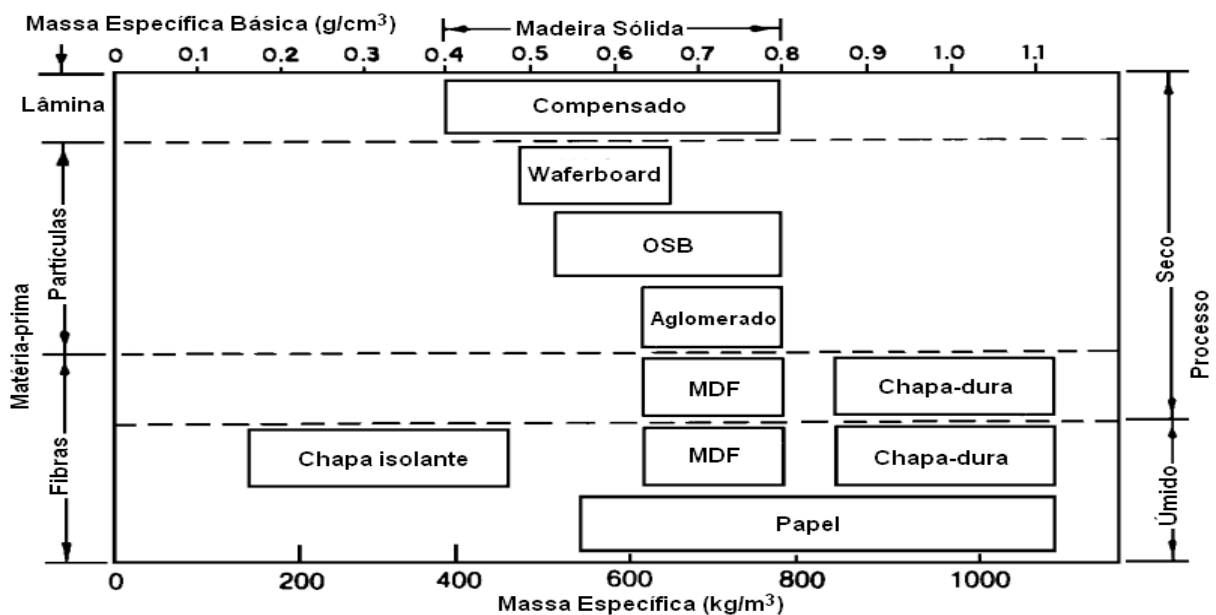
Além dos derivados da madeira, inúmeros outros produtos podem ser utilizados na manufatura de chapas. Os resíduos gerados pela agroindústria podem constituir uma importante fonte de matéria-prima para produção de componentes construtivos, dependendo das quantidades disponíveis e da sua dispersão geográfica. Grandes quantidades de resíduos são produzidas todos os anos em culturas como cana-de-açúcar, milho, soja e arroz, por exemplo, especialmente no Brasil, por se tratar de um país com extensas áreas destinadas à agricultura.

## **2.2 Painéis à base de madeira**

Podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira, como lâminas, sarrafos, partículas, fibras, e outros, os quais são obtidos pela redução da madeira sólida e reconstituídos por meio de ligações adesivas (IWAKIRI, 2005). A utilização dos painéis de madeira vem se consolidando cada vez mais, por tratar-se de uma alternativa viável à escassez de matéria-prima (quantidade e qualidade) disponível para ser utilizada in-natura.

Os painéis suprem uma reconhecida necessidade da madeira serrada (proporções geométricas que se caracterizam normalmente por maior comprimento que largura), ampliando a sua superfície útil por meio da expansão de uma de suas dimensões (a largura), para assim otimizar a sua aplicação. Além desta, outras vantagens dos painéis que podem ser destacadas são: menor exigência na escolha da matéria-prima, maior homogeneidade ao longo das peças, redução da anisotropia e eliminação de defeitos como nós, grã irregular, defeitos provenientes da secagem, entre outros.

Embora já existam inúmeros tipos de painéis com características e finalidades diferenciadas, a busca por novos produtos que apresentem aplicações específicas e menor relação custo/benefício é contínua. Na Figura 2, podem ser observados alguns dos principais tipos de painéis utilizados e suas classificações quanto à matéria-prima, à massa específica e ao processo de produção. Esses produtos derivados da madeira vêm se constituindo em interessante alternativa para a substituição da madeira maciça em diversas aplicações, desde a utilização na indústria moveleira e de embalagens como de praxe, até como elementos estruturais em componentes de edificações.



**Figura 2.** Classificação de compósitos de madeira pelo tamanho das partículas, massa específica e tipo do processo (adaptado de SUCHSLAND e WOODSON, 1986).

A vasta extensão territorial aliada à quantidade e qualidade dos sítios para plantações florestais de rápido crescimento pode fazer do Brasil um importante produtor mundial de painéis de madeira. No Brasil, a matéria-prima utilizada pelas indústrias de painéis provém em maior parte de florestas plantadas, onde as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* as

mais utilizadas. Keinert Junior (1993) destaca que as espécies desses gêneros revelam-se como matéria-prima de importância estratégica para a indústria de painéis no país.

### **2.3 Adesivos utilizados na produção de painéis**

O adesivo é um componente importante, com implicações técnicas e econômicas significativas na utilização dos produtos à base de madeira (PIZZI, 1994), com o seu custo podendo chegar até 50% do preço total do produto final (CARNEIRO et al., 2004). Kollmann et al. (1975) classificam os adesivos para madeira em três grupos: os de origem natural (caseína, soja, osso, couro e sangue); os sintéticos termorrígidos (ureia, fenol, melamina, resorcinol, tanino e epóxi), que são convertidos a um estado insolúvel, irreversível, por meio de reações químicas com ou sem aplicação de calor; e os sintéticos termoplásticos (polivinilcloreto, polivinil-acetato e elastômeros), resistentes somente a mudanças físicas, podendo ser modificados pela ação do calor ou de solventes.

Os principais adesivos atualmente empregados nas indústrias de painéis são: Ureia-Formaldeído (UF), Melamina-Formaldeído (MF), Fenol-Formaldeído (FF) e Difenil Metano Di-isocianato (MDI) (SANTOS, 2008). Além destes, uma combinação de adesivos bem comum nas indústrias de móveis é a Melamina-Ureia-Formaldeído (MUF). Esse composto é adequado quando se deseja um painel com maior resistência a umidade e é preferivelmente utilizado pela coloração clara, não interferindo na beleza estética do material, diferente do que ocorreria se fosse utilizado o FF.

Conforme Akers (1966), os adesivos não são menos importantes, na produção de chapas onde a madeira ou outra fonte de matéria-prima seja utilizada. Além disso, o custo dos adesivos sintéticos é elevado e tem influência direta no preço final do produto. Para Wilson e Krahmer (1976), a escolha do tipo certo de adesivo e das quantidades aplicadas é de fundamental importância no processo de produção de painéis. Os autores também discorrem a respeito da importância da correta aplicação do adesivo, em termos de quantidade aplicada e da distribuição uniforme sobre e entre as partículas.

A crescente conscientização ambiental e conseqüente busca por matérias renováveis vêm paulatinamente impulsionando também a utilização de adesivos à base de tanino vegetal, encontrados na madeira (cerne), casca, raízes, flores, frutos e sementes de algumas espécies arbóreas. Adesivos de tanino já são utilizados industrialmente na África do Sul, Austrália, Zimbábue, Chile, Argentina, Brasil e Nova Zelândia (DUNKY e PIZZI, 2002). Os taninos são componentes poli-fenólicos e podem ser utilizados como matéria-prima alternativa para a

produção de adesivos resistentes à umidade. Esses poli-fenóis apresentam elevado peso molecular, elevada solubilidade e reagem facilmente com formaldeído, dando origem ao adesivo tanino-formaldeído. Nesta revisão serão destacados especialmente os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído, os quais são parte das variáveis envolvidas no processo de produção dos aglomerados no presente trabalho.

### 2.3.1 Ureia-formaldeído

Também é conhecida como aminoresina, por ser produto da reação entre grupos amina ou amida com aldeídos, geralmente o formaldeído. Totes et al. (2004) destacam que adesivos a base de ureia-formaldeído (UF) são muito utilizados nas indústrias de painéis de madeira. Segundo Roffael e Schneider (1983), 90% de todos os painéis aglomerados produzidos no mundo utilizam esse tipo de resina.

Dentre as principais vantagens da utilização desse adesivo, Maloney (1993) e Pizzi e Mittal (1994) destacam: baixo custo; rápida reação em prensa quente; fácil manuseio; incolor; dureza; não inflamável e; a solúvel em água (satisfatória para produções em grande escala). Como principais desvantagens, apresentam uma baixa resistência à umidade e proporciona a liberação de formaldeído, o que pode ocasionar problemas à saúde humana. Uma das alternativas para melhoria da estabilidade dimensional seria a adição de fenol, melamina ou até tanino, na composição do adesivo. Já a liberação de formaldeído pode ser reduzida baixando a proporção de formaldeído em relação à quantidade de ureia utilizada.

Seus principais usos incluem a colagem de vigas laminadas, trabalhos em marcenaria e fabricação de móveis e, em larga escala, a fabricação de aglomerados, MDF e compensados, podendo ser utilizados em todas as situações em que não fique exposto diretamente à umidade e a temperaturas superiores a 50°C (HASELEIN e PAULESKI, 2003).

### 2.3.2 Tanino-formaldeído

O adesivo tanino-formaldeído (TF) é obtido pela reação de flavonóides poliméricos naturais (taninos condensados) que reagem com o formaldeído e polimerizam (PIZZI, 1994). Além de reagirem facilmente com o formaldeído, os taninos são substâncias renováveis, cuja extração pode incorporar maior retorno econômico à atividade florestal e minimizar o problema de descarte de cascas pela indústria madeireira. George et al. (1976) e Pizzi et al. (1981) afirmam que o tanino-formaldeído apresenta propriedades similares ao fenol-formaldeído. No entanto, junto com o tanino são geralmente extraídos gomas e açúcares que



prejudicam a qualidade do adesivo. Uma alternativa para melhorar a qualidade dos adesivos tânicos é a sua modificação por meio da hidrólise alcalina ou ácida (PIZZI, 1994).

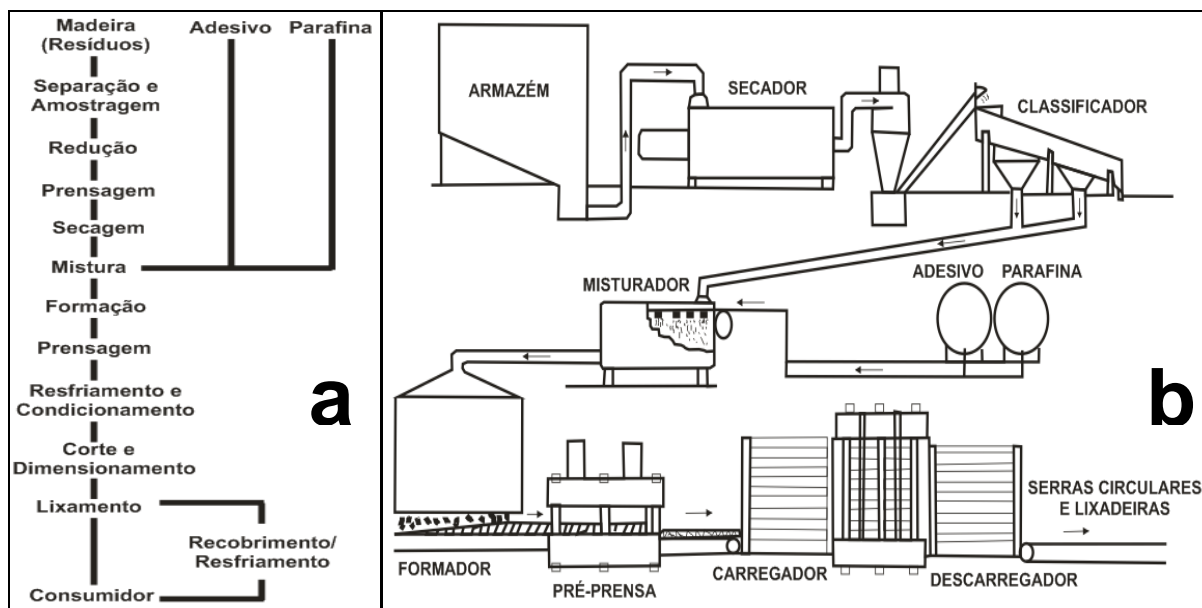
Contudo, Santana et al. (1995) destacam que o emprego de taninos no preparo de adesivos para madeira tem sido limitado dada a sua elevada viscosidade, que reduz a sua vida útil e evita a formação de ligações cruzadas intramoleculares, diminuindo a resistência da linha de cola. Outra deficiência desse adesivo é sua alta reatividade, por isso, até o momento da colagem, recomenda-se que os taninos devem ser estocados em forma de pó ou suspensão aquosa concentrada, permanecendo não reativos até a mistura com o agente ligante ou endurecedor.

Por outro lado, as colagens com TF têm-se mostrado eficientes, geralmente com qualidade superior às obtidas utilizando UF, principal adesivo utilizado no Brasil e no mundo atualmente. Possuem a vantagem de serem de fonte renovável e de não liberarem formaldeído, um produto nocivo à saúde que geralmente está associado à ureia-formaldeído. Outra vantagem, é que a partir desses adesivos podem ser produzidos painéis com considerável resistência à umidade.

## **2.4 Painéis aglomerados**

Os painéis de madeira aglomerados são compósitos confeccionados a partir de partículas de materiais ligno-celulósicos, onde a madeira é a principal matéria-prima, com a adição de algum aglutinante (adesivo) e consolidado por meio da aplicação de calor e pressão. Geralmente, além do adesivo, é adicionada parafina junto à mistura das partículas para melhorar a estabilidade dimensional dos painéis. O fluxograma do processo produtivo dos painéis aglomerados e a representação esquemática das principais etapas do processo podem ser observados na Figura 3.

Esse tipo de painel surgiu na década de 40 com o objetivo de viabilizar a utilização de resíduos de madeira e a otimização da matéria-prima, escassa durante e logo após a II Guerra Mundial. Ao término da guerra, o processo produtivo e os equipamentos utilizados para a produção desses painéis foram modernizados e aperfeiçoados. Devido à multiplicidade de aplicações, o uso desse produto foi consolidado inicialmente na indústria moveleira e, em seguida, na construção civil, a partir do desenvolvimento das chapas de partículas estruturais Waferboard e OSB (HASELEIN, 1989; IWAKIRI, 2005).



**Figura 3.** Fluxograma simplificado do processo produtivo (a) (HASELEIN e PAULESKI, 2004) e principais etapas envolvidas na fabricação dos painéis aglomerados (b) (adaptado de MALONEY, 1993).

No Brasil, os painéis aglomerados só começaram a ser produzidos na década de 60. Na época, por se tratar de um produto novo no mercado nacional, o aglomerado passou por inúmeros questionamentos, principalmente, quanto às limitações técnicas, como alta absorção de água, inchamento em espessura, usinabilidade das bordas e problemas quanto à fixação de parafusos. Com o passar do tempo, a incorporação de novas tecnologias no processo, como uso de parafina, controle do gradiente de massa específica e sistemas de parafusamento mais eficientes, visando minimizar tais problemas, o aglomerado tornou-se uma das principais matérias-primas utilizadas pelo setor moveleiro nacional.

Atualmente, o aglomerado é o gênero de painel mais produzido e consumido no mundo e no Brasil, com a produção mundial superando os 100 milhões de metros cúbicos. O Brasil é apenas o nono na lista dos maiores produtores, com aproximadamente 2% da produção mundial, a qual é encabeçada pelos Estados Unidos (21%), Canadá (12%) e Alemanha (11%). Mais de 95% de toda a produção brasileira é utilizada para abastecimento do mercado interno (MATTOS et al., 2008).

## 2.5 Eucalipto como matéria-prima para confecção de aglomerados

A demanda crescente de produtos florestais aliada às restrições para a utilização de matéria-prima oriunda de florestas nativas, vem fazendo das espécies do gênero *Eucalyptus* uma importante alternativa para o desenvolvimento da indústria de base florestal. Segundo

Melo et al. (2008), o Brasil apresenta uma área de aproximadamente 5,74 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 3,55 milhões (pouco mais de 61%) com espécies do gênero *Eucalyptus*. Para Silva (2001), as espécies desse gênero apresentam alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas brasileiras, o que refletiu diretamente em sua produtividade e, por conseguinte, no volume de áreas plantadas. O mesmo autor destaca ainda que as espécies mais plantadas/utilizadas no Brasil são: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus viminalis*.

Para Haselein (1989) uma das principais dificuldades da utilização da madeira de *Eucalyptus* na fabricação de painéis de partículas está relacionada à colagem deficiente e absorção excessiva de água. Colagens deficientes foram observadas por Della Lucia e Vital (1981) e Schmidt-Hellerau (1968) ao estudarem o comportamento da madeira de diversas espécies de *Eucalyptus* na manufatura de painéis. No entanto, diversos pesquisadores vêm demonstrando que há viabilidade na confecção de aglomerados com algumas espécies de *Eucalyptus*, dentre eles Del Menezzi et al. (1996), Gouveia et al. (2003), Iwakiri et al. (2000), Tostes et al. (2004) e Cabral et al. (2007). No Brasil, já são produzidos industrialmente painéis aglomerados com madeira de algumas espécies do gênero *Eucalyptus*.

Especificamente, a espécie *Eucalyptus grandis* é considerada uma espécie de massa específica média, conforme observado por Lopes (2003), para indivíduos com 17 anos. Esse parâmetro proporciona condições adequadas para utilização em painéis aglomerados, o que já vem ocorrendo em escala industrial no Brasil. De acordo com Marra (1992), uma madeira de maior massa específica, além de apresentar baixa permeabilidade, produz uma alta massa específica a granel, fatores que influenciam negativamente na qualidade dos painéis produzidos. Cabral et al. (2007) afirmam que madeiras com massa específica superior a  $0,60 \text{ g/cm}^3$  normalmente não são aceitas para a fabricação de painéis aglomerados.

Hillis e Brown (1978) destacam que uma das limitações para a utilização da madeira de espécies do gênero *Eucalyptus* para manufatura de painéis pode ser a idade das árvores. Eles relatam que madeira de árvores adultas de *Eucalyptus* são, geralmente, mais duras e produzem flocos de baixa qualidade. Outro problema destacado foi à geração de grande quantidade de finos, o que pode ocorrer pelo tamanho dos vasos. Entretanto, os mesmo autores produziram painéis com *Eucalyptus grandis* de indivíduos com 10 anos de idade e massa específica de  $0,43 \text{ g/cm}^3$  e obtiveram bons resultados nos parâmetros tecnológicos avaliados.

## 2.6 Casca de arroz como matéria-prima para confecção de aglomerados

Com uma área de aproximadamente um milhão de hectares plantados, o estado do Rio Grande do Sul é destacadamente o maior produtor de arroz (*Oryza sativa* L.) do país, com um rendimento médio de 6.067 kg/ha, que corresponde a 46,3% da produção nacional (IBGE, 2005). Segundo Souza (1993), a casca corresponde a 20% do peso do arroz, dessa forma, considerando que o Brasil produz, em média, 12 milhões de toneladas ano, estima-se um rejeito em casca de 2,4 milhões de toneladas/ano.

A casca de arroz é um revestimento ou capa protetora formada durante o crescimento do grão, de baixa massa específica e elevado volume. É um material fibroso, cujos maiores constituintes são celulose (50%), lignina (30%) e compostos inorgânicos (20%). Apresenta ainda um elevado teor de sílica (POUEY, 2006).

Embora Vasishth (1971) tenha afirmado ser a casca de arroz inadequada para fabricação de chapas de partículas, devido à sua grande quantidade de sílica, fibras curtas e baixa resistência a substâncias alcalinas, Hancock e Chandramouli (1974) observaram propriedades similares entre painéis produzidos com casca de arroz e partículas de madeira. Já Casalina (1972) verificou uma maior resistência mecânica em painéis confeccionados com casca de arroz, quando comparados aos produzidos com serragem.

Pauleski (2005) verificou que o aumento na proporção de casca de arroz em relação às partículas de madeira (*Eucalyptus grandis*) em compósitos manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) diminuiu a absorção d'água e o inchamento em espessura. Por outro lado, a resistência mecânica aumentou para os painéis contendo maiores proporções de partículas de madeira.

Chen (1980) destaca que economicamente a utilização da casca de arroz na confecção de painéis aglomerados pode ser viável, pois os custos para o transporte da casca de arroz são competitivos com os custos para o transporte de partículas de madeira. A aquisição, no entanto, da casca de arroz pode sair mais barata, por se tratar de um resíduo agrícola que, na maioria das vezes, não é aproveitado. Já a madeira utilizada na produção de partículas poderia ser utilizada para manufatura de produtos de maior valor agregado.

Youngquist et al. (1993) expõem resultados que apontam a casca de arroz, dentre outros resíduos agrícolas, é um produto que pode ser utilizado na manufatura de painéis aglomerados com qualidade superior a exigida pelas normativas internacionais. Os mesmos autores mencionam ainda que, a casca de arroz, é um material fibroso e de baixa

permeabilidade, podendo ser necessária para a produção de chapas de qualidade, algum tratamento de quebra ou escarificação das partículas.

## **2.7 Resistência da madeira e derivados ao ataque de agentes xilófagos**

O conhecimento da durabilidade da madeira e de seus derivados é de suma importância para a recomendação de seu emprego mais adequado, evitando-se gastos desnecessários com a reposição de peças, reduzindo os impactos sobre as florestas remanescentes (PAES et al., 2007). Recentes estudos apontam a viabilidade técnica do uso da casca de arroz, resíduo abundante no Brasil, principalmente estado do Rio Grande do Sul, para a produção de painéis aglomerados, como já ocorre em alguns países Asiáticos. Uma das características mais notáveis dos painéis de casca de arroz é a sua durabilidade. Por se tratar de um material não lenhoso, é resistente ao ataque da maior parte dos xilófagos.

### **2.7.1 Ensaio de preferência alimentar a cupins**

A ASTM D - 3345 (1994) descreve o ensaio de resistência a madeira ou derivado a cupins xilófagos. Nesse método, os cupins subterrâneos são mantidos em recipientes contendo areia, onde pequenos blocos de madeira são expostos à população, de tamanho pré-determinado, por um período de quatro semanas. Ao término do ensaio, as amostras devem ser examinadas e o ataque avaliado com base em um critério subjetivo, que envolve a atribuição de notas. Conforme a Associação Francesa de Normalização (AFNOR - 41-539), citada por Lepage et al. (1986), a avaliação do ensaio deve envolver também a perda de massa percentual da madeira.

Em seu trabalho, Supriana (1985) apresenta algumas críticas aos métodos normalizados pela ASTM D - 3345 e AFNOR - 41-539, ao considerar que quando as madeiras são oferecidas em conjunto aos cupins, os resultados são mais realísticos. Isso se deve a alta seletividade de alimentação apresentada pelos térmitas. Além disto, Paes et al. (2007) destaca que outra vantagem deste método quando comparado ao normalizados pela ASTM e AFNOR, trata-se de um menor nível de estresse ao qual são submetidos os cupins, uma vez que, estes continuam em sua colônia.

Desse modo, alguns pesquisadores e instituições de pesquisa passaram a realizar o teste de preferência alimentar. No Brasil, o INPA (1991; 1993) a exemplo de outros pesquisadores, entre eles, Bustamante (1993), Abreu e Silva (2000), Paes et al. (2001; 2002;

2006; e 2007), Melo et al. (2004), Corrêa (2007) e Medeiros Neto (2008), vêm desenvolvendo e empregando ensaios de preferência alimentar de madeiras e derivados a cupins subterrâneos.

### 2.7.2 Resistência da madeira e derivados a fungos xilófagos

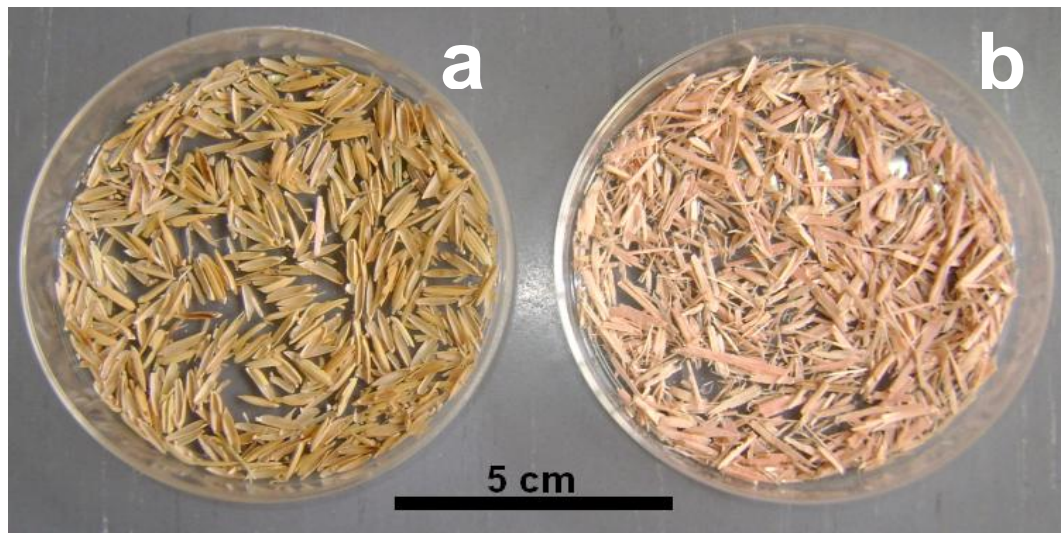
Frente à crescente demanda por madeira reflorestada e painéis reconstituídos pelos mercados doméstico e internacional, torna-se primordial a melhoria da qualidade desses produtos. Assim, o conhecimento acerca da resistência de painéis à base de materiais lignocelulósicos ao ataque de microorganismos deve servir de base para a prevenção da degradação e a correta destinação para uso do material (OKINO et al., 2007).

Estudos conduzidos por Schmidt et al. (1978) mostram que além da espécie utilizada, a geometria das partículas, a estrutura, o tipo e a proporção de adesivos empregados na confecção das chapas também influenciam na sua susceptibilidade ao ataque de microorganismos. Esses painéis, quando utilizados em locais de elevada umidade, estão sujeitos à degradação e, uma vez atacados, além da perda de peso, sofrem também diminuição da sua resistência mecânica. Okino et al. (1997) destaca que os principais fatores que influenciam a aptidão de microorganismos em colonizar materiais lignocelulósicos são a umidade, a temperatura, o oxigênio e o pH do material.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção e preparo da matéria-prima

Foram utilizadas partículas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e cascas de arroz (*Oryza Sativa* L.) (Figura 4). As árvores foram obtidas em povoamentos florestais homogêneos de aproximadamente 15 anos, localizados no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na cidade de Santa Maria, RS. As cascas foram obtidas no engenho de beneficiamento de arroz da Cooperativa de Arrozeiros Camobi, localizada na mesma cidade.



**Figura 4.** Matéria-prima utilizada para manufatura dos painéis aglomerados [casca de arroz (a) e partículas de madeira (b)].

Foram selecionadas para o abate três árvores com DAP superior a 40 cm, fuste reto e boas condições fitossanitárias. Destas, retiraram-se as duas primeiras toras com 2,70 m cada. Posteriormente, procedeu-se ao desdobro das toras com a retirada de tábuas de 5 cm de espessura, as quais foram resserradas com cortes perpendiculares a grã, para obtenção de blocos com 5 cm de espessura (sentido tangencial), 7 cm de comprimento (sentido longitudinal) e largura variável (sentido radial) conforme o diâmetro e a posição de obtenção das tábuas na tora.

Antes de serem transformados em lascas, os blocos de madeira foram imersos em água por dez dias objetivando uma maior facilidade do corte e a obtenção de lascas inteiras. Após a saturação, trinta blocos foram utilizados para determinação da massa específica básica da madeira (massa seca pelo volume saturado). A obtenção das lascas foi feita em um moinho de facas (*flaker*) ajustado para o corte de 0,55 mm de espessura. Desse modo, as dimensões

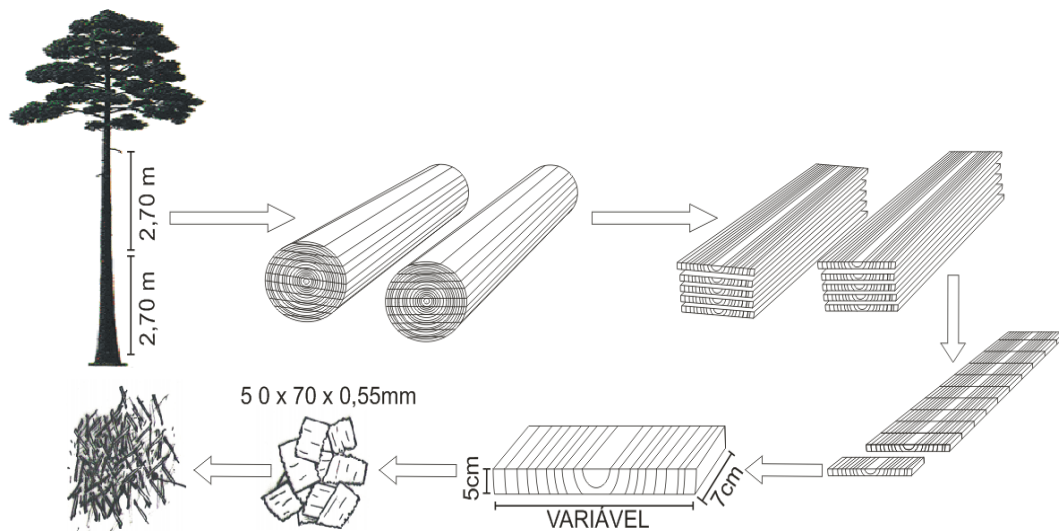
finais das lascas foram de aproximadamente 50 x 70 x 0,55 mm. Em seguida, as lascas foram submetidas à secagem ao ar por 15 dias, sendo posteriormente reduzidas a partículas em moinho de martelos equipado com peneira com orifícios de 8,0 mm de diâmetro (Figura 5).



**Figura 5.** Processo de obtenção das partículas de madeira utilizada na manufatura dos painéis. Imersão dos blocos de madeira em água (a); obtenção das lascas no *flaker* (b); revolvimento e secagem das lascas (c e d); peneira utilizada para obtenção das partículas (e); e transformação das lascas em partículas no moinho de martelos (f).



As partículas de madeira foram selecionadas em peneira de malha 1,0 x 1,0 mm, sendo aproveitadas as que não passaram pela malha. O esquema completo utilizado para obtenção das partículas de madeira pode ser observado na Figura 6. As partículas de casca de arroz, também foram passadas no moinho de martelos, mas utilizando-se uma peneira com orifícios de 6 mm de diâmetro. Esse processo foi realizado visando melhorar a interação entre o adesivo e a casca de arroz, conforme sugerido por Ndazi et al. (2006). As dimensões observadas para as partículas foram de  $19,04 \pm 2,72$  mm e  $9,87 \pm 1,09$  mm em comprimento, e de  $2,11 \pm 0,59$  mm e  $1,97 \pm 0,46$  mm em espessura ( $n = 50$ ) para madeira e casca de arroz respectivamente.



**Figura 6.** Sequência do processamento para obtenção das partículas de *Eucalyptus grandis* utilizadas na confecção dos painéis.

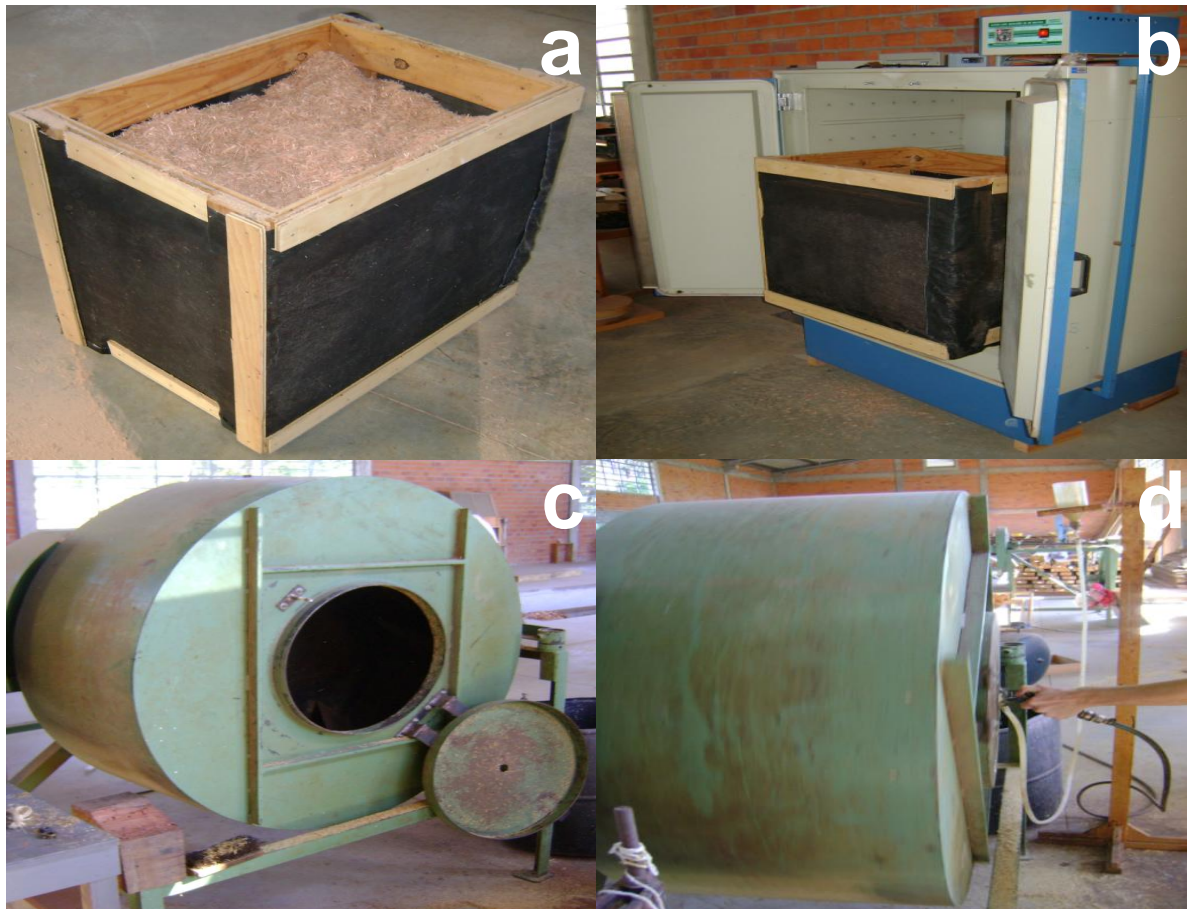
### 3.2 Adesivos utilizados

Foram utilizados os adesivos ureia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF). No caso da UF, foi empregada uma resina produzida industrialmente, contendo aproximadamente 65% sólidos. Já para o TF foi necessário produzi-la em laboratório. Na produção do TF, foi utilizado o tanino em pó extraído de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), o qual foi diluído a 50% em água, onde permaneceu por 24 horas para atingir a total hidratação. Posteriormente foi adicionado hidróxido de sódio (NaOH) até que o pH 8 fosse atingido. O formaldeído foi adicionado apenas no momento da aplicação do adesivo, sendo utilizado em 10% do teor de sólido da resina produzida.

### 3.3 Processo de produção dos painéis

As partículas selecionadas para madeira e casca de arroz foram condicionadas em estufa a 60°C durante 24 horas, onde alcançaram umidade de equilíbrio de aproximadamente 3%. Foram coletadas dez amostras de cada material (partículas de madeira e casca) para determinação do teor de umidade após o condicionamento. A composição dos painéis foi pré-estabelecida de modo que apresentassem 91% de partículas, 8% de adesivo e 1% de parafina, com massa específica de 0,65 g/cm<sup>3</sup> ao teor de umidade de equilíbrio (8%). A pré-determinação da massa específica foi baseada no peso seco das partículas e no teor de sólidos do adesivo e da parafina utilizada.

Ao serem retiradas da estufa, as partículas foram imediatamente levadas a um tambor rotativo, ocorrendo à mistura das partículas nas diferentes proporções quando necessária. O adesivo e a parafina em forma líquida foram aplicados por meio de pistola acionada por compressor de ar, com pressão de 8 kgf/cm<sup>2</sup> e vazão de 50 g/minuto (Figura 7).



**Figura 7.** Caixa para depósitos das partículas (a), secagem das partículas em estufa (b), tambor rotativo (c) e preparo da massa do colchão (d).

Juntamente com o adesivo e a parafina, foi aplicada a água necessária para ajustar o teor de umidade do colchão (TUc) a aproximadamente 12% para ureia-formaldeído e 20%, para tanino-formaldeído. Esse elevado teor de umidade do colchão para painéis confeccionados com adesivo TF é recomendado por Hillig (2000), que observou melhores propriedades físico-mecânicas em chapas produzidas com teores de umidade mais altos.

Gerada a massa que daria origem ao colchão, era retirada uma pequena amostra de 50 g para a determinação do teor de umidade do colchão e, quando esta apresentava uma variação superior a  $\pm 2\%$  da estimada, o material era descartado e o processo repetido. A mistura produzida foi pesada e levada a um molde de madeira de 50 x 50 x 20 cm, sobreposta em uma chapa de aço galvanizado com 1,0 mm de espessura e revestida com papel vegetal. Em seguida, foi realizada uma pré-prensagem à temperatura ambiente por aproximadamente 2 minutos em prensa manual (Figura 8a).



**Figura 8.** Prensagem do colchão a frio em caixa formadora (a), visualização frontal (b) e lateral (c) do colchão após prensagem manual, e prensagem definitiva a quente em prensa hidráulica (d).

Após a prensagem a frio, foi retirado o molde e colocado sobre o colchão outra chapa de aço galvanizada, também revestida com papel vegetal (Figura 8b e c). A prensagem definitiva foi realizada em prensa hidráulica com capacidade para aplicação de carga de 100 toneladas e pratos com dimensões de 60 x 60 cm (Figura 8d). Foi aplicada uma pressão específica de 30 kgf/cm<sup>2</sup> e a temperatura dos pratos ajustada para 180°C. O tempo de fechamento da prensa foi de 40 segundos e o tempo total de prensagem aplicado para promover a evaporação da água e a cura do adesivo foi de 8 e 10 minutos, para painéis colados com UF e TF, respectivamente.

A espessura do painel foi estabelecida por duas barras de aço com altura de 0,95 cm, as quais foram colocadas nas laterais do colchão, limitando o fechamento da prensa. Após a prensagem, as chapas foram identificadas, lixadas e tiveram suas bordas aparadas, passando para as dimensões 49 x 49 x 0,95 cm. Essas foram dispostas em câmara climatizada (20°C e 65% de umidade relativa) até peso constante. Após a climatização, os corpos-de-prova foram confeccionados para os ensaios físicos, mecânicos e biológicos e novamente levados a câmara climatizada, onde permaneceram até o momento dos testes.

### 3.4 Tratamentos avaliados

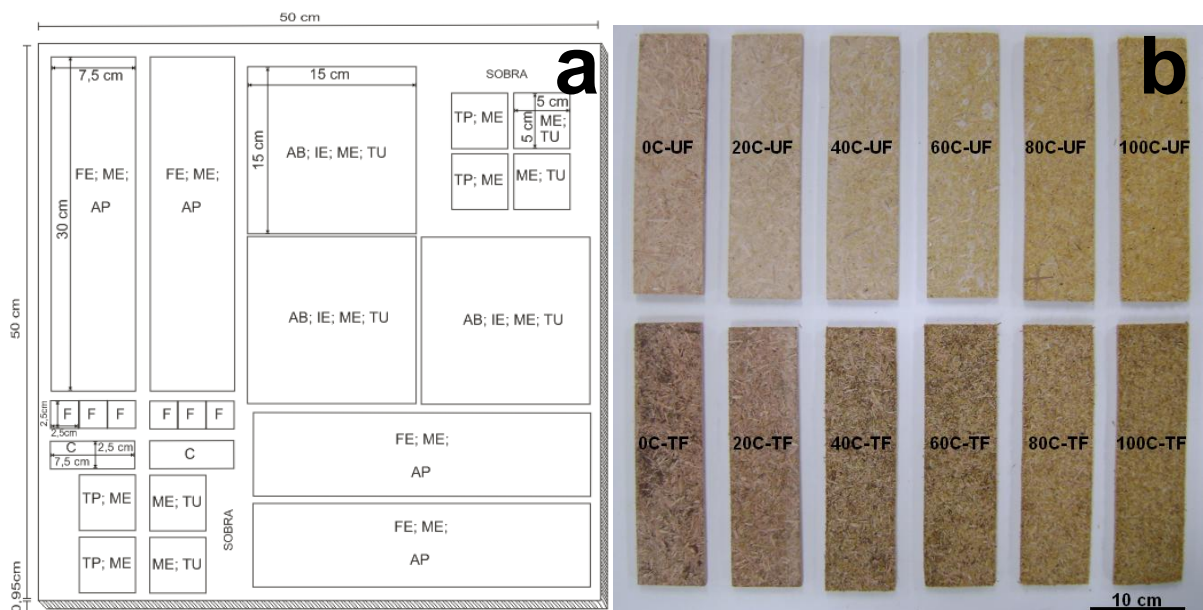
As variáveis estudadas foram seis diferentes proporções entre as partículas (madeira e casca de arroz) e dois tipos de adesivos (ureia-formaldeído e tanino-formaldeído), perfazendo 12 tratamentos (Tabela 1). Ao todo, foram confeccionados 72 painéis aglomerados, seis para cada tratamento, com as dimensões de 50 x 50 x 0,95 cm, todos confeccionados com massa específica nominal de 0,65 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabela 1.** Composições utilizadas na confecção dos painéis com as diferentes proporções entre madeira e casca de arroz.

Identificação	Tipo de Adesivo	Partículas (%)	
		Madeira	Casca de Arroz
0C - UF	Ureia-Formaldeído	100	0
20C - UF		80	20
40C - UF		60	40
60C - UF		40	60
80C - UF		20	80
100C - UF		0	100
0C - TF	Tanino-Formaldeído	100	0
20C - TF		80	20
40C - TF		60	40
60C - TF		40	60
80C - TF		20	80
100C - TF		0	100

### 3.5 Ensaios físicos, mecânicos e biológicos

As amostras para os ensaios foram retiradas conforme ilustrado na Figura 9. Para avaliação da qualidade das chapas produzidas, foram realizados ensaios físicos (teor de umidade; massa específica; absorção d'água; inchamento em espessura) e mecânicos (flexão estática; arrancamento de parafusos e ligação interna), adotando as recomendações da norma ASTM D 1037 (1998) e, os biológicos (resistência a fungos e preferência alimentar por cupins), seguido recomendações da ASTM D-2017 (1994) para os ensaios com fungos e de Supriana (1985), para os ensaios de preferência alimentar aos térmitas.



**Figura 9.** Modelo de corte das chapas para a confecção dos corpos-de-prova (a) e amostras de cada tratamento utilizadas para teste de flexão estática (b). (Ensaio: FE = flexão estática; ME = massa específica; TU = teor de umidade; AP = arrancamento de parafusos; AB = absorção de água; IE = inchamento em espessura; TP = tração perpendicular a superfície do painel; F = ensaios biológicos de resistência a fungos; C = ensaios de preferência alimentar dos cupins).

#### 3.5.1 Massa específica e teor de umidade

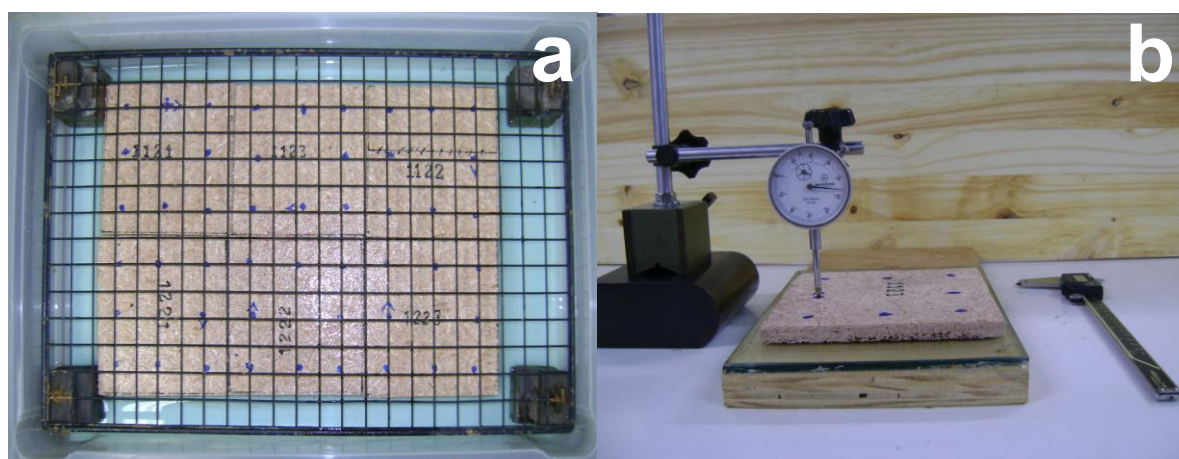
Utilizou-se amostras de 5 x 5 x 0,95 cm, em largura, comprimento e espessura. Foram tomadas as dimensões e o peso ao teor de umidade de equilíbrio, e novamente o peso após secas em estufa (103°C). Esses dados foram utilizados para o cálculo da massa específica aparente (ME) e do teor de umidade de equilíbrio (TU<sub>eq</sub>) de cada amostra (Equações 1 e 2). Para esses ensaios foram utilizadas quatro amostras por painel, o que totalizou 24 para cada tratamento.

$$ME (\%) = \frac{\text{Massa ao teor de umidade de equilíbrio (g)}}{\text{Volume ao teor de umidade de equilíbrio (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

$$TUEq (\%) = \frac{\text{Massa a umidade de equilíbrio} - \text{Massa seca}}{\text{Massa a umidade de equilíbrio}} \times 100 \quad (2)$$

### 3.5.2 Absorção d'água e inchamento em espessura

Utilizaram-se amostras de 15 x 15 x 0,95 cm, em largura, comprimento e espessura, as quais foram horizontalmente imersas em uma bandeja, com uma lâmina de 2,54 cm de água com temperatura aproximada de 20°C sob as amostras. Para que as amostras ficassem sempre submersas foi utilizada uma grade, conforme pode ser observado na Figura 10(a). De cada painel, foram retiradas três amostras para esse teste, o que totalizou 18 amostras para cada tratamento.



**Figura 10.** Imersão dos corpos-de-prova em água (a) e instrumentos utilizados para avaliação da instabilidade dimensional (b).

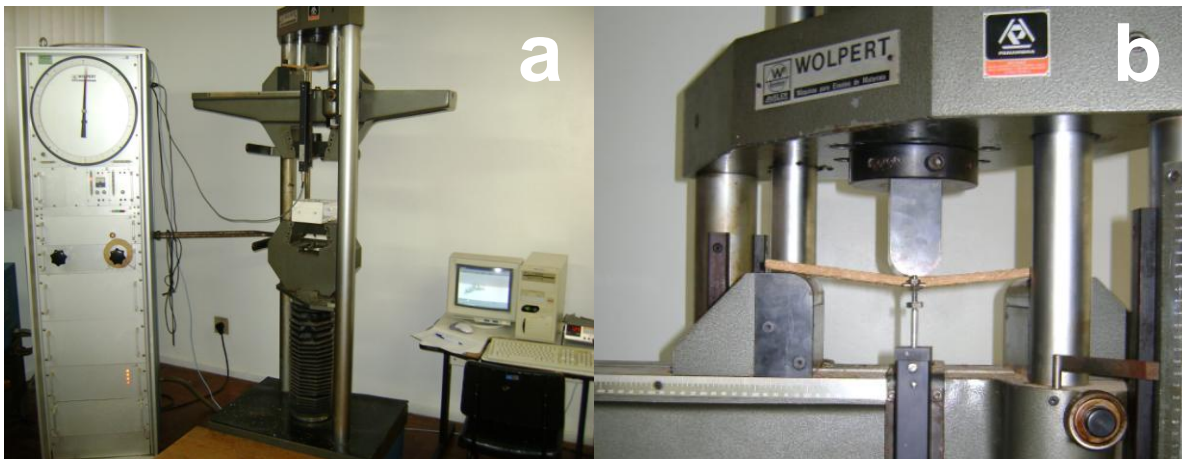
Em cada uma das amostras, foram demarcados oito pontos em suas superfícies e tomados seus valores de espessura por meio de relógio comparador. As dimensões laterais foram tomadas com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm (Figura 10.b), e o peso com balança analítica, com precisão de 0,01 g. Todas essas variáveis foram obtidas das amostras ao teor de umidade de equilíbrio e, após 2 e 24 horas de imersão em água. Posterior aos testes, as amostras foram levadas à estufa (103°C) e os resultados obtidos utilizados na determinação da massa específica e do teor de umidade em que as amostras se encontravam no decorrer dos ensaios. A análise da estabilidade dimensional das amostras foi realizada por meio de cálculos de absorção d'água (Equação 3) e inchamento em espessura (Equação 4), os quais foram realizados em conformidade com as normas da ASTM D 1037 (1995).

$$IE (\%) = \frac{\text{Espessura média final} - \text{Espessura média inicial}}{\text{Espessura média inicial}} \times 100 \quad (3)$$

$$Ab (\%) = \frac{\text{Massa média final} - \text{Massa média inicial}}{\text{Massa média inicial}} \times 100 \quad (4)$$

### 3.5.3 Flexão estática

Foram ensaiadas amostras com 29 x 7,5 x 0,95 cm, em comprimento, largura e espessura, três para cada painel, totalizando 18 por tratamento. O vão entre apoios foi de 24 vezes a espessura (22,8 cm), e a velocidade de aplicação de carga de aproximadamente 5 mm/minuto, obtida pela Equação 5 (ASTM D - 1037, 1995). Os testes foram realizados em máquina universal de ensaios, hidráulica, com capacidade para 20 toneladas (Figura 11).



**Figura 11.** Máquina de ensaios utilizada (a) e detalhe do teste de flexão estática (b).

Antes do ensaio, foram tomadas as dimensões e massa a umidade de equilíbrio para determinação da massa específica. Após o ensaio, foram determinados os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) das amostras ensaiadas, utilizando as Equações 6 e 7.

$$N = \frac{z \times L^2}{6 \times d} \quad (5)$$

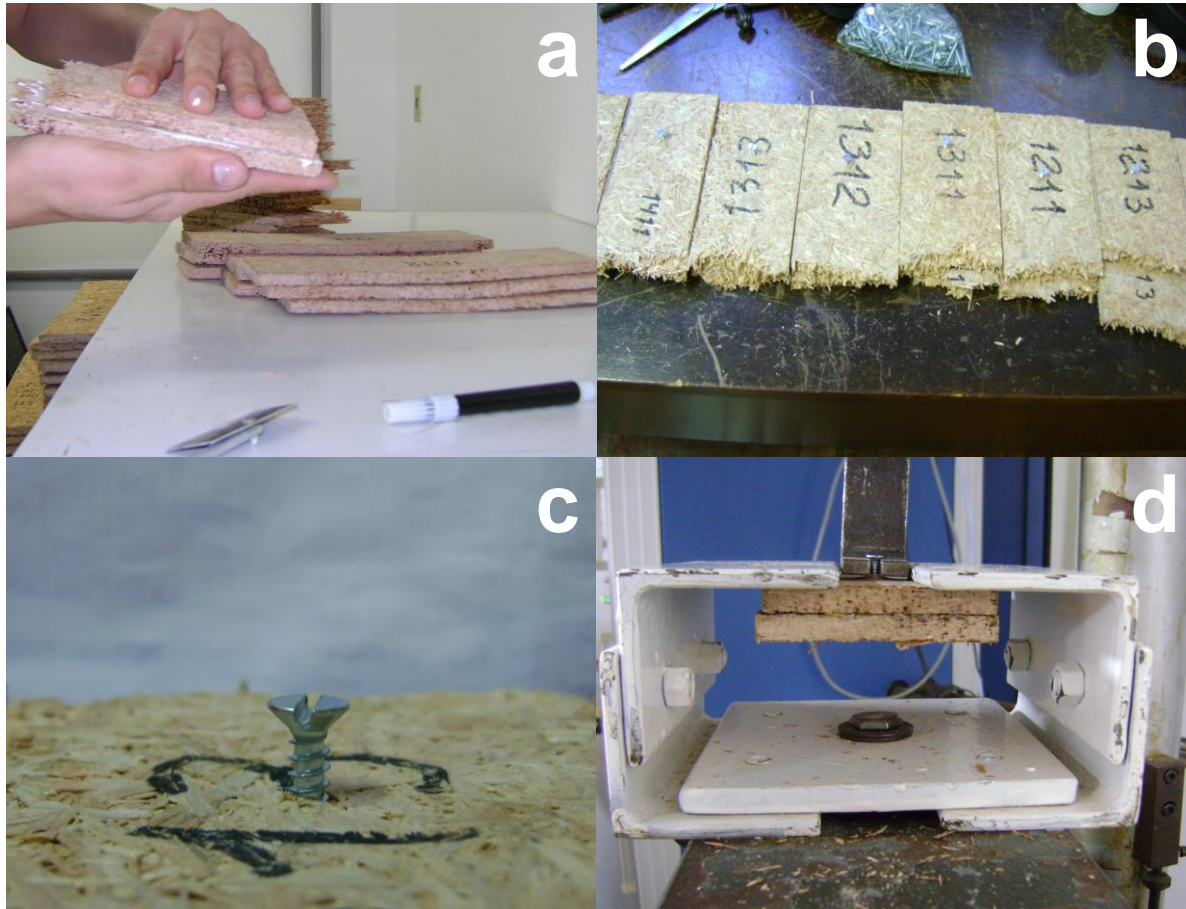
$$MOE = \frac{bl \times L^3}{4 \times b \times h^3} \quad (6)$$

$$MOR = \frac{3 \times P \times (L/2)}{b \times h^2} \quad (7)$$

Em que: N = velocidade de aplicação de carga (mm/minuto); z = unidade de deslocamento da fibra (mm/mm); L = comprimento da amostra (mm); d = espessura da amostra (mm); P = carga máxima aplicada (kgf/cm<sup>2</sup>); bl = coeficiente de inclinação da reta de regressão; L = vão entre os pontos de apoio (cm); b = largura da amostra (cm); h = espessura da amostra (cm).

### 3.5.4 Arrancamento de parafusos

Foram utilizados os mesmos corpos-de-prova em que foram realizados os testes de flexão estática. Depois de rompidos, os dois lados resultantes dessas amostras foram colados um sob o outro, o que deu origem a uma nova amostra com as dimensões de 14,5 x 7,5 x 1,9 cm, em comprimento, largura e espessura (Figura 12).



**Figura 12.** Etapas para realização dos ensaios de resistência ao arrancamento de parafusos. [Colagem das amostras utilizadas no ensaio de flexão estática (a); inserção dos parafusos (b); detalhe do parafuso inserido (c); realização do ensaio de resistência ao arrancamento de parafusos (d)].

Nas novas amostras produzidas, foi realizada uma perfuração ao longo da espessura e perpendicular à superfície da chapa, utilizando uma broca de 3,2 mm de diâmetro. Nesse orifício, parafusos com 3,5 mm de diâmetro, 2,54 cm de comprimento e com 16 roscas/polegada foram introduzidos até  $\frac{2}{3}$  de seu comprimento. Posteriormente, foram realizados os testes na máquina universal de ensaios, onde foi obtida a resistência máxima ao arrancamento dos parafusos, utilizando-se a velocidade aproximada de 1,5 mm/minuto.



### 3.5.5 Tração perpendicular à superfície do painel

Para análise do desempenho do painel quanto a sua ligação interna (LI), Equação 8, foram utilizadas amostras de 5 x 5 x 0,95 cm, em largura, espessura e comprimento. Essas amostras foram coladas em blocos de metal com adesivos termoplásticos tipo *hot melt*. Para aplicação do adesivo, os blocos de metal eram aquecidos em chapas aquecedoras a temperaturas entre 150 e 200°C. Depois de fixados, aguardava-se o esfriamento dos blocos para realização dos testes na máquina universal de ensaios. A velocidade do teste foi ajustada com base na espessura das amostras, em 0,76 mm/minuto (Figura 13). De cada painel foram retiradas quatro amostras para este teste, totalizando 24 por tratamento. Antes dos testes, foi determinada a massa específica ao teor de umidade de equilíbrio de cada amostra.

$$LI = \frac{\text{Carga máxima (kgf)}}{\text{Área de esforço (cm}^2\text{)}} \quad (8)$$



**Figura 13.** Etapas para realização dos ensaios de tração perpendicular à superfície do painel. [Aplicação do adesivo termoplástico tipo *hot melt* (a); colagem dos corpos-de-prova (b); realização do ensaio de tração perpendicular (c); detalhe da ruptura de uma das amostras (d)].

### 3.5.6 Ensaio de preferência alimentar a cupins subterrâneos

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Biodeterioração de Madeiras da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, Paraíba. Foram retiradas de cada painel duas amostras com as dimensões de 7,5 x 2,5 x 0,95 cm, em comprimento, largura e espessura respectivamente. Destas, foi selecionada apenas uma, sendo a representação do ensaio feita por seis amostras/tratamento, uma de cada painel produzido. Além das amostras retiradas dos painéis, foram submetidas ao ensaio corpos-de-prova de mesma dimensão da madeira do alburno de *Pinus* sp., utilizada como padrão de comparação, por recomendações da ASTM D – 3345 (1994).

Cada amostra, antes do ensaio, foi seca em estufa à temperatura de 103°C, durante 48 horas e pesados em uma balança com 0,01g de precisão, para a determinação da massa seca e, posterior comparação com a massa obtida ao término dos testes. O ensaio foi montado em caixa de fibra-cimento com capacidade para 250 L, que continha uma camada de 10 cm de areia com umidade ajustada para 75% da capacidade de retenção com a adição de água destilada (Figura 14a).

As amostras foram distribuídas, segundo um delineamento em blocos ao acaso, considerando dois tipos de adesivos, seis proporções de casca nos painéis e seis repetições por cada tratamento, além da testemunha (madeira do alburno de *Pinus* sp.). Embora nesses ensaios, geralmente as amostras sejam enterradas até metade de seu comprimento, a provável dificuldade da retiradas das amostras após ensaios, devido à elevada umidade da areia, fez com que houvesse uma adaptação na metodologia. Deste modo, ao invés de enterradas, foi posta sobre areia uma bandeja de metal, onde as amostras ficaram dispostas horizontalmente (Figura 14b).

A colônia de *Nasutitermes corniger* Motsch. coletada no Campus de Patos da UFCG, foi disposta numa grelha de 30 x 40 x 0,5 cm, apoiada em quatro tijolos de oito furos postos sobre a camada de areia contida na caixa (Figura 14c). A caixa foi apoiada sobre quatro blocos cerâmicos postos em bandejas de plástico de 30 x 40 x 5 cm, contendo água e uma fina camada de óleo queimado, para evitar a fuga dos térmitas. Outra medida de objetivo semelhante, foi à cobertura da caixa com uma tela de náilon (Figura 14d). As amostras ficaram expostas à ação dos cupins durante 45 dias, em sala climatizada (27°C e 75% de umidade relativa). Após o ensaio, as amostras foram secas, sob as condições já citadas, e pesadas para avaliar a porcentagem de perda de massa.



**Figura 14.** Caixa de fibra-cimento com capacidade 250L com a camada de 10 cm de areia (a), disposição das amostras em blocos ao acaso (b), instalação da colônia sob as amostras (c) e visualização externa da caixa fibra-cimento com meios utilizados para evitar a fuga dos térmitas (d).

### 3.5.7 Ensaio de resistência a fungos xilófagos

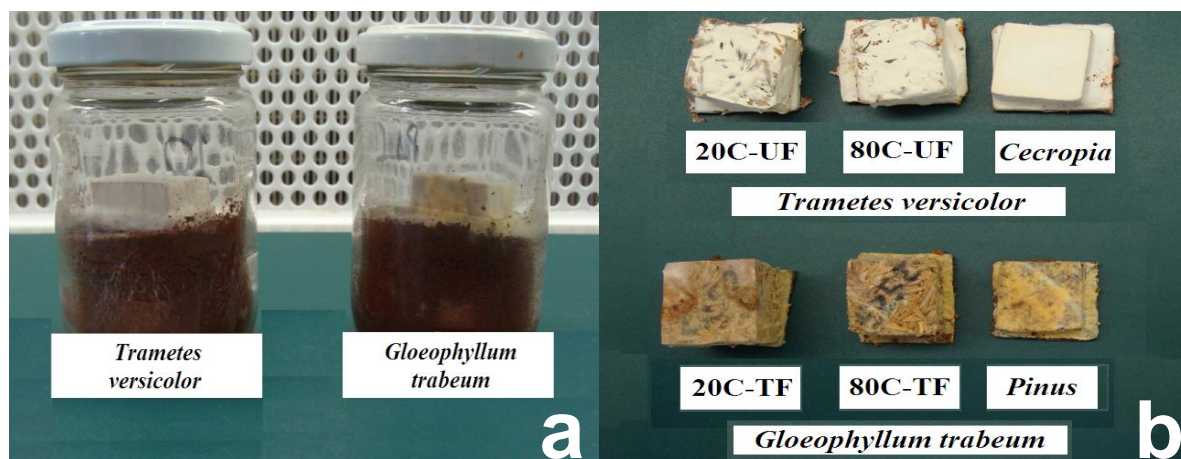
Os ensaios de apodrecimento acelerado foram conduzidos no Setor de Biodegradação e Preservação da Madeira, do Laboratório de Produtos Florestais (LPF) / Serviço Florestal Brasileiro, em Brasília, DF, seguindo a metodologia proposta pela ASTM D 2017 (2005). Para realização dos testes, foram retiradas de cada painel seis amostras, nas dimensões de 2,5 x 2,5 x 0,95 cm em comprimento, largura e espessura, respectivamente.

Foram empregadas duas espécies de fungos xilófagos provenientes da coleção do próprio LPF, uma deles, causador da podridão branca (*Trametes versicolor* (L.; Fr.) Pilat), e outro, causadora da podridão parda (*Gloeophyllum trabeum* (Pers.; Fr.) Karter). Os fungos foram repicados em meio de cultura de malte líquido, e levados à incubadora (26°C e 70% de umidade relativa), até o micélio recobrir totalmente a superfície do meio (três semanas). No momento da inoculação, o micélio foi fragmentado em um liquidificador doméstico, para

facilitar o trabalho de inoculação. Todas as operações de manipulação dos fungos, foram efetuadas assepticamente em capela de fluxo laminar.

Os ensaios foram montados em frascos de vidro transparente, com boca larga, tampa rosqueável, capacidade de 190 mL, contendo 70 g de solo (horizonte B), livre de matéria orgânica. O solo recebeu previamente a adição de calcário, para elevar o pH até 6,0 e, em seguida, tiveram sua umidade ajustada para 130% da capacidade de retenção, com a adição de 31 mL/frasco de água deionizada. Em cada frasco foi colocada uma placa suporte (*feeder strips*) de madeira proveniente do alburno de *Pinus* sp. (para o cultivo de *Gloeophyllum trabeum*) ou de *Cecropia* sp. (para o cultivo de *Trametes versicolor*) com dimensões de 35 x 29 x 3 mm.

A seguir, os frascos foram autoclavados a 127°C por 45 minutos e, após o resfriamento, em cada frasco foi inoculado 2 mL do meio de cultura, contendo o micélio fragmentado. Posteriormente, os frascos foram levados à incubadora (26°C e 70% de umidade relativa), até o micélio cobrir completamente a placa suporte (quatro semanas). Após a colonização das placas suporte, adicionou-se um corpo-de-prova em cada frasco (Figura 15a), que antes disso, tiveram sua massa obtida ao permanecerem em estufa de circulação de ar forçada de ar, a temperatura de 50°C, até atingirem massa constante e foram esterilizados em autoclave a 127°C por 40 minutos. As amostras permaneceram em contato com os fungos por 14 semanas na incubadora em condições já descritas. Em seguida, foram retiradas dos frascos de ensaio (Figura 15b), submetidas a uma limpeza para remoção do excesso de micélio aderido e, levadas novamente a estufa sob condições já mencionadas para determinação da perda de massa. Com base na perda de massa, os painéis foram classificados segundo os critérios estabelecidos da ASTM D 2017 (2005), apresentado na Tabela 2.



**Figura 15.** Frascos de vidros com amostras dos painéis já inoculadas (a) e amostras de alguns tratamentos após o término dos ensaios (b).

**Tabela 2.** Classes de resistência a fungos xilófagos ASTM D 2017 (2005).

Classe de Resistência	Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)
Muito Resistente (MR)	0 – 10	90 – 100
Resistente (R)	11 – 24	76 – 89
Resistência Moderada (RM)	25 – 44	56 – 75
Não-Resistente (NR)	> 45	> 55

### 3.6 Análises dos resultados

Os resultados das propriedades físico-mecânicas foram avaliados por análise de regressão. Para isso, foi realizada a modelagem dos parâmetros com o auxílio do Software Statistical Analysis System – SAS<sup>®</sup> (1998), utilizando o procedimento Stepwise, com as variáveis avaliadas (y) em função do percentual de casca nos painéis (PC), de acordo com o modelo máximo pré-estabelecido na Equação 9, e quando possível, em função da interação entre PC e massa específica ao teor de umidade de equilíbrio (ME) (modelo máximo na Equação 10), exceto para ensaios biológicos com fungos e cupins (modeladas apenas com base na Equação 9).

$$y = f\{PC; PC^2; 1/PC; \sqrt{PC}; Ln(PC); e^{(PC)}\} \quad (9)$$

$$y = f\{[PC; PC^2; 1/PC; \sqrt{PC}; Ln(PC); e^{(PC)}]^x [ME; ME^2; 1/ME; \sqrt{ME}; Ln(ME); e^{(PC)}]\} \quad (10)$$

Para todos os modelos gerados foram avaliadas as condicionantes de regressão, independência dos dados, normalidade e homogeneidade de variância, pelos testes de Durbin Watson, Shapiro Wilk e Withe Test, respectivamente. Quando não satisfeitas às duas últimas condicionantes, foi realizada a transformação dos dados, conforme recomendado por Schneider et al. (2009). Para auxiliar nas análises dos resultados, também foram realizadas análises de correlações simples entre as variáveis pelo teste de Pearson.

Foi realizada ainda análise fatorial com posterior comparação das médias pelo teste de Scott-Knott. O modelo experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (exceto para os ensaios com cupins, que foi em blocos casualizados), com seis repetições para cada tratamento e arranjo bi-fatorial  $6^x2$ . Os fatores avaliados foram: percentual de casca nos painéis, com seis níveis (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) e; tipo de adesivo utilizado, com dois níveis (UF e TF). Para os ensaios com fungos, foi incluindo ainda um terceiro fator, a espécie do fungo, com dois níveis (*Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*), tornando um arranjo tri-fatorial  $6^x2^x2$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Propriedades físicas

#### 4.1.1 Teor de umidade

Após serem colocadas em estufa a 60°C por 24 horas, as partículas de madeira e casca de arroz apresentaram em média  $3,21 \pm 0,24\%$  e  $2,97 \pm 0,37\%$ , respectivamente, de teor de umidade. Para fins práticos, o teor de umidade das partículas no momento da manufatura dos painéis foi considerado para ambos os casos como 3%.

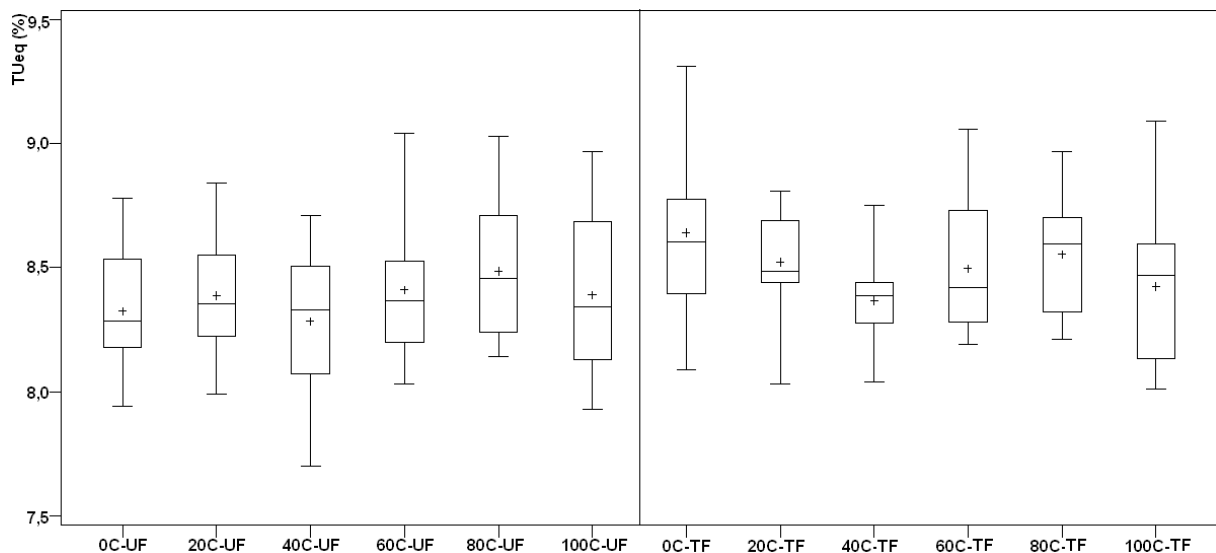
Quanto ao teor de umidade do colchão (Tabela 3), para os tratamentos com ureia-formaldeído, pré-estabelecido em 12%, os resultados oscilaram entre 11,21 e 13,09%, e para tanino-formaldeído, pré-estabelecido em 20% e a variação ficou entre 19,40 e 21,62%. Vários fatores podem ter influenciado nessa variação, um deles é própria diferença de umidade das partículas ao saírem da estufa. Outra influência deve-se às pequenas parcelas dos produtos aplicados (água, adesivo e parafina) que são perdidas por aderirem nos instrumento (mangueira, pistola e tambor misturador). Por esses motivos, Hillig (2000) destaca que pequenas variações nesse parâmetro são comuns, por se tratar de uma variável de difícil controle.

**Tabela 3.** Valores de massa específica nominal e observada (MEn e MEo), teor de umidade de colchão (TUc) e teor de umidade de equilíbrio (TUEq) dos painéis.

Tratamento	Partículas (%)		MEn (g/cm <sup>3</sup> )	MEo (g/cm <sup>3</sup> )	TUc (%)	TUEq (%)
	Madeira	Casca				
0C - UF	100	0	0,65	0,66	12,54	8,32
20C - UF	80	20		0,67	12,47	8,39
40C - UF	60	40		0,67	13,09	8,29
60C - UF	40	60		0,64	12,34	8,41
80C - UF	20	80		0,63	11,21	8,49
100C - UF	0	100		0,63	11,89	8,39
0C - TF	100	0		0,66	19,40	8,64
20C - TF	80	20		0,68	21,62	8,52
40C - TF	60	40		0,67	19,94	8,37
60C - TF	40	60		0,66	21,06	8,50
80C - TF	20	80	0,64	20,79	8,55	
100C - TF	0	100	0,64	19,68	8,42	

O teor de umidade de equilíbrio médio das amostras retiradas das chapas variou entre 8,39 e 8,64% (Figura 16). Percebe-se que o acréscimo da casca de arroz nos painéis confeccionados não influenciou na umidade de equilíbrio desses painéis. Todos os tratamentos obtiveram um padrão de variação semelhante, não sendo observadas diferenças

bruscas entre eles. Essa baixa variabilidade proporciona uma maior confiabilidade nos demais resultados obtidos, já que a umidade do painel pode interferir significativamente em suas propriedades. Em todos os casos, o sinal que representa a média dos valores obtidos (+) ficou relativamente próxima da linha que representa a mediana, o que é considerado um forte indício de normalidade dos dados avaliados.



**Figura 16.** Amplitude de variação do teor de umidade de equilíbrio (TUEq) dos painéis para os diferentes tratamentos avaliados.

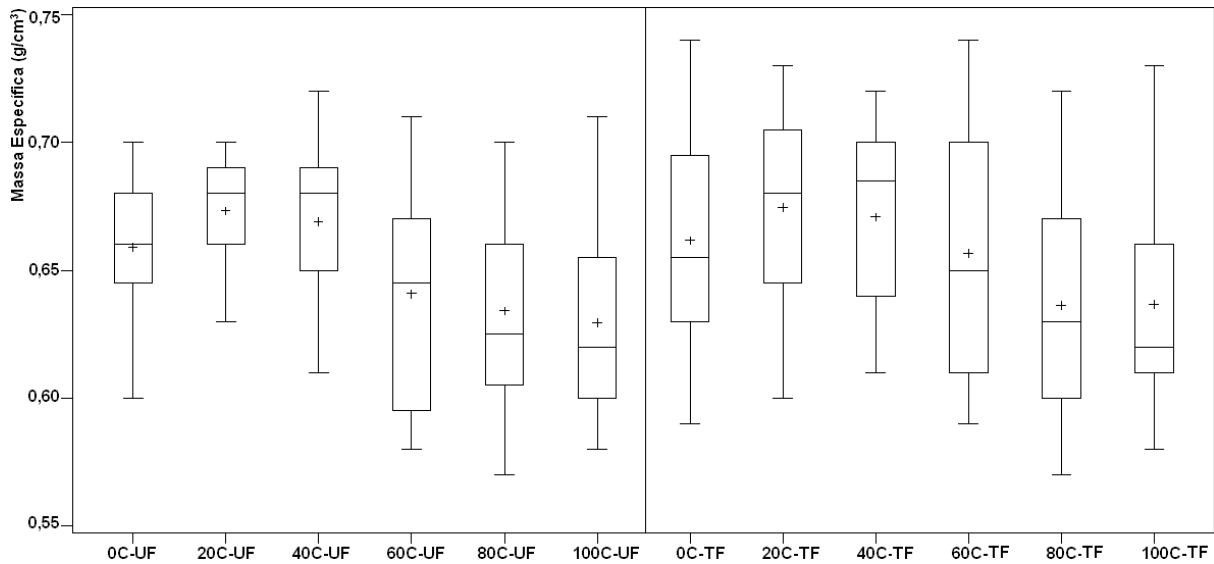
#### 4.1.2 Massa específica

A massa específica básica média observada para a madeira de *Eucalyptus grandis* foi de  $0,51 \pm 0,04 \text{ g/cm}^3$ . Esses resultados foram superiores aos observados por Ferreira (1996) e Lopes (2003), que observaram para a mesma espécie  $0,43 \text{ g/cm}^3$  e  $0,46 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente. Já Ciniglio (1998) encontrou valor superior ao desse estudo ( $0,57 \text{ g/cm}^3$ ). Essa variabilidade nos resultados encontrados para uma mesma espécie pode ser atribuída à idade dos indivíduos, fatores ambientais ou genéticos (TOMAZELLO FILHO, 1987).

Para os painéis produzidos, os valores de massa específica média ao teor de umidade de equilíbrio variaram entre  $0,63$  e  $0,67 \text{ g/cm}^3$ , quando confeccionados com ureia-formaldeído, e entre  $0,64$  a  $0,68 \text{ g/cm}^3$ , quando confeccionados com tanino-formaldeído (Tabela 3), tendo, em ambos os casos, resultados relativamente próximos aos pré-estabelecidos pela massa específica nominal, que fora de  $0,65 \text{ g/cm}^3$ .

Foram observadas variações de massa específica entre tratamentos, entre painéis de um mesmo tratamento e dentro de um mesmo painel (Figura 17). Essa pequena variação, também observada por Hillig (2000) e Dacosta (2004), ocorre 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. Iwakiri (1989) relata ainda que o material utilizado para confecção dos painéis, o teor de umidade das partículas e as diferenças de massa específica entre partículas também podem proporcionar variações na massa específica final do painel.



**Figura 17.** Amplitude de variação da massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio dos painéis para os diferentes tratamentos avaliados.

Tanto para os painéis produzidos com adesivos tânicos como para os produzidos com adesivos ureicos, foi observado que as chapas produzidas com maiores proporções de casca de arroz obtiveram valores de massa específica média inferiores aos produzidos com maior percentual de madeira.

Na Tabela 4, observa-se que o acréscimo de casca no painel proporcionou uma correlação negativa ( $R = -0,30$ ;  $p < 0,01$ ) na massa específica dos painéis confeccionados com tanino-formaldeído. Já para UF, embora também tenha demonstrado uma correlação negativa ( $R = -0,17$ ;  $p = 0,08$ ), essa correlação não foi significativa ( $p > 0,05$ ). Acredita-se que essa influência tenha ocorrido principalmente por irregularidades observadas visualmente nas superfícies e nas bordas desses painéis e, como a massa específica fora determinada pelo método estequiométrico não foram dimensionadas. Entretanto, Hillig (2000) destaca que aspectos como o teor de umidade do colchão, a umidade adquirida pelas partículas ao saírem da estufa, a heterogeneidade espacial das partículas na formação do colchão, dentre outros fatores, também podem ter interferido nesse parâmetro.



#### 4.1.3 Absorção de água

A absorção de água (Ab) foi um dos parâmetros que apresentou o maior número de correlações significativas, onde a ME dos painéis confeccionado com UF a única correlação não significativa (Tabela 4). As melhores correlações encontradas para a absorção d'água foram entre Ab2<sup>x</sup>PC (0,79), Ab24<sup>x</sup>IE24 (0,78) e Ab24<sup>x</sup>PC (0,65) para chapas que utilizaram UF, e entre Ab24<sup>x</sup>PC (0,80), Ab2<sup>x</sup>Ab24 (0,78) e Ab2<sup>x</sup>PC (0,75) para as que utilizaram TF.

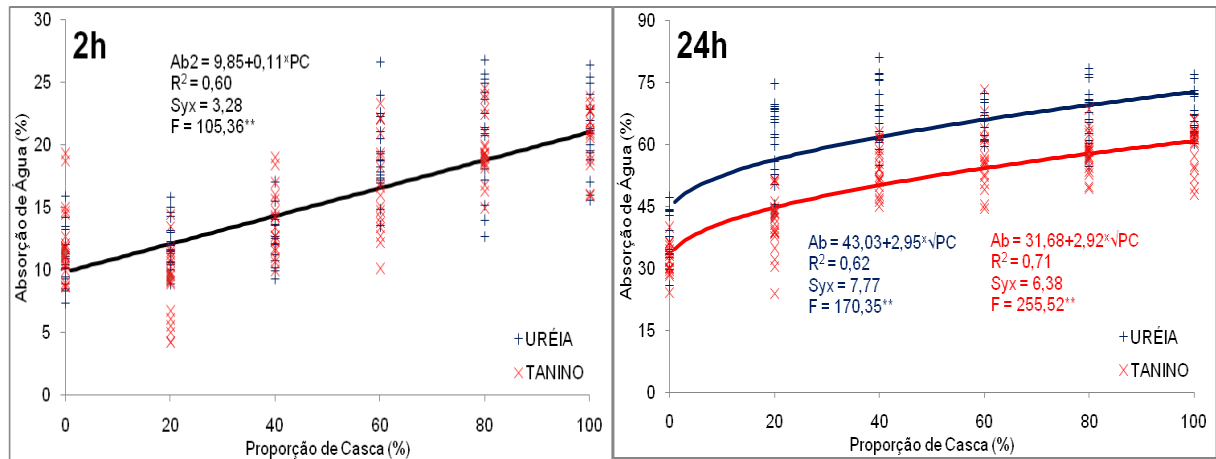
**Tabela 4.** Análise de correlações entre os parâmetros físicos dos painéis confeccionados com ureia-formaldeído e tanino-formaldeído.

Ureia-Formaldeído					
	ME	IE2	Ab2	IE24	Ab24
PC	-0,17 <sup>NS</sup>	0,76**	0,79**	0,67**	0,65**
ME		-0,29**	-0,25**	-0,21*	-0,10 <sup>NS</sup>
IE2			0,65**	0,56**	0,48**
Ab2				0,63**	0,63**
IE24					0,78**
Tanino-Formaldeído					
	ME	IE2	Ab2	IE24	Ab24
PC	-0,30**	0,74**	0,75**	0,80**	0,80**
ME		-0,19*	-0,55**	-0,16 <sup>NS</sup>	-0,42**
IE2			0,63**	0,80**	0,54**
Ab2				0,69**	0,78**
IE24					0,66**

PC = percentual de casca; ME = massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio; IE2 e IE24 = inchamento em espessuras as 2 e 24 horas; Ab2 e Ab24 = absorção de água as 2 e 24 horas; \*\*, \* e <sup>NS</sup> = significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de correlação de Pearson.

As equações ajustadas para absorção de água as 2 e 24 horas para os diferentes adesivos podem ser observadas na Figura 18 (análise de variância das regressões no Anexo II – Tabela 23). Para Ab2, devido à visual superposição dos dados, foi realizada análise de covariância, a qual indicou ser não significativa a variação entre adesivos (análise de covariância na Anexo II – Tabela 24).

As equações modeladas apresentaram ajuste significativo, com o melhor evidenciado para Ab24 em painéis confeccionados com TF ( $R^2 = 0,71$ ). Observa-se em todos os casos, que o aumento o percentual de casca nos painéis proporcionaram os maiores valores de absorção de água as 2 e 24 horas. Resultado diferente do observado por Pauleski (2005), que verificou que o aumento na proporção de casca de arroz em relação às partículas madeira de *Eucalyptus grandis* em compósitos manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) diminuiu a absorção d'água e o inchamento em espessura dos painéis.



**Figura 18.** Valores de absorção de água (%) observados e estimados para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído as 2 e 24 horas.

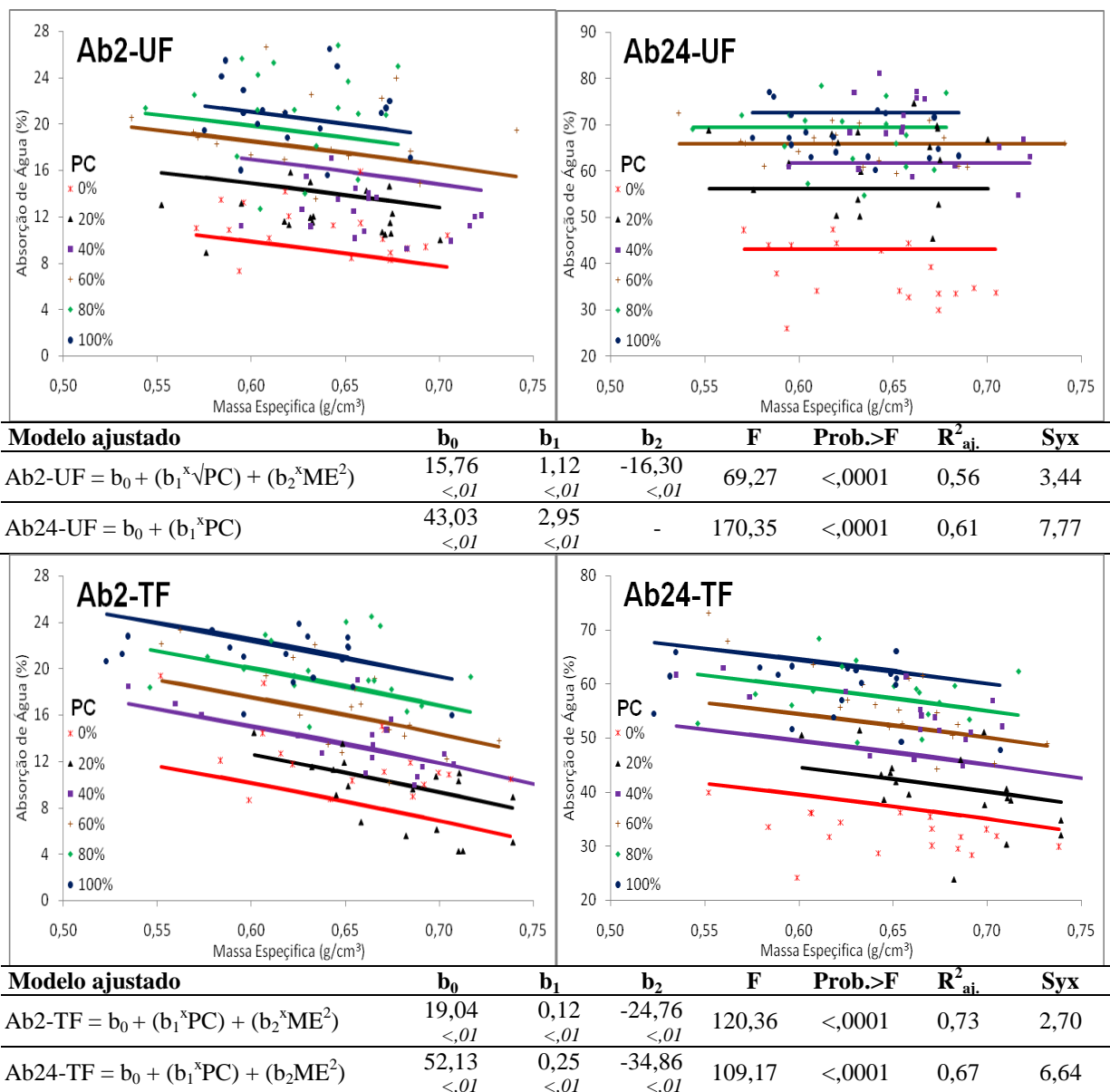
Para auxiliar na análise dos resultados são apresentadas na Tabela 5 as comparações múltiplas entre médias de absorção de água as 2 e 24 horas para adesivos, percentual de casca e interações (análise fatorial no Anexo II – Tabela 25). Quanto aos adesivos, observa-se que às 2 horas (Ab2), foi detectada diferença significativa apenas para os painéis com 20 e 60%, com os painéis confeccionados com UF apresentado as maiores absorções. As 24 horas (Ab24), os painéis que utilizaram adesivos a base de tanino apresentaram menor absorção de água em todos os tratamentos. De certa forma esse resultado já previsto, por ser a UF, reconhecidamente um adesivo de moderada resistência a um rápido contato com umidade, e de baixa resistência quando eleva-se o tempo de exposição a ambientes úmidos. O aumento da proporção de casca, tanto as 2 como as 24 horas, promoveu maior absorção. Mas, para painéis colados com UF após 2 horas de imersão, essa diferença foi observada apenas quando a proporção de casca foi superior a 40%.

**Tabela 5.** Comparações entre médias de Ab2 e Ab24 (%) para adesivos (UF e TF), percentual de casca (PC) e interação entre estes.

PC	----- 2 horas -----			----- 24 horas -----		
	UF	TF	Média	UF	TF	Média
0	10,88 bA	12,26 cA	<b>11,57 d</b>	37,82 cA	32,40 dB	<b>35,11 c</b>
20	12,27 bA	9,11 dB	<b>10,69 d</b>	62,42 bA	40,39 cB	<b>51,41 b</b>
40	12,66 bA	13,78 cA	<b>13,22 c</b>	68,34 aA	53,52 bB	<b>60,93 a</b>
60	19,49 aA	16,74 bB	<b>18,12 b</b>	65,98 aA	56,22 aB	<b>61,10 a</b>
80	20,89 aA	19,92 aA	<b>20,41 a</b>	67,77 aA	57,84 aB	<b>62,81 a</b>
100	20,89 aA	20,82 aA	<b>20,86 a</b>	67,25 aA	59,13 aB	<b>63,19 a</b>
<b>Média</b>	<b>16,18 A</b>	<b>15,44 A</b>	<b>15,81</b>	<b>61,60 A</b>	<b>49,92 B</b>	<b>55,76</b>

Em cada secção (2 ou 24 horas), médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

Na Figura 19 podem ser observadas as equações ajustadas para Ab2 e Ab24 em função da PC e da ME (análise de variância das regressões no Anexo II – Tabela 26). Ab24-UF apresentou a única equação que não foi possível à geração de um modelo significativo com a inclusão da ME para o modelo máximo pré-estabelecido, indicando que a influência da massa específica para este parâmetro não foi significativa. Para os demais casos, a acréscimo da ME proporcionou uma menor absorção de água, o que pode ser facilmente explicado pela diminuição dos espaços vazios em amostras mais densas (HILLIG, 2000; DACOSTA, 2004; PEDRAZZI, 2005).

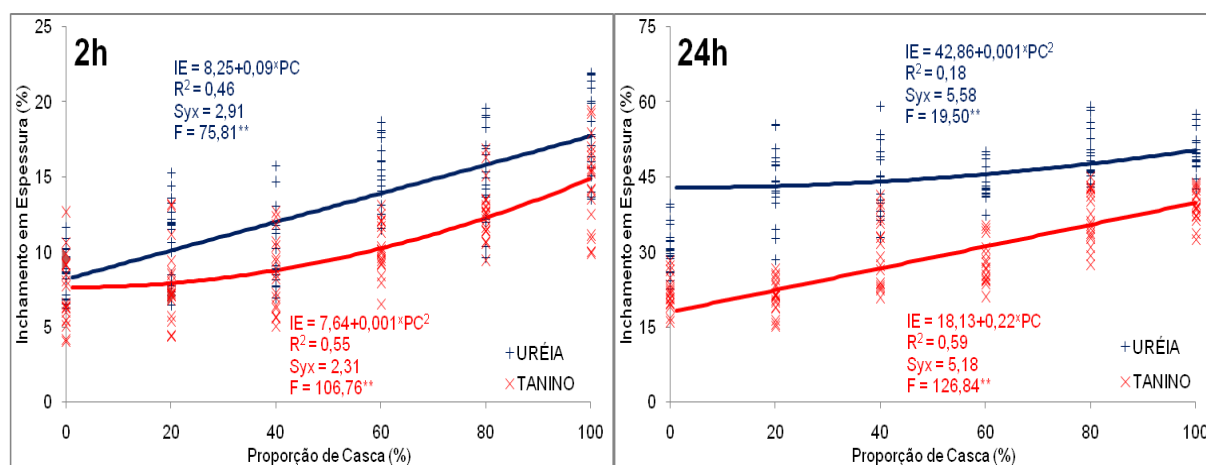


**Figura 19.** Equações ajustadas da absorção de água (Ab) as 2 e 24 para os adesivos ureia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em *itálico*, abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).

#### 4.1.4 Inchamento em espessura

Para ambos os tempos de imersão e adesivos utilizados, foram observadas correlações significativas para todos os parâmetros observados na Tabela 4, exceto à massa específica do painel. As melhores correlações para o inchamento em espessura foram observadas entre IE24<sup>x</sup>Ab24 (0,78), IE2<sup>x</sup>PC (0,76) e IE24<sup>x</sup>PC (0,67) para painéis confeccionados com UF. Já para TF, verificou-se IE24<sup>x</sup>PC (0,80), IE2<sup>x</sup>IE24 (0,80) e IE2<sup>x</sup>PC (0,74).

O ajuste das equações do inchamento em espessura as 2 e 24 horas em função da percentual de casca para os diferentes adesivos podem ser observados na Figura 20 (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 27). Embora tenham sido evidenciados ajustes significativos em todos os casos, para as chapas em que utilizou-se o UF, para o IE24 não foi observado um bom ajuste ( $R^2 = 0,18$ ). No geral, o aumento da proporção de casca nos painéis proporcionou maiores inchamentos, exceto para IE24-UF, para qual não foi verificada uma tendência clara. Hirizoglu et al. (2005) verificaram que painéis produzidos com palha de arroz apresentam elevada absorção d'água (Ab) e inchamento em espessura (IE), e que, quando misturados com madeira (1:1), esses resultados foram significativamente reduzidos.



**Figura 20.** Valores de inchamento em espessura (%) observados e ajustados para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído as 2 e 24 horas.

Na Tabela 6 podem ser observadas as comparações entre médias de inchamento em espessura para os diferentes adesivos e percentuais de inclusão casca avaliados (análise fatorial no Anexo II – Tabela 28). Na avaliação as 2 horas, não observou-se diferença entre os adesivos apenas para os painéis confeccionados com 0 e 40% de casca. Nos demais casos, painéis que utilizaram TF apresentaram maior estabilidade dimensional. Já as 24 horas após exposição em água, para todos os casos, o adesivo TF proporcionou os melhores resultados. Em uma análise geral, observa-se, que o incremento da proporção de casca nos painéis foi

responsável pelos maiores valores de inchamento em espessura. Entretanto, para painéis produzidos com TF a inclusão de 20% de casca não proporcionou variação significativa.

**Tabela 6.** Comparações entre médias de IE2 e IE24 (%) para adesivos (UF e TF), percentual de casca (PC) e interação entre eles.

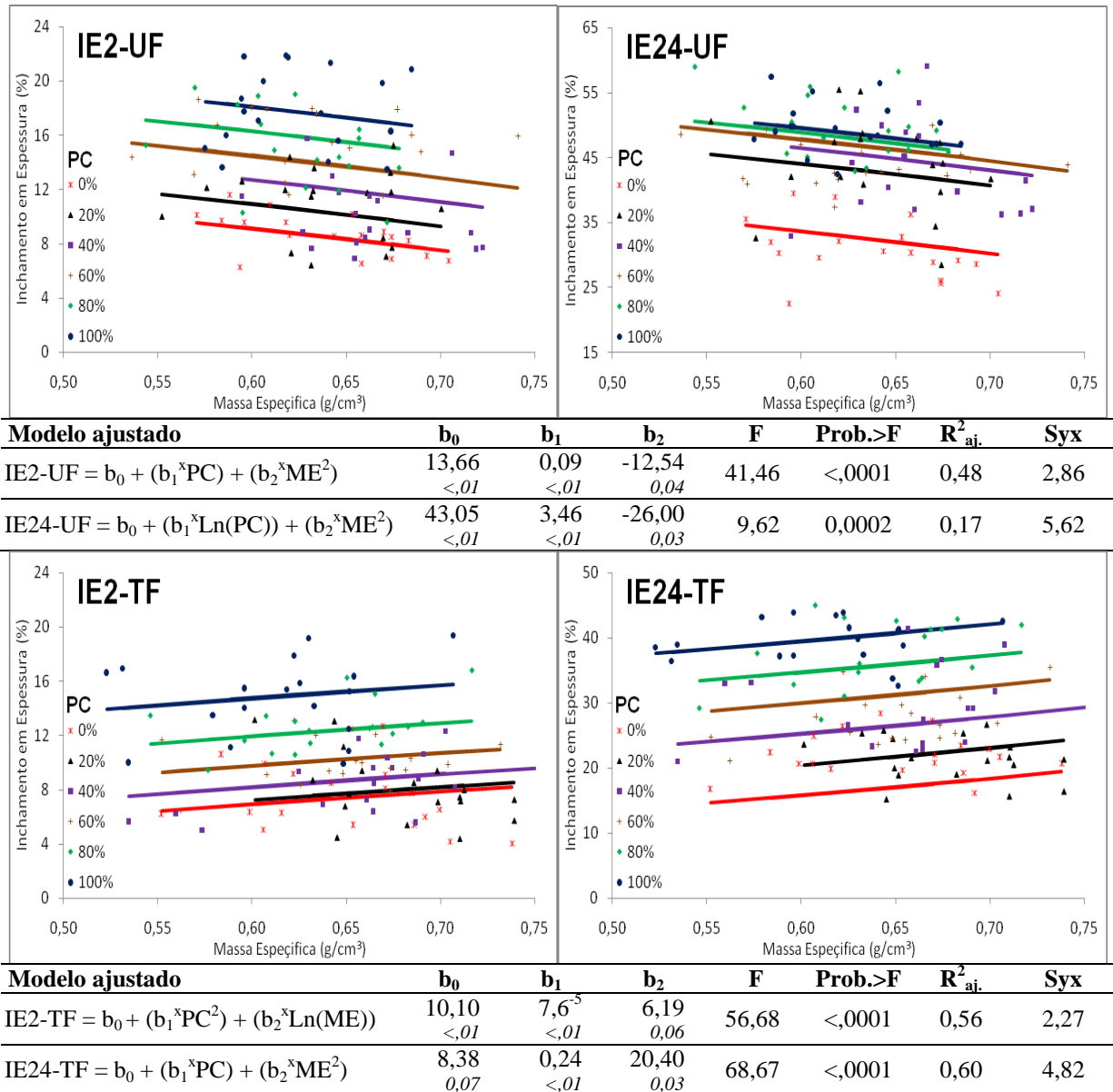
<i>PC</i>	----- 2 horas -----			----- 24 horas -----		
	UF	TF	Média	UF	TF	Média
0	8,68 dA	7,29 dA	<b>7,99 d</b>	30,32 cA	21,86 cB	<b>26,09 d</b>
20	10,98 cA	8,02 dB	<b>9,50 c</b>	44,12 bA	21,42 cB	<b>32,77 c</b>
40	10,08 cA	8,61 dA	<b>9,35 c</b>	44,24 bA	29,98 bB	<b>37,11 b</b>
60	15,51 bA	10,15 cB	<b>12,83 b</b>	43,90 bA	27,69 bB	<b>35,80 b</b>
80	15,12 bA	12,70 bB	<b>13,91 b</b>	49,75 aA	37,27 aB	<b>43,51 a</b>
100	17,92 aA	14,71 aB	<b>16,32 a</b>	49,57 aA	39,51 aB	<b>44,54 a</b>
<b>Média</b>	<b>13,05 A</b>	<b>10,25 B</b>	<b>11,65</b>	<b>43,65 A</b>	<b>29,62 B</b>	<b>36,64</b>

Em cada secção (2 ou 24 horas), médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

Considerando os valores médios de IE para o tipo de adesivo isoladamente, painéis confeccionados com TF apresentaram uma maior estabilidade dimensional, tanto as 2 como as 24 horas. Os taninos são ricos em fenóis e polifenóis e, quando misturados ao formaldeído, produzem reconhecidamente adesivos com boa resistência à umidade. No entanto, apesar de Pizzi et al. (1981) afirmarem que adesivos de tanino-formaldeído apresentam propriedades similares aos de fenol-formaldeído, a qualidade desses adesivos depende muito de sua formulação, do material de origem e de tratamentos para melhoria de sua eficiência. Geralmente, adesivos à base de tanino apresentam eficiência intermediária entre as resinas ureicas e fenólicas.

Mesmo os tratamentos de maior estabilidade dimensional (0 e 20% de casca) obtiveram valores de inchamento superiores aos exigidos pela norma DIN 68761(1)-1961(3), que estabelece o inchamento máximo de 12% (fenol) ou 15% (ureia) às 24 horas (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971). Resultados semelhantes foram observados por Okino et al. (1997), que evidenciaram para painéis confeccionados com bagaço de cana-de-açúcar, utilizando adesivos a base de ureia e tanino, que só foi possível atingir o valor especificado pela normativa quando as partículas foram modificadas quimicamente pelo processo de acetilização. No entanto, a norma de comercialização ANSI 208.1 (1987), considera aceitável até 35% de IE às 24 horas, que foi atingida pelos painéis confeccionados exclusivamente com madeira para ambos os adesivos, e por aquelas que utilizaram 20, 40 e 60% de casca em sua composição e foi colada com TF.

Dentre os modelos ajustados para as equações de IE as 2 e 24 horas em função da PC e da ME (Figura 21), o melhor coeficiente de determinação foi para IE24-TF, (0,60), e o menor, para IE24-UF (0,17) (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 29).



**Figura 21.** Equações ajustadas do inchamento em espessura (IE) às 2 e 24 para os adesivos ureia-formaldeído (UF) e tanino-formaldeído (TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em *itálico*, abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).

Na análise da influência da massa específica no IE, observa-se que chapas confeccionadas com UF apresentaram maior estabilidade dimensional com aumento da ME, já para TF foi observado comportamento inverso. Esse resultado pode ser explicado em parte pela liberação das tensões geradas durante a prensagem (*spring back*), que é acelerada a

absorção de água e conseqüentemente o inchamento em espessura (SUCHSLAND, 1973). Esse comportamento pode ter ocorrido pelo aumento do teor de umidade do colchão de 12% para 20% e/ou pelo aumento do tempo de pressagem de 8 minutos para 10 minutos em painéis que utilizaram TF.

## 4.2 Propriedades mecânicas

### 4.2.1 Flexão estática

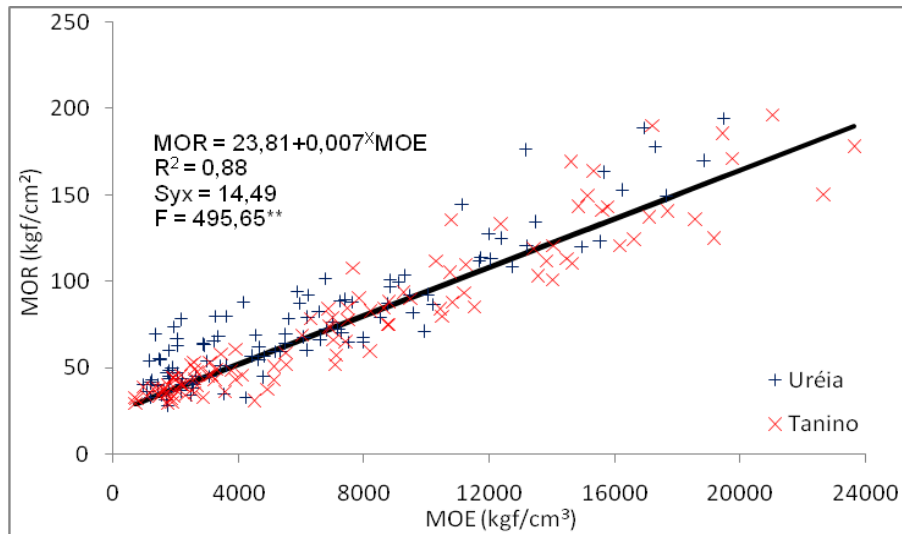
As correlações entre o Módulo de Elasticidade (MOE), o Módulo de Ruptura (MOR), a resistência ao arrancamento de parafusos (AP) e os parâmetros, percentual de casca (PC) e massa específica (ME), para os diferentes adesivos podem ser observadas na Tabela 7. Para ambas as resinas, as melhores correlações foram observadas entre os parâmetros MOE<sup>x</sup>MOR. Altas correlações entre estes parâmetros também foram observadas por Vital et al. (1974), Haselein (1989), Hillig (2000) e Pedrazzi (2005). Para painéis confeccionados com UF, não houve correlação significativa entre ME<sup>x</sup>MOE ou MOR, o que se explica pela grande influência do PC nas propriedades das chapas. Esse parâmetro (ME) mostrou-se influente apenas quando é analisado separadamente para cada tratamento.

**Tabela 7.** Correlações entre o percentual de casca (PC), massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio (ME), módulos de elasticidade e ruptura (MOE e MOR) e resistência ao arrancamento de parafusos (AP).

	----- Ureia-Formaldeído -----				----- Tanino-Formaldeído -----			
	ME	MOE	MOR	AP	ME	MOE	MOR	AP
PC	0,05 <sup>NS</sup>	-0,87**	-0,79**	-0,89**	-0,11 <sup>NS</sup>	-0,91**	-0,89**	-0,94**
ME		0,16 <sup>NS</sup>	0,20*	0,05 <sup>NS</sup>		0,27**	0,31**	0,23*
MOE			0,92**	0,92**			0,95**	0,95**
MOR				0,87**				0,94**

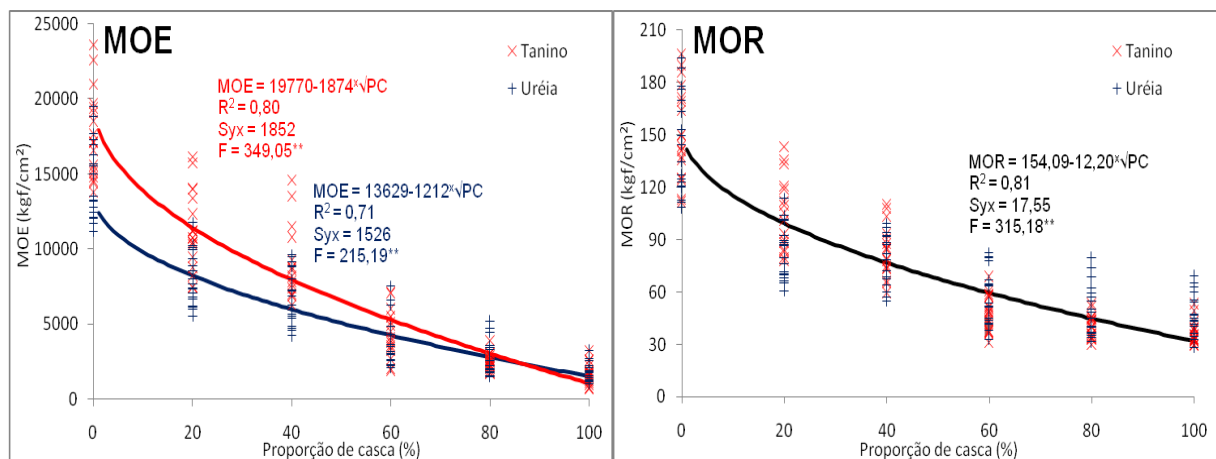
\*\*,\* e <sup>NS</sup> = significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de correlação de Pearson.

A estimação do MOR em função do MOE apresentou um bom ajuste por regressão linear (Figura 22). Foi observada ainda, uma sobreposição de tendências para os adesivos utilizados, a qual foi confirmada pela análise de covariância, indicando baixa variação entre os adesivos, podendo ser o modelo bem representado por uma única equação (análise de covariância na Anexo II – Tabela 30). Observa-se que, à medida que o MOR aumenta, também aumenta em proporção semelhante o MOE. A relação entre essas variáveis geralmente segue esse padrão e, segundo Kelly (1977), deve-se à influência que diversas variáveis de processamento exercem de forma similar tanto no MOE como no MOR.



**Figura 22.** Equação ajusta para o módulo de ruptura (MOR) em função do módulo de elasticidade (MOE).

As equações ajustadas para determinação do MOR e MOE em função do teor de casca para os painéis produzidos com UF e TF podem ser observadas na Figura 23. Para o MOE, foi detectada variação significativa entre os tipos de adesivos (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 31), já para o MOR a análise de covariância indicou não haver diferença para o tipo de adesivo utilizado, e assim, gerada uma única equação na predição dessa propriedade (análise de covariância na Anexo II – Tabela 32).



**Figura 23.** Valores dos módulos de elasticidade e ruptura (MOE e MOR), em  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ , observados e estimados em função da proporção de casca, para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído.

Todas as equações geradas (Figura 24) obtiveram um elevado coeficiente de determinação e indicaram que o acréscimo da proporção de casca nos painéis promoveu a redução da sua resistência. Os resultados obtidos tanto para MOR como para o MOE



apontaram uma redução com o aumento do percentual de casca. Outros pesquisadores, entre eles Ajiwe et al. (1998), Han et al. (1998), Lee e Kang (1998), Lee et al. (2003) e NDAZI et al. (2006), também obtiveram resultados semelhantes ao deste estudo. Eles também observaram que o aumento da proporção de casca de arroz em painéis proporcionou diminuição dos parâmetros que indicam a resistência e a rigidez destes materiais. Hiziroglu et al. (2005), ao estudarem painéis produzidos com diferentes proporções de *Eucalyptus camaldulensis*, palha de arroz e bambu, observaram que a resistência mecânica de painéis mistos foi inferior, quando comparada aos painéis produzidos exclusivamente com partículas de *Eucalyptus camaldulensis*.

Na Tabela 8 podem ser observados as comparações entre médias de MOE e MOR (análise fatorial no Anexo II – Tabela 33), para os diferentes tipos adesivos, percentual de casca e interações. Na comparação entre adesivos, é visto que o MOE das chapas com 0, 20 e 40% de casca de arroz, que o TF proporcionou os maiores valores. No geral, a utilização do adesivo UF e o acréscimo de casca de arroz proporcionou menor rigidez aos painéis. No MOR, foi observada diferença entre os adesivos apenas para os tratamentos com 20% de casca, com o TF provendo a maior resistência. O acréscimo de casca também proporcionou uma menor resistência dos painéis. Em estudos realizados por Okino et al. (1997), também foi evidenciado que para aglomerados confeccionados exclusivamente a partir do bagaço de cana-de-açúcar, MOE e MOR superiores quando utilizado o adesivo tanino-paraformaldeído em comparação a ureia-formaldeído.

**Tabela 8.** Comparações entre médias do módulos de elasticidade e ruptura (MOR e MOE) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), percentual de casca (PC) e interação entre eles.

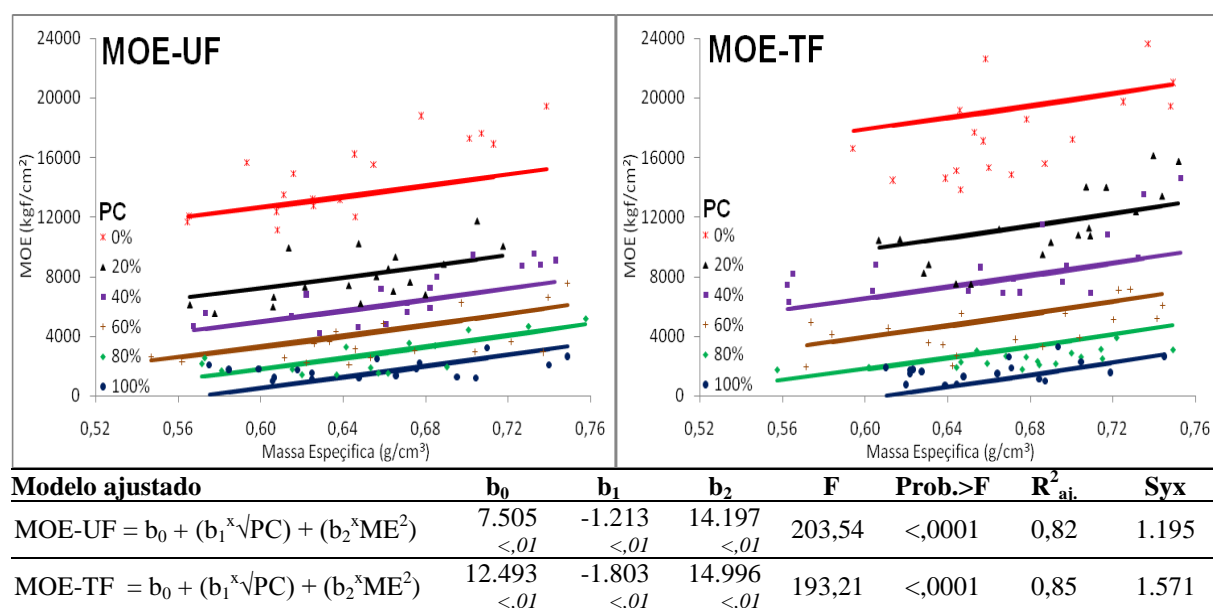
PC	----- MOE -----			----- MOR -----		
	UF	TF	Média	UF	TF	Média
0	14.685 aB	17.577 aA	<b>16.131 a</b>	144,27 aA	151,77 aA	<b>148,02 a</b>
20	7.949 bB	11.245 bA	<b>9.597 b</b>	82,65 bB	104,67 bA	<b>93,66 b</b>
40	6.767 bB	8.786 cA	<b>7.777 c</b>	78,42 bA	83,11 cA	<b>80,77 c</b>
60	3.670 cA	4.436 dA	<b>4.053 d</b>	56,69 cA	48,89 dA	<b>52,79 d</b>
80	2.562 dA	2.492 eA	<b>2.527 e</b>	49,42 cA	41,21 eA	<b>45,32 e</b>
100	1.759 dA	1.644 eA	<b>1.702 e</b>	46,89 cA	37,44 eA	<b>42,17 e</b>
<b>Média</b>	<b>6.232 A</b>	<b>7.697 B</b>	<b>6.964</b>	<b>76,39 A</b>	<b>77,85 A</b>	<b>77,12</b>

Em cada seção (MOR ou MOE), médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

A norma americana de comercialização ANSI A 208.1 para painéis de média densidade ( $0,60$  a  $0,85 \text{ g/cm}^2$ ) do tipo 1, admite como valores mínimos requeridos os valores de  $17.600 \text{ kgf/cm}^2$  para o MOE e  $112 \text{ kgf/cm}^2$  para o MOR (ANSI, 1987). Nesse sentido, pode-se observar que para o MOE, em nenhum dos casos foi atingindo o mínimo necessário,

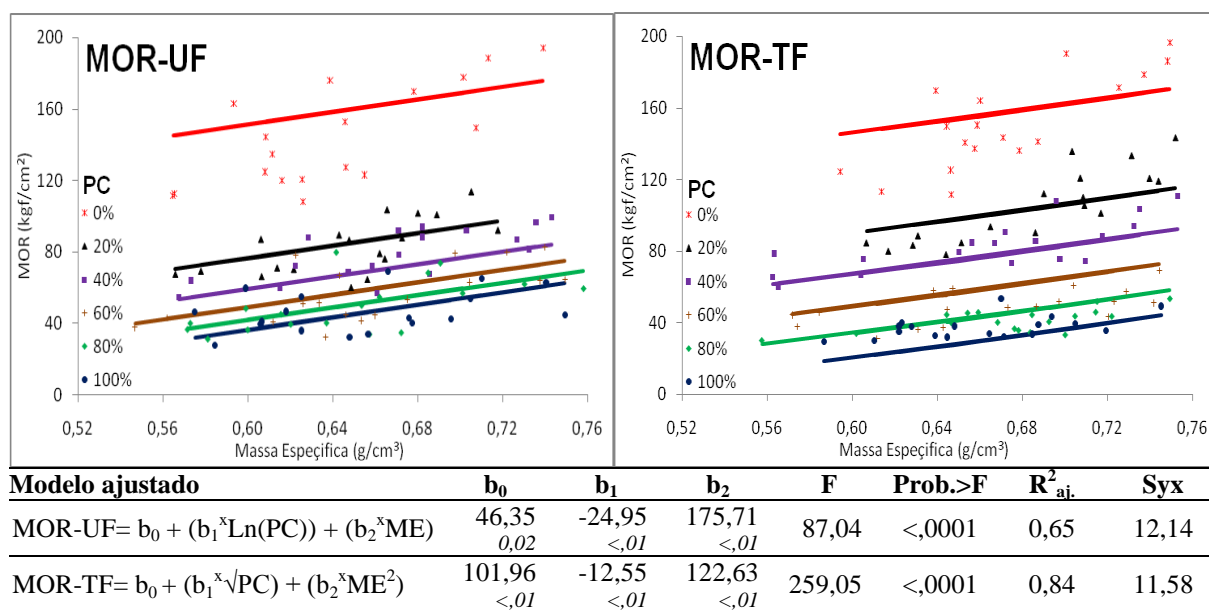
embora os painéis confeccionados exclusivamente com madeira e colados com TF tenham obtidos valores bem próximos aos requeridos. Quanto ao MOR, atenderam as exigências das especificações apenas chapas que não utilizaram casca de arroz em sua composição, confeccionadas com ambas as resinas analisadas. Todavia, para norma DIN 68761(1)-1961(3) (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1971) que não estabelece escalas para diferentes massas específicas, o valor mínimo exigido é de  $180 \text{ g/cm}^2$ , que é superior a qualquer valor médio observado. Os resultados alcançados no presente estudo contradizem Hancock e Chandramouli (1974), que afirmam ser as propriedades dos painéis produzidos com casca de arroz similares às dos painéis com partículas de madeira. Entretanto, as inúmeras variáveis envolvidas no processo produtivo dos painéis, tais como adesivos, massa específica, tempo de prensagem, dentre outras, influenciam diretamente a qualidade do produto final e podem ter contribuído nesta divergência de resultados. Outra questão, pode ter sido o fato das indústrias de painéis a base de madeira terem evoluído bastante ao compararmos o período que fora desenvolvido aquele trabalho até hoje.

A análise das equações ajustadas para o MOE dos painéis colados com UF e TF podem ser observadas na Figura 24 (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 34). Para todos os casos, foram geradas equações significativas, onde se observa que o aumento da massa específica dos painéis promoveu o incremento da rigidez das amostras analisadas.



**Figura 24.** Equações ajustadas para o módulo de elasticidade (MOE) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em *itálico*, abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).

As equações ajustadas para o MOR em função do PC e da ME para os diferentes adesivos podem ser observadas na Figura 25 (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 35). Assim como para MOE, foi observado para MOR um aumento com a elevação da massa específica. Isso está de acordo com o relatado por Santana e Teixeira (1993), que afirmam ser a massa específica determinante na resistência à flexão.



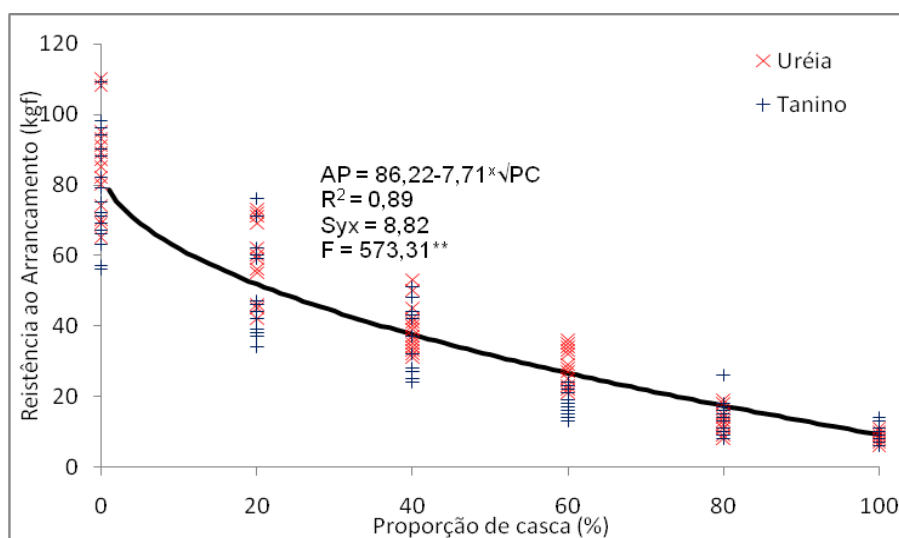
**Figura 25.** Equações ajustadas para módulo de ruptura (MOR) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em *itálico*, abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).

#### 4.2.2 Resistência ao arrancamento de parafusos

Na análise de correlações (Tabela 7), observa-se que, para todas as variedades de painéis e ambos os tipos de adesivo, não foi observada uma variação significativa apenas entre o  $AP \times ME$ . A não significância dessa correlação, deve-se principalmente a elevado influência da proporção de casca (PC) nos painéis, para essa propriedade. Nos demais casos foram observadas altas correlações, com os maiores índices encontradas entre  $AP \times MOR$  (0,92 para UF e 0,95 para TF).

As equações ajustadas para os valores de resistência ao arrancamento de parafusos (AP) em função do percentual de casca e para cada tipo de adesivo encontram-se na Figura 26. A análise de covariância avaliada para AP indicou não haver diferença entre os adesivos estudados para equação ajustada (análise de covariância no Anexo II – Tabela 36). Carneiro et al. (2004), ao estudarem diversas formulações de resinas base de tanino e úreia, puras ou misturas com diferentes composições, constataram que as variações entre adesivos não

influenciaram a resistência ao arrancamento de parafuso para chapas de flocos de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*. Pedrazzi (2005), ao estudar aglomerados confeccionados a partir de resíduos de madeira e colados com resina à base de ureia-fomaldeído, observou que o aumento da quantidade de adesivo aplicado proporcionou maior resistência ao arrancamento de parafusos. A equação ajustada em função do PC proporcionou um alto ajuste ( $R^2 = 0,90$ ), indicando que acréscimo de casca de arroz nos painéis proporciona uma redução da resistência ao arrancamento de parafusos dos painéis.



**Figura 26.** Equações ajustadas para resistência ao arrancamento de parafusos (AP) em função da proporção de casca nos painéis para os dois tipos de adesivos utilizados.

Na Tabela 9, observam-se as comparações entre médias dos valores obtidos para resistência ao arrancamento de parafusos dos diferentes tratamentos em estudo (análise fatorial no anexo II – Tabela 37). Apesar de diferenças significativas entre os tipos de adesivos serem encontradas apenas para painéis com 20% e 60% de casca, na média geral, foi observada diferença significativa, em que para esses casos, os painéis que utilizaram UF foram os de menor resistência.

Os valores mínimos requeridos pela norma ANSI A 208.1 (1987) de resistência ao arrancamento de parafusos para os tipos de painéis estudados, são de 102 kgf. Apesar de tratamentos que utilizaram apenas madeira para ambos os tipos de adesivo, algumas amostras terem apresentado valores acima dos exigidos por esta norma, dentre os valores médios, nenhum tratamento apresentou-se satisfatório.

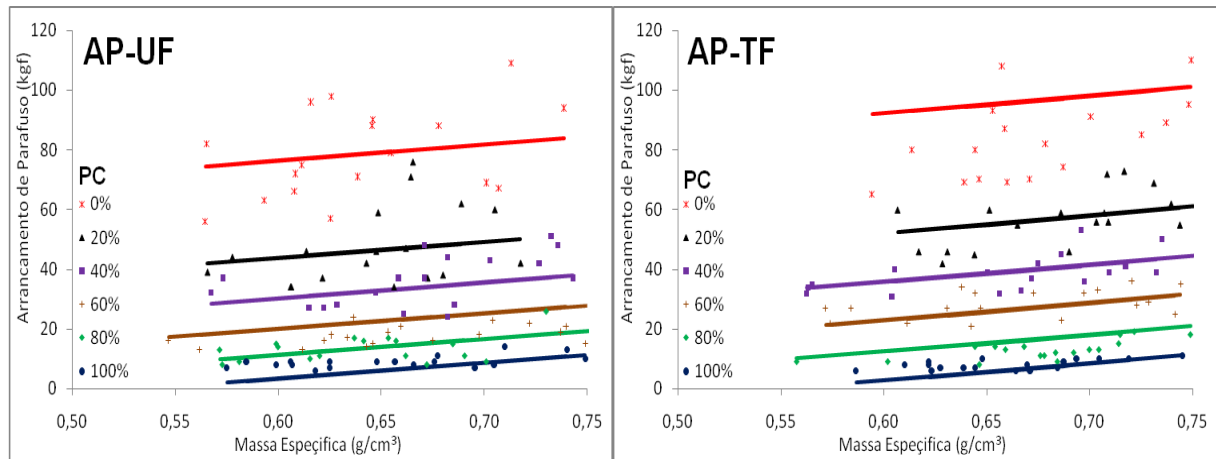
A inclusão da variável ME no modelo também proporcionou o ajuste de equações significativas (Figura 27). Observa-se que a inclusão desta variável melhorou o ajuste do modelo (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 38). De modo geral, o

aumento da massa específica proporcionou maior resistência, o que está de acordo com Moslemi (1974), que afirma a AP aumenta com a massa específica do painel.

**Tabela 9.** Comparações entre médias obtidas da resistência ao arrancamento de parafusos para os diferentes tipos de adesivos, percentual de casca (PC) e interações.

PC	Valores médios de resistência ao arrancamento de parafusos (kgf)		
	Ureia-Formaldeído	Tanino-Formaldeído	Média
0	78,89 aA	82,61 aA	<b>80,75 a</b>
20	47,11 bB	57,33 bA	<b>52,22 b</b>
40	35,94 cA	38,89 cA	<b>37,42 c</b>
60	17,78 dB	28,44 dA	<b>23,11 d</b>
80	13,56 dA	12,89 eA	<b>13,23 e</b>
100	8,94 eA	8,06 eA	<b>8,50 f</b>
<b>Média</b>	<b>33,70 B</b>	<b>38,04 A</b>	<b>35,87</b>

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).



Modelo ajustado	$b_0$	$b_1$	$b_2$	F	Prob.>F	$R^2_{aj}$	Syx
AP-UF = $b_0 + (b_1 \times \sqrt{PC}) + (b_2 \times ME)$	44,73 <,01	-7,29 <,01	52,85 <,01	170,14	<,0001	0,79	7,43
AP-TF = $b_0 + (b_1 \times \sqrt{PC}) + (b_2 \times ME^2)$	19,04 <,01	0,12 <,01	-24,76 <,01	532,73	<,0001	0,92	5,24

**Figura 27.** Equações ajustadas para resistência ao arrancamento de parafusos (AP) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em *itálico*, abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).

#### 4.2.3 Tração perpendicular à superfície do painel

Também conhecida como ligação interna (LI), a partir desse ensaio pode-se avaliar a adesão interna das partículas. Na Tabela 10, podem ser observadas as correlações encontradas para os parâmetros PC, ME e LI para os painéis que utilizaram resinas ureicas e tânicas. Tanto para UF como para TF foi evidenciada uma correlação negativa entre  $PC \times LI$ , indicando que o acréscimo de casca nos painéis dificultou a adesão das partículas. Resultados similares foram observados por Hiziroglu et al. (2005) para painéis de *Eucalyptus camaldulensis* com palha de

arroz. Os autores relatam que esse comportamento está relacionado à estrutura cilíndrica e oca das partículas da palha que podem ter atuado como uma barreira durante a aplicação da resina, tendo por resultado uma colagem não uniforme entre as partículas. Acredita-se que comportamento semelhante pode ter ocorrido com os painéis em estudo confeccionados com a casca do arroz. Outra provável influência trata-se da baixa permeabilidade mencionada por Youngquist et al. (1993), que pode ter dificultado a colagem das partículas.

**Tabela 10.** Correlações entre o percentual de casca (PC), massa específica (ME) e ligação interna (LI) para chapas confeccionadas com os diferentes adesivos.

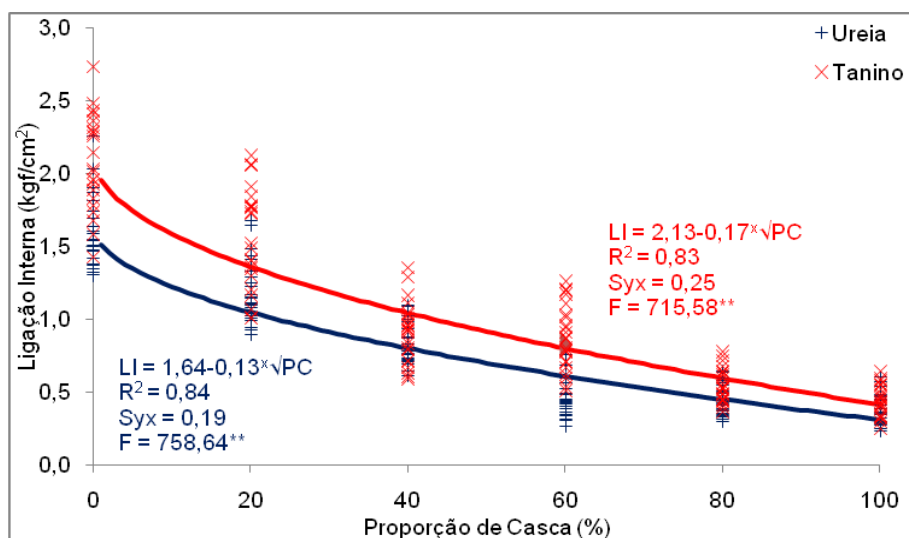
	----- Ureia-Formaldeído -----		----- Tanino-Formaldeído -----	
	ME	LI	ME	LI
PC	-0,15 <sup>NS</sup>	-0,88**	-0,34**	-0,88**
ME		0,26**		0,47**

\*\* e<sup>NS</sup> = significativo a 1% e não significativo pelo teste de correlação de Pearson.

A ME apresentou correlação positiva com a LI para ambas as resinas ensaiadas. Esse comportamento já é tido como padrão e tem sido comprovado por estudos de diversos autores (PLACE e MALONEY, 1977; HASELEIN, 1989; ALBERTO e KEINERT JUNIOR, 1993; BRITO, 1996), os quais afirmam que uma maior densificação do painel proporciona a diminuição de espaços vazios e da porosidade, resultando, desse modo, em uma colagem mais eficiente. Outro fator de reconhecida influência sobre esse parâmetro é a quantidade e a qualidade do adesivo utilizado na manufatura dos painéis.

A influência do PC e da ME na ligação interna dos painéis pode ser observada na Figura 28 (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 39). Para o percentual de casca foram encontrados altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) nos modelos ajustados para ambas as resinas (UF 0,84; TF 0,83), o que indica que a LI das chapas pode ser facilmente prevista a partir da inclusão das partículas de casca de arroz.

As comparações entre os valores médios da ligação interna para os diferentes tratamentos encontram-se na Tabela 11 (análise fatorial no Anexo II – Tabela 40). Foram detectadas variações significativas entre os adesivos para os painéis com 0, 20 e 60%, sendo os que utilizaram o TF como adesivo os mais resistentes nestes casos. No geral, a qualidade da colagem diminuiu linearmente com o acréscimo de casca nos painéis, e o TF produziu painéis mais resistentes.



**Figura 28.** Equações ajustadas para ligação interna (LI) em função da proporção de casca (PC) nos painéis.

**Tabela 11.** Comparações entre médias obtidas da ligação interna para os diferentes tipos de adesivos, percentual de casca (PC) e interações.

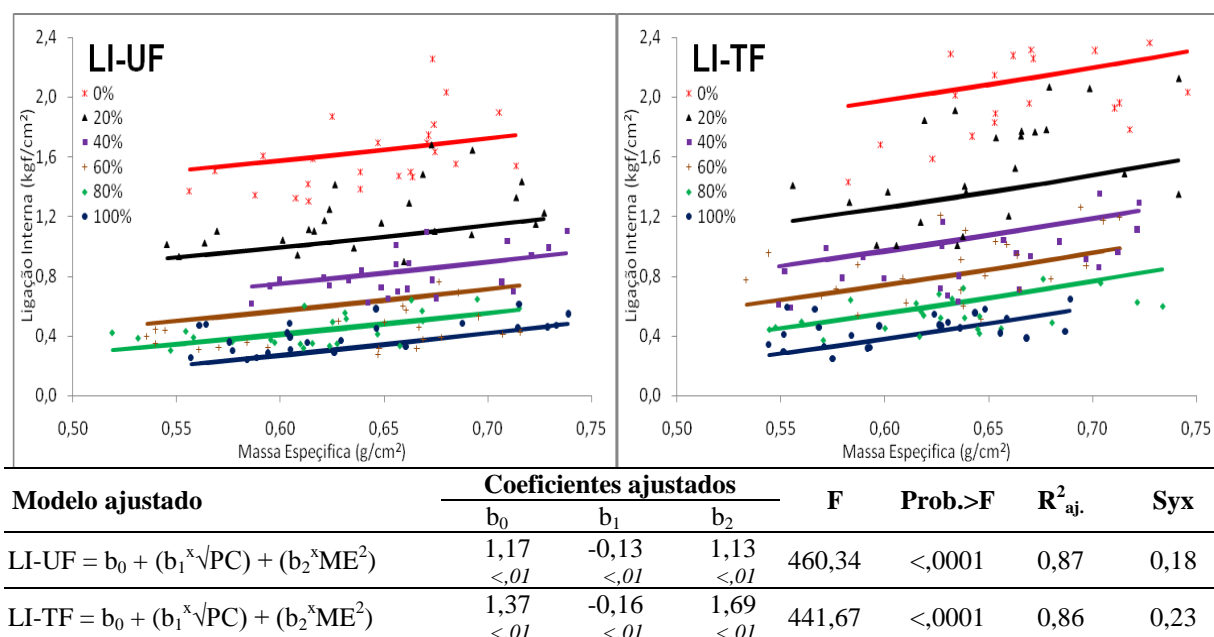
PC	Valores médios ligação interna (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	UF	TF	Média
0	1,61 aB	2,09 aA	<b>1,85 a</b>
20	1,19 bB	1,52 bA	<b>1,36 b</b>
40	0,81 cA	0,90 cA	<b>0,86 c</b>
60	0,44 dB	0,86 cA	<b>0,65 d</b>
80	0,44 dA	0,55 dA	<b>0,50 e</b>
100	0,40 dA	0,45 dA	<b>0,43 e</b>
<b>Média</b>	<b>0,82 B</b>	<b>1,06 A</b>	<b>0,94</b>

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

Para a ligação interna, as normas de comercialização americana (ANSI A 208.1, 1987) e alemã (DIN 68761(1)-1961(3)], 1971) estabelece os valores mínimos de 4,22 e 3,50 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. No presente estudo, os valores obtidos oscilaram entre 0,40 a 2,09 kgf/cm<sup>2</sup>, não sendo atendido para nenhuma normativa os valores mínimos exigidos.

A inclusão da variável ME no modelo proporcionou um melhor ajuste para as equações geradas (Figura 29). O aumento da massa específica dos painéis proporcionou uma melhor colagem para ambos os adesivos utilizados (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 41). Pode-se observar que a ligação interna foi uma das maiores deficiências das chapas que apresentavam uma maior proporção de casca de arroz. Essa característica, que indica o quão significativa foi à interação realizada entre as partículas e o adesivo utilizado, está diretamente relacionada com todas as demais propriedades físico-mecânicas avaliadas no presente estudo. Conhecendo essa dificuldade de colagem apresentada pelas partículas de casca de arroz, Hse e Choong (2002) conduziram estudos para desenvolver

uma resina efetiva e econômica para melhorar as propriedades físico-mecânicas de painéis de casca de arroz, em que foram avaliados três adesivos: ureia-formaldeído (UF), fenol-formaldeído (FF) e di-isocianato (MDI) em várias formulações. Os autores chegaram à conclusão que as chapas coladas com 1% MDI mais 6% UF apresentaram os melhores resultado quanto à colagem interna, o MOE, o MOR e a estabilidade dimensional.



**Figura 29.** Equações ajustadas para ligação interna (LI) para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca (PC) e da massa específica (ME) (números em *itálico*, abaixo do valor de cada coeficiente, representam sua probabilidade de inclusão no modelo).

Hiziroglu et al. (2005) também evidenciaram deficiências na interação entre as partículas e o aglutinante, ao estudarem painéis produzidos com diferentes proporções de *Eucalyptus camaldulensis*, palha de arroz e bambu, chegando à conclusão de que a ligação interna de painéis que utilizaram em sua composição palha de arroz era inferior quando comparada aos painéis produzidos com *Eucalyptus camaldulensis* puro.

Lee et al. (2003) também estudaram inclusão parcial de farelo de casca de arroz em consórcio com madeira para produção de painéis aglomerados com adesivo a base de ureia-formaldeído. Assim como no presente estudo, foi observado que o aumento do percentual das partículas de casca de arroz proporcionaram chapas de qualidade inferior, tanto para as propriedades físicas, como para resistência mecânica. Entretanto, foi evidenciado que o incremento do farelo de casca em pequenas concentrações, como de 5 a 15%, podem não apresentar nenhum impacto significativo sob as propriedades das chapas.

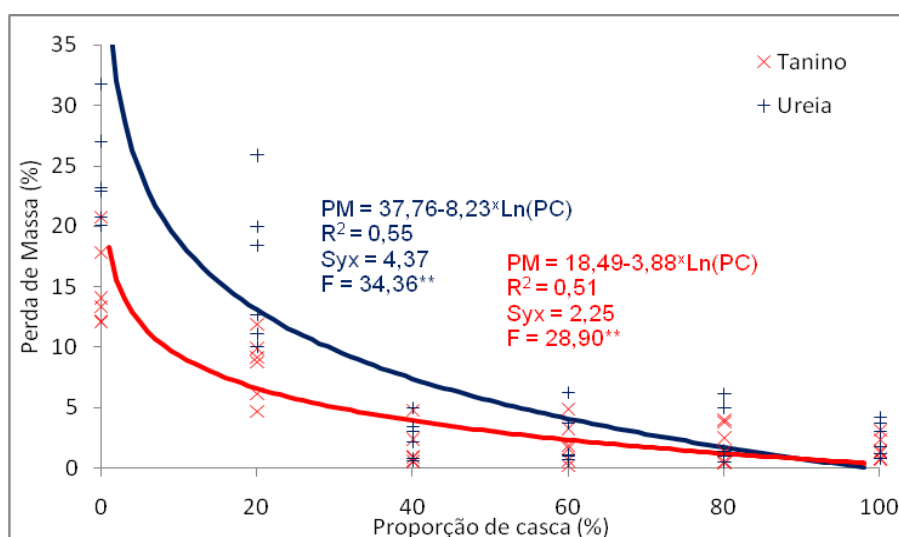


Ndazi et al. (2006) produziram chapas com casca de arroz e adesivo à base de tanino de *Acacia mimosa*. Segundo os autores, a casca de arroz está entre os resíduos agrícolas que estão disponíveis facilmente em grandes quantidades e nesse ponto de vista pode ser considerada uma excelente matéria-prima para a produção de painéis. A maior dificuldade está na falta de interação direta com a maioria dos adesivos. Os resultados experimentais mostraram que, processando as partículas em moinho de martelos, demonstraram melhoras consideráveis na colagem interna, MOR e MOE dos painéis.

### 4.3 Resistência a biodeterioradores

#### 4.3.1 Ensaio de preferência alimentar a cupins subterrâneos

As equações ajustada para o percentual de perda de massa dos painéis produzidos com os diferentes tipos de adesivos podem ser observadas na Figura 30 (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 42). Observa-se que o ataque dos térmitas concentrou-se praticamente nos painéis confeccionados exclusivamente com madeira ou, naqueles em que se utilizou 20% de casca de arroz. Esse resultado está de acordo com Souza (1993), que menciona a alta durabilidade natural da casca de arroz. O mesmo autor ainda relata que essa característica é tida principalmente pelo alto teor de carbono desse material.



**Figura 30.** Equações ajustadas para percentual de perda de massa (PM) em função da proporção de casca nos painéis (PC).

Outra explicação para a maior resistência dos painéis com maiores proporções de casca, deve-se a grande quantidade de sílica presente nas cascas. Medeiros Neto (2008), ao

estudarem a resistência natural de quatro madeiras a cupins em ensaios de preferência alimentar, também observou que as espécies que apresentavam um maior teor de cinzas (substâncias inorgânicas) foram as que obtiveram maior resistência. Segundo Govindarao (1980), partículas de casca de arroz apresentam em média 20% de componentes inorgânicos (teor de cinzas), dos quais, cerca de 19% é representada pela sílica.

Verificou-se uma tendência de resistência superior para painéis colados com tanino-formaldeído, o que está de acordo com vários autores, dentre eles Hunt e Garratt (1967), Findlay (1985) e Lelles e Rezende (1986), que afirmam ser a resistência a biodeterioração atribuída principalmente à presença de certas substâncias no lenho, como tanino ou outras substâncias fenólicas complexas, as quais podem ser tóxicas ou de difícil decomposição pelos organismos xilófagos.

Na Tabela 12 observam-se as comparações múltiplas entre médias do percentual de perda de massa para os diferentes percentuais de casca e tipos de adesivos utilizados (análise fatorial no Anexo II – Tabela 43). É visto que, dentre os tipos de adesivos avaliados, foi verificada diferença significativa para painéis confeccionados exclusivamente com madeira ou, para aqueles, que utilizaram 20% de casca na mistura, com a maior resistência evidenciada para painéis que utilizaram o TF.

**Tabela 12.** Comparações entre médias obtidas do percentual de perda de massa para o ensio de preferencia alimentar aos cupins, dos diferentes tipos de adesivos, percentual de casca (PC) e interações.

PC	<i>Valores médios de perda de massa (%)</i>		
	<b>Ureia-Formaldeído</b>	<b>Tanino-Formaldeído</b>	<b>Média</b>
0	24,26 aA	14,98 aB	<b>19,62 a</b>
20	16,34 bA	8,38 bB	<b>12,36 b</b>
40	2,49 cA	1,66 cA	<b>2,07 c</b>
60	2,31 cA	2,04 cA	<b>2,18 c</b>
80	2,57 cA	2,04 cA	<b>2,31 c</b>
100	2,42 cA	1,58 cA	<b>2,30 c</b>
<b>Média</b>	<b>8,40 A</b>	<b>5,11 B</b>	<b>6,81</b>
<b><i>Pinus sp.</i></b>	-	-	<b>58,62</b>

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

Paes et al. (2006 e 2007) destacam que o principal aspecto limitante ao ataque dos cupins, trata-se que quantidade de extrativos (substâncias fenólicas naturais) presentes na madeira, as quais são tóxicas aos organismos xilófagos. O tanino é um dos extrativos mais abundantes e facilmente encontrado em diversas espécies e uma de suas funções, ainda quando presente no vegetal, é justamente proteger contra xilófagos a parte inativa do lenho (cerne), a qual é reconhecidamente a parte mais resistente a ação dos cupins. Logo, tal aspecto

pode ter feito com que painéis produzidos com TF fosse menos atacados quando comparado aos produzidos com UF.

Quanto à proporção de casca, painéis que utilizaram proporção maior ou igual a 40% não se diferiram estatisticamente, tendo estas perdas, variado em média entre 1,66 e 2,57%. A análise visual das amostras, permitiu observar que praticamente, nesses casos, não houve nenhuma ação dos térmitas, sendo as perdas de massa consideradas apenas como perdas operacionais de esfrelamento das amostras mais sensíveis. Acredita-se que tais perdas tenham ocorrido principalmente pelo manuseio, secagem das amostras em estufa e exposição a um ambiente úmido por um longo período. Bustamante e Martius (1998), mencionam que os cupins necessitam fragmentar com as mandíbulas o material a ser ingerido e, é sábio que quando esses tem escolha, tendem a preferir materiais de menor densidade ou dureza. Deste modo, o não ataque aos painéis com maior percentual de casca, pode ser atribuído a grande quantidade de sílica existente, o que proporcionou um elevado efeito abrasivo e, conseqüentemente, tornando-se um material difícil de ser mastigado pelos térmitas.

A madeira de *Pinus* sp., empregada para permitir a comparação com outros trabalhos em que esta madeira é utilizada (ASTM D - 3345, 1994), apresentou perda de massa de 58,62%, enquanto, para os painéis, a maior perda de massa média observada foi de 24,26%. Essas diferenças podem ter ocorrido pela grande quantidade de substâncias tóxicas para os térmitas presentes nos painéis, principalmente, formaldeído, tanino, parafina e o elevado teor de sílica presente na casca de arroz.

Outro fator a ser considerado trata-se da alta seletividade apresentada pelos térmitas em sua alimentação. Em ensaio de preferência alimentar realizados por Paes et al. (2007) com sete variedades de madeiras separadas em diferentes posições no sentido medula-casca, os autores observaram que as amostras controle (*Pinus* sp.) apresentam apenas 1,05% de perda massa, enquanto para a maioria das outras espécies avaliadas houve um ataque intenso, a exemplo do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muel. Arg.), onde as perdas da madeira oriunda do alburno atingiram quase 70%. Já Paes et al. (2006) analisaram a resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) tratada com CCB, verificaram para a madeira controle um ataque de 68,20%, o que comprova que a seletividade dos térmitas em sua alimentação depende do material que se encontra disponível.

Os resultados obtidos diferem dos observados por Corrêa (2007), que ao analisarem a resistência de painéis OSB coladas com fenol-formaldeído (FF) e tanino-formaldeído (originado de diferentes espécies) a cupins da espécie *Coptotermes gestroi* (Wasmann), verificaram que painéis confeccionados com TF de acácia não apresentaram boa resistência.

Já painéis colados com FF e com TF de *Eucalyptus pellita* obtiveram bons resultados. Nesse sentido, os autores chegaram à conclusão que o adesivo produzido do tanino de acácia não possui ação deletéria na fisiologia do inseto.

Embora no presente trabalho também tenha utilizado o adesivo a base de tanino de acácia, Corrêa (2007), destaca que características fisiológicas das plantas, como estágio fenológico, podem afetar diretamente na qualidade e quantidade do tanino produzido. Comentários semelhantes também foram feitos por Zummo et al. (1984), que observaram o aumento gradual dessa substância a partir do estágio cotiledonar, com um pico no fim da floração e diminuição a partir da queda das flores.

#### 4.3.2 Ensaio de resistência a fungos em laboratório

Na Tabela 13 são apresentadas as médias do percentual de perda de massa com sua respectiva classificação para os diferentes tratamentos em estudos. Analisando as diferentes resinas empregadas, observa-se que para painéis confeccionados com UF, em três casos as amostras foram consideradas como resistentes ao ataque, em chapas que utilizaram somente madeira ou casca, quando colonizadas pelo *Gloeophyllum trabeum*, ou apenas com casca, quando colonizadas pelo *Trametes versicolor*. Já para o TF, em todos os casos, as amostras foram consideradas como moderadamente resistentes ao ataque.

**Tabela 13.** Percentual de perda de massa e classificação aos ataques dos fungos (ASTM D 2017, 2005) para os difentes tratamentos avaliados

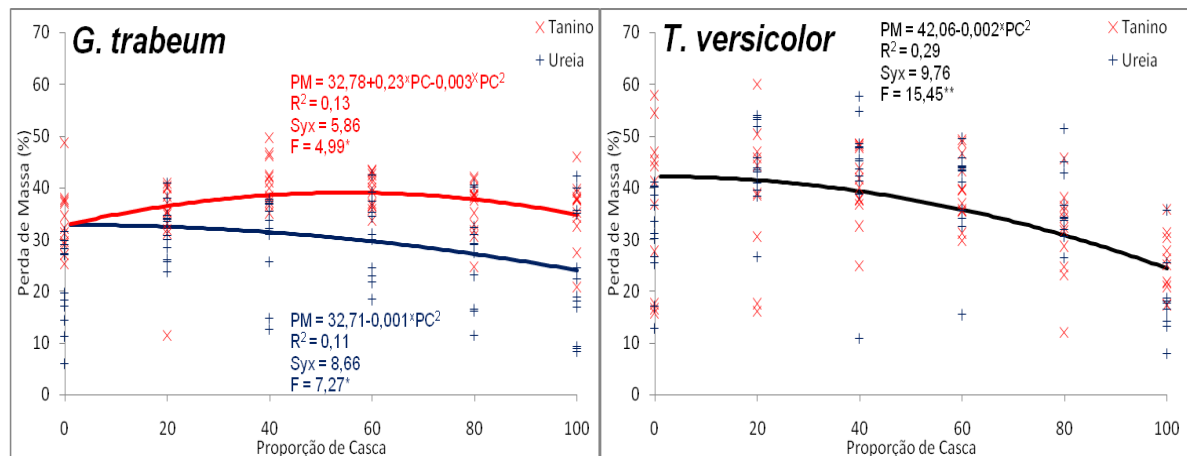
PC	Adesivo	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Trametes versicolor</i>
0	Ureia-Formaldeído	21,64 R	31,11 MR
20		31,63 MR	44,49 MR
40		30,91 MR	43,66 MR
60		31,03 MR	39,40 MR
80		27,43 MR	36,69 MR
100		23,37 R	18,62 R
0	Tanino-Formaldeído	33,44 MR	36,76 MR
20		34,11 MR	38,90 MR
40		41,09 MR	39,99 MR
60		39,19 MR	39,67 MR
80		36,02 MR	31,23 MR
100		35,52 MR	25,06 MR
<b><i>Pinus sp.</i></b>		<b>58,79</b>	-
<b><i>Cecropia sp.</i></b>		-	<b>53,14</b>

PC = percentual de casca nos painéis; R = resistente; MR = moderada resistência.

Ainda na Tabela 13 observa-se que tanto as amostras controle de *Pinus sp.* (58,79%) como as de *Cecropia sp.* (53,14%) apresentaram percentual de perda de massa superior a 50%, que é o valor mínimo exigido pela norma ASTM D 2017 (2005), demonstrando deste

modo, que as culturas fúngicas empregadas no teste encontravam-se com bom vigor e que as condições de ensaios foram adequadas.

As equações ajustadas para o percentual de perda de massa dos painéis considerando os diferentes tipos de fungos e de adesivos ensaiados, podem ser observadas na Figura 31. Para o fungo *Gloeophyllum trabeum* foi gerada uma equação para cada tipo de adesivo (análise de variância da regressão no Anexo II – Tabela 44), enquanto para o *Trametes versicolor* a análise de covariância não detectou variação significativa entre as resinas utilizadas (análise de covariância na Anexo II – Tabela 45). No caso do *Trametes versicolor* verificou-se uma tendência clara de redução da perda de massa com aumento da proporção de casca nos painéis. Para o *Gloeophyllum trabeum* essa mesma tendência foi vista apenas para painéis confeccionados com UF. Quando coladas com TF, não foi evidenciada uma tendência de redução da perda de massa com o aumento da proporção de casca nos painéis.



**Figura 31.** Valores de perda percentual de massa (PM) após ação dos fungos apodrecedores, observados e estimados em função da proporção de casca (PC), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído.

A análise fatorial para o percentual de perda de massa indicou variação significativas para os fatores e suas interações, exceto para interação tripla ente adesivo versus percentual de casca versus tipo de fungo (análise fatorial no Anexo II – Tabela 46). Os fatores e as interações detectadas como significativas pelo teste de F, foram desdobrados e analisadas separadamente (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ) nas Tabelas 14, 15 e 16.

Nas comparações da interação entre o percentual de casca e os tipos de fungos ensaiados (Tabela 14), evidencia-se que para os painéis com 0, 20 e 40% de casca foram mais severamente atacadas pelo *Trametes versicolor* e, nos demais percentuais não foi constatada variação significativa. Analisando os fungos separadamente, para *Gloeophyllum trabeum* as

chapas mais resistentes foram as que utilizaram exclusivamente de madeira, seguidas pelas que utilizam 80 e 100% de casca. Para o *Trametes versicolor* as mais resistentes foram as confeccionadas com 80 e 100% de casca. No geral, os painéis testados apresentaram maior resistência quando submetidos ao ataque do *Gloeophyllum trabeum*.

**Tabela 14.** Perda de massa média, em %, obtida para os diferentes proporções de casca (PC) e dois tipos de fungos testados.

PC	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Trametes versicolor</i>
0	27,54 dB	33,93 bA
20	32,87 bB	41,69 aA
40	36,00 aB	41,82 aA
60	35,11 aA	39,53 aA
80	31,72 cA	33,96 bA
100	29,44 cA	21,84 cA
<b>Média</b>	<b>32,11 B</b>	<b>35,47 A</b>

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

Na interação entre o percentual de perda de massa e os diferentes adesivos utilizados (Tabela 15), observa-se que apenas para os painéis produzidos somente com madeira houve diferença significativa entre os adesivos, sendo as chapas produzidas com UF as mais resistentes ao ataque. Analisando o tipo de adesivo separadamente, tanto para UF como para o TF, os painéis mais resistentes foram os produzidos exclusivamente com casca. No geral, painéis produzidos com UF e que utilizavam apenas casca de arroz em sua composição apresentaram maior resistência.

**Tabela 15.** Perda de massa média, em %, obtida para os diferentes percentuais de casca (PC) e dois tipos de adesivos utilizados.

PC	Ureia-Formaldeído	Tanino-Formaldeído	Média
0	26,38 cB	35,10 bA	<b>30,73 b</b>
20	38,06 aA	36,50 bA	<b>37,28 a</b>
40	37,29 aA	40,54 aA	<b>38,91 a</b>
60	35,21 aA	39,43 aA	<b>37,32 a</b>
80	32,06 bA	33,62 cA	<b>32,84 b</b>
100	21,00 dA	30,29 dA	<b>25,64 c</b>
<b>Média</b>	<b>31,67 B</b>	<b>35,91 A</b>	<b>33,79</b>

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

Teixeira et al. (1997) ao estudarem a resistência a fungos apodrecedores de chapas confeccionadas com bagaço de cana-de-açúcar e coladas com adesivos à base de tanino, fenol ou ureia, concluíram que as diferentes resinas, não proporcionaram, em nenhum dos casos, resistência superior para alguma classe de painel. Já Okino et al. (2007), ao estudarem a resistência de chapas OSB de *Pinus taeda*, coladas com ureia-formaldeído e fenol-

formaldeído, observaram resistência superior para os que utilizaram fenol-formaldeído em sua composição. No mesmo estudo, também foi verificado que o aumento do teor da resina também proporcionou maior resistência.

A interação entre tipos de adesivos utilizados para confecção dos painéis e as espécies de fungos ensaiadas (Tabela 16), apontou que para o *Gloeophyllum trabeum* painéis colados com TF foram os menos resistentes ao ataque. Já para o *Trametes versicolor*, não foi constatada diferença significativa entre os adesivos.

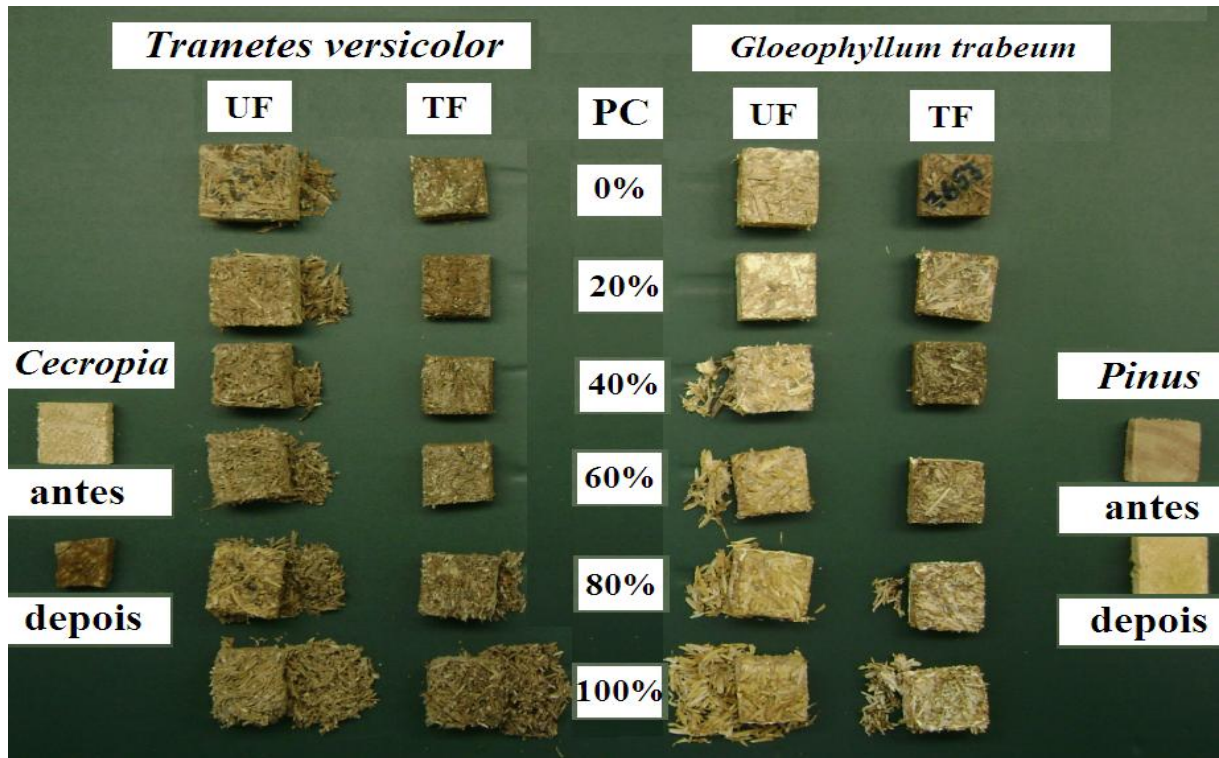
**Tabela 16.** Comparações entre médias obtidas do percentual de perda de massa para os diferentes tipos de fungos e adesivos utilizados (PC).

Espécie de fungo	Ureia-Formaldeído	Tanino-Formaldeído
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	27,67 bB	35,56 aA
<i>Trametes versicolor</i>	35,66 aA	35,27 aA

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Scott-Knott,  $p \geq 0,05$ ).

Dentre os adesivos, apenas para o UF os fungos atacaram com diferentes intensidades as chapas, sendo o *Trametes versicolor* que atacou mais severamente as amostras. Em parte, esse resultado pode ser explicado por ser o *Trametes versicolor* um fungo causador da podridão branca, que apresenta como uma de suas principais características nutrirse predominantemente de celulose, hemicelulose e lignina. Juntas a celulose e a lignina representam cerca de 80% (celulose 50% e lignina 30%) da composição da casca de arroz (POUEY, 2006). Já o *Gloeophyllum trabeum* que pertence grupo de fungos causadores da podridão parda, que nutrem-se da celulose e hemicelulose, mas mantém a lignina intacta.

Na Figura 32, podem ser observadas amostras representativas dos diferentes tratamentos, após o término dos ensaios. Observa uma menor perda de massa, possivelmente devido à maior resistência desse material, também foram os que apresentaram menor resistência a manipulação ao término do ensaio, sendo os que mais se esfarelaram, ficando as amostras, totalmente desuniformes e, em alguns casos, restando apenas um amontoado de partículas. Isso ocorreu devido à alta instabilidade dimensional e falta de adesão das partículas, já discutida em tópicos anteriores.-se que embora os painéis com maiores percentuais de casca de arroz tenham apresentado



**Figura 32.** Amostras dos painéis após o término dos ensaios biológicos de resistência a fungos (UF = ureia-formaldeído; TF = tanino-formaldeído; PC = percentual de casca nos painéis).

Como mencionado por Teixeira (1997), a classificação “moderadamente resistente”, indicada pela ASTM D 2017 (2005) e, obtida pela maioria dos tratamentos em estudo, não inviabiliza o uso das chapas, contanto que estas não venham a ser utilizadas em ambientes adversos, tais como: uso exterior e em contato direto com o solo. Por outro lado, painéis confeccionados exclusivamente com casca de arroz e colados com ureia-formaldeído, foram classificados como “resistentes” ao ataque, o que indica um elevado potencial para a utilização deste material na obtenção de matérias-primas de maior resistência a fungos apodrecedores, desde que, solucionada a colagem deficiente.



## 5 CONCLUSÕES

O acréscimo do percentual de casca nos painéis proporcionou uma maior instabilidade dimensional. Quanto ao tipo de adesivo, painéis colados com tanino-formaldeído foram mais estáveis que aqueles que utilizaram ureia-formaldeído.

A resistência mecânica foi significativamente reduzida com a adição da casca de arroz nos painéis, em todos os testes realizados.

A massa específica ao teor de umidade de equilíbrio, influenciou significativamente as propriedades físico-mecânicas dos painéis. O seu aumento proporcionou uma maior estabilidade dimensional nos painéis colados com ureia-formaldeído e menor para os painéis colados com tanino-formaldeído. Já as propriedades mecânicas, para todos os casos avaliados, aumentaram com o aumento da massa específica dos painéis.

Geralmente, painéis confeccionados exclusivamente com casca de arroz apresentaram maior resistência ao ataque de cupins subterrâneos e fungos apodrecedores. Para os térmitas, o aumento da casca de arroz e o uso do adesivo tanino-formaldeído nos painéis proporcionaram a redução da perda de massa. Para os fungos, quando submetido ao ataque de *Gloeophyllum trabeum* painéis colados com ureia-formaldeído demonstraram maior resistência e, quando atacado por *Trametes versicolor* não foi verificada influência do tipo de adesivo na resistência dos painéis. Dentre os adesivos, apenas para ureia-formaldeído houve variação para o ataque dos fungos, com *Trametes versicolor* proporcionando maiores perdas de massa.

Verificou-se que uma das principais limitações na produção de painéis com a inclusão de casca, foi a da difícil colagem das partículas, o que pode ser atribuída principalmente à refratária permeabilidade. Acredita-se que esse aspecto tenha sido uma das principais causas da redução da estabilidade física e da resistência mecânica dos painéis. Logo, a utilização de diferentes tipos ou composições de resinas, ou ainda, alternativas de “tratamentos” das partículas que viabilizem uma melhor colagem, devem ser estudadas.

Embora a utilização de casca de arroz tenha reduzido os principais parâmetros que identificam a qualidade dos painéis, que são suas propriedades físico-mecânicas, deve-se ressaltar que a utilização de uma madeira de menor massa específica, aliada ao incremento de um baixo percentual de casca de arroz nos painéis, podem produzir painéis de qualidade que satisfaçam as exigências de qualidade das normativas internacionais, mesmo quando colados com adesivos convencionais. Desse modo, recomenda-se a realização de estudos que avaliem esses parâmetros.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R.L.S.; SILVA, K.E.S. Resistência natural de dez espécies madeireiras da Amazônia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* (Silvestri) e *N. surinamensis* (Halmgrem) (Isoptera: Termitidae). **Revista Árvore**, v.24, n.2. p.229-234, 2000.

AJIWE, V.I.E. et al. A pilot plant for production of ceiling boards from rice husks. **Bioresour Technology**, v.66, p.41-43, 1998.

AKERS, L.E. **Particle board and hardboard**. London: Balckie e Son, 1966, v.4, 172p.

ALBERTO, M.M.M.; KEINERT JUNIOR, S. Efeito da geometria das partículas e da densidade, sobre as propriedades de painéis estruturais “waferboards”. **In: I Congresso Florestal Panamericano**, Curitiba, p.613, 1993.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – ANSI-A-208.1-87. **Mat-formed wood particleboard**. New York, 1987.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D-1037. Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, v.04.09, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D-2017. Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, v.0410, p.5, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D-3345. Standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, v.0410, p. 439-441,1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA- ABIAP. Disponível em: <<http://abiap.com.br>>. Acesso em: 27 nov. 2005.

BEHR, E.A.; WITTRUP, B.A. Decay and termite resistance of two species particle boards. **Holzforschung**, v.23, n.5, p.166-170, 1969.

BRITO, E.O. Estimativa de produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação de madeira. **Revista Madeira**, v.4, n.26, p.34-39, 1996.

BUSTAMANTE, N.C.R. **Preferências alimentares de 5 espécies de cupins *Nasutitermes Dudley, 1890* (Termitidae: Isoptera) por 7 espécies de madeira da várzea na Amazônia Central**. 1993, 151f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus.

BUSTAMANTE, N.C.R., MARTIUS, C. Nutritional preferences of wood-feeding termites inhabiting floodplain forest of the Amazon River, Brazil. **Acta Amônica** v.28, n.3, p 301-307, 1998.

CABRAL, C.P. et al. Propriedades de chapas de aglomerado confeccionadas com misturas de partículas de *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v.31, n.5, p.897-905, 2007.

- CALEGARI, L. et al. Adição de aparas de papel reciclável na fabricação de chapas de madeira aglomerada. **Ciência Florestal**, v.14, n.1, p.193-204, 2004.
- CALEGARI, L. et al. Desempenho físico-mecânico de painéis fabricados com bambu (*Bambusa vulgaris* Schr.) em combinação com madeira. **Cerne**, v.13, p.57-63, 2007.
- CARNEIRO, A.C.O. et al. Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de ureia-formaldeído e de taninos de casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.715-724, 2004.
- CASALINA, S.L. Rigid, flexible, and composite solid objects having cellulose-containing rice hull particles and radiation-induced polymer. **Patent**, US 3660223, I.D.: 680410. 1972.
- CHEN, T.Y. Studies on the manufacture of particleboard from rice hulls in industrial scale. **K'o Hsueh Fa Chan Yueh K'an**, v.8, n.5, p.456-462, 1980.
- CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla***. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), ESALQ-USP, Piracicaba, SP, 1998. 73p.
- CORRÊA, E.M. **Resistência de painéis OSB fabricados com diferentes resinas à ação de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae)**. 2007, 23f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Serópedica.
- DACOSTA, L.P.E. **Utilização de resíduos do processamento mecânico da madeira para a fabricação de chapas aglomeradas**. 2004, 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R.; GONÇALVEA, J.C. Fabricação e avaliação tecnológica da chapa aglomerada de mistura de *Eucalyptus urophyllai* T. S. Blake e *Pinus oocorpa* Schiede. **Revista Árvore**, v.20, n.3, p.371-379, 1996.
- DELLA LUCIA, R.M.; VITAL, B.R. Avaliação da qualidade de juntas coladas de Madeira de 3 espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.5, n.2, p.172-180, 1981.
- DUNKY, M.; PIZZI A. Wood adhesives. In: Chaudhury, M. and Pocius, A.V. (Eds.), **Adhesive Science and Engineering**. Amsterdam: Elsevier, chap. 23, p.1039-1103, 2002.
- EVANS, P.D. et al. Natural durability and physical properties of particleboard composed of white cypress pine and radiata pine. **Forest Products Journal**, v.6, p.87-94, 1997.
- FERREIRA, G.W. **Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* Maiden plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith**. 1996, 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- FINDLAY, W.P.K. The nature and durability of wood. In: FINDLAY, W. P. K. (Ed.). **Preservation of timber in the tropics**. Dordrecht: W. Junk Publishers, p.1-13, 1985.
- GEORGE J.; ZOOLAGUD, S. S.; RANGARAJU, T. S. Preliminary investigations on the use of tannin adhesives for particle board manufacture. **IPIRI Journal**, v.6, n.1, p.37-41, 1976.

GERARDI, V.; MINELLI, F.; VIGGIANO, D. Steam treated rice industry residues as an alternative feedstock for the wood based particleboard industry in Italy. **Biomass and Bioenergy**, v.14, n.3, p.295-299, 1998.

GERMAN STANDARDS COMMITTEE. Deutschen Normenausschuss. **Specifications for particleboards**. Holtz, 1971. (DIN 68761 (1)-1961 (3)).

GOUVEIA, F.N.; VITAL, B.R.; SANTANA, M.A.E. Avaliação de três tipos de estrutura de colchão e de três níveis de resina fenólica na produção de chapas de partículas orientadas – OSB. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.365-370, 2003.

GOVINDARAO, V.M.H. Utilizaion of rice husk – a preliminary analysis. **Journal of Science e Industrial Research**, v.39, n.9, p.495-515, 1980.

HAN, G. et al. Upgrading of urea formaldehyde-bonded reed and whet straw particleboards using silane coupling agents. **Journal of Wood Science**, v.44, p.282-286, 1998.

HANCOCK, W.V.; CHANDRAMOULI, P. Comparatives proprieties of rice-husk board, particleboard, and wafer board. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v.5, n.1, p.18-27, 1974.

HASELEIN, C.R. **Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeira de eucalipto (*Eucaliptus grandis* W. Hill ex Maiden) e embaúva (*Cecropia* sp.)**. 1989, 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.

HASELEIN, C.R.; PAULESKI, D.T. **Caderno didático da disciplina de Tecnologia da Madeira II – Parte I**. Imprensa Universitária - UFSM: Santa Maria, 73p. 2003.

HASELEIN, C.R.; PAULESKI, D.T. **Caderno didático da disciplina de Tecnologia da Madeira II – Parte II**. Imprensa Universitária – UFSM: Santa Maria, 53p. 2004.

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeido**. 2000, 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. (Eds.) **Eucalypts for wood production**. CSIRO: Melbourne, 1978, 434p.

HIZIROGLU, S. et al. Properties of bamboo-rice straw-eucalyptus composite panels. **Forest Products Journal**, v.55, n.12, p.221-225, 2005.

HSE, C.Y.; CHOONG, E.T. Modified formaldehyde based resin adhesives for rice hull-wood particleboard. **Southern Research Station**, n.07, p.81-86, 2002.

HUNT, G.M.; GARRATT, G.A. **Wood preservation**. New York: Mc Graw Hill, 1967. 433p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola mundial**: comentários. v.35, 48p, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA/CPPF. **Catálogo de madeiras da Amazônia**: características tecnológicas. INPA/CPPF: Manaus, 1991. 165p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA/CPPF. **Catálogo de madeiras do Amapá: características tecnológicas.** INPA/CPPF: Manaus, 1993. 165p.

IWAKIRI, S. **A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de *Pinus*.** 1989, 129f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

IWAKIRI, S., et al. Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pilularis*. **Floresta e Ambiente**, v.7, n.1, p.251-256, 2000.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. **Scientia Forestalis**, v.68, p.39-43, 2005.

KEINERT JUNIOR, S. Atualidades e perspectivas da utilização da madeira de Eucalyptus spp. e Pinus spp. para produção de painéis no Brasil e no exterior. **In: I Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal, SIF: Belo Horizonte, 1993, p.227-239.**

KELLY, M.W. **Critical literature review of relationships between processing and physical properties of particleboard.** USDA Forest Service – FPL: Madison, 1977, 66p.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. **Principles of Wood science and technology: wood based materials.** Springer Verlag: New York, 1975, 703p.

LEE, H.H.; KANG, C.W. Development of rice hull insulation board using urea formaldehyde resin. **Mokchae Konghak**, v.26, n.4, p.50-55, 1998.

LEE, K.Y. et al. Mechanical properties of rice husk flour-wood particleboard by urea-formaldehyde resin. **Wood science and technology**, v.31, n.3, p.42-49, 2003.

LELLES, J.G.; REZENDE, J.L.P. Considerações gerais sobre tratamento preservativo da madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**, v.12, n.141, p.83-90, 1986.

LEPAGE. E.S. Química da Madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeira.** IPT: São Paulo, p.69-97, 1986.

LIMA, A.L. et al. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.645-650, 2006.

LOPES, M.C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira.** 2003, 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

MACEDO, A.R.P.; ROQUE, C.A.L.; LEITE, E.T. **Produtos sólidos de madeira.** Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/madexpo.pdf>>. Acesso em 11 de março de 2007.

MALONEY, T.M. **Modern particleboard e dry-process fiberboard.** San Francisco: Miller Freeman, 1993. 681p.

- MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.
- MATTOS, R.L.G.; GONÇALVES, R.M.; CHAGAS, F.B. Painéis de madeira Brasil: panorama e perspectivas. **BNDS Setorial**, n.27, p.121-156, 2008.
- MEDEIROS NETO, P.N. **Correlação entre teores de extrativos e a resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos**. 2008, 30f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Campina Grande, Patos.
- MELO, R.R. et al. Durabilidade natural de nove madeiras de ocorrência na região amazônica a cupins subterrâneos (*Nasutitermes macrocephalus* Silvestri), em ensaio de preferência alimentar. **In: I Congresso de Iniciação Científica da UFCG, PRPGP-UFCG: Campina Grande, 2004, 4p.**
- MELO, R.R. et al. Evolução do setor florestal brasileiro. **In: IV Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, PPGEF-UFSM: Santa Maria, 2008, 7p.**
- MOSLEMI, A.A. **Particleboard**. Illinois University Press: Carbondale, v.2, 1974, 244p.
- NDAZI, B. et al. Production of rice husks composites with *Acacia mimosa* tannin-based resin. **Journal of Materials Science**, v.41, p.6978-6983, 2006.
- OKINO, E.Y.A. et al. Resistência físico mecânica de chapas aglomeradas de bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente. **Scientia Forestals**, n.52, p.35-42, 1997.
- OKINO, E.Y.A. Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus, eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedores. **Scientia Forestalis**, n.74, p.67-74, 2007.
- OKINO, E.Y.A. et al. Evaluation of the physical and biological properties of particleboard and flakeboard made from *Cupressus* spp. **International Biodeterioration e Biodegradation**, v.53, p.1-5, 2004.
- PAES, J. B.; LIMA, C.R.; MORAIS, V.M. Resistência natural de nove madeiras do Semi-Árido brasileiro a cupins subterrâneos, em ensaio de preferência alimentar. **Brasil Florestal**, v.20, n.72, p.59-69, 2001.
- PAES, J.B. et al. Resistência de nove painéis a base de madeira a cupins subterrâneos em ensaio de preferência alimentar. **In: VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. IBRAMEM: Uberlândia, p.1-10, 2002.**
- PAES, J.B.; RAMOS, I.E.C.; FARIAS SOBRINHO, D.W. 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**, v.2 n.1 p.51-64, 2006.
- PAES, J.B. et al. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.57-62, 2007.
- PAULESKI, D.T. **Características de compósitos manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira**. 2005, 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PEDRAZZI, C. **Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomeradas com resíduos de uma indústria de celulose**. 2005, 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PIZZI, A. (Ed.) **Advanced wood adhesives technology**. Marcel Dekker: New York, 1994, 289p.

PIZZI, A., SCHARFETTER, H., KES, EW. Adhesives and techniques open new possibilities for the wood processing industry. 1. Experience with tannin based adhesives. **National Timber Research Institute**, v.39, n.3, p.85-89, 1981.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. New York: Marcell Dekker, 1994. 680 p.

PLACE, T.A.; MALONEY, T.M. Internal bond and moisture response properties of three-layer, wood bark boards. **Forest products journal**, v.27, n.3, p.50-54, 1977.

POUEY, M.T.F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. 2006, 345f. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROFFAEL, E.; SCHNEIDER, A. Untersuchungen über den Einflub von Kochsalz als Bindemittelzusatz auf Eigenschaften von Spanplatten. **Holz-Zentralblatt**, v.109, n.103, p.1414-1415, 1983.

SANTANA, M. A. E., BAUMANN, M.G.D.; CONNER, A.H. Resol resins prepared with tannin liquefied in phenol. **Holzforschung**, v.49, p.146-152. 1995.

SANTANA, M.A.E.; TEIXEIRA, D.E. Uso de bagaço de cana-de-açúcar na confecção de chapas aglomeradas. **In: I Congresso Florestal Brasileiro**, SBS: Curitiba, p.667-672, 1993.

SANTOS, R.C. **Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para produção de chapas de partículas**. 2008, 159f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras.

SCHMIDT, E. et al. Strength reduction in particleboard caused by fungi. **Forest products journal**, v.28, n.2, p.26-30, 1978.

SCHMIDT-HELLERAU, C. Improving the quality of particleboard made with phenolic binders. **Holzforschung**, v.94, n.92, p.1327-1328, 1968.

SCHNEIDER, P.R.; SCHNEIDER, P.S.P.; SOUZA, C.A.M. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. Ed. FACOS-UFSM, Santa Maria, 2009, 294 p.

SILVA, J.C. Eucalipto: a madeira do futuro. **Revista da madeira**, Ed. especial, 2001, 114p.

SOUZA, F.X. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas. **Revista Lavoura Arrozeira**, v.46, n.406, p.11, 1993.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **Software computacional**. Ambiente VM. Cary: New York, USA, Versão 6.08, 1998.

SUCHSLAND, O. Higrscopic thickness swelling and related properties of selected commercial particleboard. **Forest Products Journal**, v.23, n.7, p.26-30, 1973.

SUCHSLAND, O.; WOODSON, G.E. **Fiberboard manufacturing practices in the United States**. USDA: Washington DC, 1986, 640p.

SUPRIANA, N. **Notes the resistance of tropical wood against termites**. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, 1985 9p. (Doc. IRG /WP/ 1249).

TEIXEIRA, D.E.; COSTA, A.F.; SANTANA, M.A.E. Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. **Scientia Forestals**, n.52, p.29-34, 1997.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus acmenioides*. **IPEF**, n.36, p.35-42, 1987.

TOSTES, A.S. et al. Colagem de chapas de madeira aglomerada com adesivo ureia-formaldeído (UF) modificado com tanino da casca de *Eucalyptus pellita* F. Mull. **Floresta e Ambiente**, v.11, n.1, p.15-19, 2004.

VASISHTH, R. C. Water resistant composite board from rice husk. **In: Interregional Seminar on Industrial Processing of Rice**. UNIDO-FAO: Viena, Áustria, 1971, 9p.

VITAL, B.R.; LEHMANN, W.F; BOONE, R.S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest Products Journal**, v.24, n.12, p.37-45, 1974.

WILSON, J.B., KRAHMER, R.L. Particleboard: microscopic observations of resin distribution and board fracture. **Forest Products Journal**, v.26, n.11, p.42-45, 1976.

YALINKILIC, M.K. et al. Biological, physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. **International Biodeterioration e Biodegradation**, v.41, p.75-84, 1998.

YOUNGQUIST, J.A. et al. Agricultural fibers in composition panels. **In: XXVII International Particleboard/Composite Materials Symposium**. Washington State University: Pullman, p.133-152, 1993.

ZENID, G.J. Madeiras e suas características. **In: Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Eds. OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. Suprema Gráfica e Editora, 2007, p.125-158.

ZUMMO, G.R., SEGERS, J. C.; BENNEDICT, J. H. Seasonal phenology of allochemicals in cotton and resistance to bollworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v.13, p.1287-1290, 1984.



## **ANEXOS**

**Anexo I.** Tabelas com os valores reais obtidos nos ensaios físico-mecânicos e de resistência a fungos e cupins xilófagos.

**Tabela 17.** Valores verificados para massa específica (ME) e teor de umidade de equilíbrio (TUEq) dos painéis para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel.

Ad.	PC ---- 0% ----		---- 20% ----		---- 40% ----		---- 60% ----		---- 80% ----		---- 100% ----	
	ME	TUEq	ME	TUEq	ME	TUEq	ME	TUEq	ME	TUEq	ME	TUEq
UREIA-FORMALDEÍDO	0,67	7,94	0,63	8,53	0,68	8,09	0,69	8,62	0,65	8,56	0,69	8,25
	0,68	8,25	0,68	8,30	0,69	8,04	0,67	8,36	0,66	8,23	0,62	8,25
	0,66	8,31	0,69	8,33	0,68	8,54	0,65	8,34	0,66	8,21	0,66	8,76
	0,63	8,17	0,70	8,61	0,66	8,41	0,58	8,32	0,62	8,35	0,65	8,18
	0,68	8,29	0,67	8,05	0,68	7,99	0,71	8,18	0,59	8,58	0,59	8,40
	0,65	8,02	0,68	8,75	0,69	8,05	0,66	8,13	0,60	8,46	0,70	8,94
	0,63	7,97	0,68	8,57	0,68	8,10	0,70	8,03	0,65	8,14	0,59	8,43
	0,64	8,78	0,65	8,04	0,66	8,38	0,63	9,04	0,65	8,45	0,70	8,70
	0,67	8,33	0,64	8,22	0,68	8,34	0,59	8,85	0,67	8,71	0,63	8,50
	0,68	8,28	0,66	8,33	0,64	8,64	0,61	8,19	0,69	8,20	0,63	8,77
	0,68	8,03	0,64	8,17	0,61	8,16	0,58	8,36	0,70	8,24	0,63	8,68
	0,61	8,69	0,66	8,67	0,62	8,32	0,59	8,48	0,62	8,71	0,60	8,62
	0,66	8,22	0,70	8,42	0,63	8,68	0,59	8,13	0,61	8,51	0,71	8,14
	0,70	8,27	0,70	7,99	0,67	7,70	0,65	8,82	0,59	8,36	0,68	8,97
	0,67	8,54	0,70	8,39	0,61	8,71	0,64	8,23	0,70	8,99	0,63	8,17
0,66	8,58	0,68	8,19	0,70	8,40	0,59	8,49	0,61	8,24	0,58	7,99	
TANINO-FORMALDEÍDO	0,59	8,60	0,67	8,32	0,65	8,44	0,68	8,32	0,71	8,59	0,62	8,46
	0,62	8,90	0,72	8,03	0,61	8,22	0,69	8,25	0,68	8,26	0,63	8,02
	0,64	8,76	0,73	8,79	0,62	8,44	0,68	8,22	0,65	8,70	0,64	8,49
	0,65	8,92	0,73	8,65	0,64	8,44	0,61	8,51	0,60	8,28	0,65	8,87
	0,65	8,58	0,70	8,26	0,69	8,27	0,61	8,92	0,58	8,57	0,61	8,64
	0,69	8,38	0,68	8,49	0,71	8,28	0,62	8,71	0,57	8,81	0,59	8,49
	0,71	8,55	0,68	8,43	0,68	8,32	0,63	8,77	0,59	8,84	0,60	8,05
	0,72	8,38	0,67	8,62	0,65	8,38	0,63	8,90	0,64	8,66	0,58	8,24
	0,63	8,52	0,60	8,44	0,70	8,37	0,62	9,06	0,62	8,21	0,72	8,83
	0,69	9,05	0,64	8,48	0,72	8,39	0,59	8,52	0,65	8,75	0,73	8,91
	0,74	8,39	0,65	8,57	0,70	8,30	0,59	8,85	0,62	8,70	0,64	8,58
	0,72	8,75	0,68	8,74	0,69	8,14	0,64	8,54	0,62	8,54	0,61	8,10
	0,70	8,71	0,64	8,45	0,69	8,75	0,66	8,34	0,72	8,22	0,59	8,29
	0,72	8,21	0,62	8,47	0,70	8,39	0,71	8,19	0,67	8,42	0,59	8,61
	0,62	8,61	0,65	8,73	0,71	8,45	0,74	8,43	0,61	8,60	0,62	8,48
0,68	8,40	0,66	8,62	0,64	8,37	0,71	8,29	0,69	8,36	0,62	8,56	

**Tabela 18.** Valores verificados para massa específica (ME), inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE2 e IE24), absorção de água as 2 e 24 horas (Ab2 e Ab24), teor de umidade as 2 e 24 horas (TU2 e TU24) dos painéis para os diferentes adesivos e proporção de casca (PC) para cada painel.

PC (%)	----- Ureia-Formaldeído -----							----- Tanino-Formaldeído -----						
	ME	IE2	Ab2	IE24	Ab24	TU2	TU24	ME	IE2	Ab2	IE24	Ab24	TU2	TU24
0	0,59	6,25	7,35	22,60	25,96	17,22	37,54	0,64	8,50	8,73	28,37	28,63	20,06	42,03
0	0,70	6,74	10,39	24,17	33,58	20,59	45,92	0,62	9,15	11,75	26,38	34,32	23,06	47,91
0	0,66	6,49	11,46	30,41	32,64	21,46	44,54	0,61	9,88	18,75	24,93	36,00	31,12	50,17
0	0,61	10,88	10,15	29,63	34,09	20,41	46,57	0,58	10,61	12,07	22,38	33,49	23,94	47,63
0	0,68	8,20	9,26	29,17	33,52	19,38	45,88	0,67	12,67	15,04	27,28	35,42	26,56	48,99
0	0,67	8,50	8,90	25,74	33,40	18,85	45,58	0,67	9,09	14,72	20,79	33,14	26,34	46,62
0	0,67	6,83	8,27	26,09	29,83	17,85	41,31	0,67	8,07	11,07	21,98	30,06	21,55	42,32
0	0,69	7,09	9,42	28,66	34,68	19,65	47,28	0,68	7,74	11,87	23,47	29,47	22,03	41,22
0	0,62	8,63	12,06	32,17	44,38	21,98	57,15	0,74	4,03	10,46	20,69	29,88	20,42	41,59
0	0,60	9,59	13,24	39,47	43,82	23,50	56,85	0,71	4,16	10,85	21,67	31,77	21,10	43,96
0	0,65	10,18	8,47	32,80	34,01	18,57	46,49	0,70	6,55	11,02	22,83	33,05	21,13	45,16
0	0,64	8,52	11,30	30,59	42,81	21,44	55,83	0,61	5,05	14,44	20,64	36,23	25,39	49,26
0	0,58	9,68	13,45	32,06	43,99	23,78	57,10	0,69	5,99	9,98	16,11	28,29	20,39	40,43
0	0,67	8,86	10,08	28,92	39,16	20,02	51,71	0,62	6,30	12,67	19,82	31,70	23,25	44,06
0	0,66	8,61	15,90	36,26	44,27	26,56	57,54	0,55	6,22	19,36	16,74	39,85	31,06	53,56
0	0,57	10,10	11,06	35,55	47,21	21,63	61,22	0,60	6,35	8,64	20,64	24,12	18,79	35,71
0	0,62	9,56	14,21	38,95	47,28	25,13	61,37	0,65	5,42	10,33	19,64	36,12	20,55	48,73
0	0,59	11,59	10,88	30,32	37,82	21,08	50,50	0,69	5,40	8,98	19,16	31,65	18,65	43,34
20	0,66	11,76	14,25	48,03	74,65	23,35	88,55	0,70	7,07	6,10	21,14	37,64	15,31	49,59
20	0,67	11,80	11,47	39,71	69,25	20,51	82,97	0,71	7,97	4,26	20,49	38,47	12,62	49,58
20	0,58	12,12	8,87	32,60	55,98	19,26	70,87	0,71	7,14	10,97	23,16	38,93	20,21	50,49
20	0,67	7,73	10,54	28,45	52,82	21,36	67,77	0,68	5,37	5,57	19,02	23,86	14,08	33,85
20	0,67	7,07	10,45	34,40	45,46	19,79	57,76	0,66	9,38	6,76	21,51	39,58	15,58	51,13
20	0,63	6,42	11,92	47,89	53,87	22,11	67,88	0,74	7,24	5,01	21,30	32,04	15,05	44,65
20	0,63	11,49	15,01	55,22	68,41	25,33	83,51	0,74	5,69	8,90	16,43	34,82	19,28	47,67
20	0,62	14,38	11,29	55,46	50,42	21,39	64,07	0,71	4,35	4,24	15,69	30,35	13,68	42,16
20	0,59	12,60	13,14	42,06	61,77	23,15	76,07	0,65	4,44	9,08	15,22	38,62	18,75	50,91
20	0,62	11,97	11,59	47,41	67,99	22,65	84,64	0,65	7,66	9,85	18,92	41,88	19,67	54,56
20	0,70	10,57	9,97	41,70	66,80	19,07	80,59	0,65	6,76	11,88	19,99	44,44	22,23	57,81
20	0,67	8,43	10,66	43,86	65,24	20,97	80,63	0,71	7,43	10,29	21,64	40,60	20,18	53,21
20	0,67	13,24	14,64	47,26	69,78	25,60	86,00	0,63	8,68	11,51	25,30	51,44	21,68	65,25
20	0,63	13,57	12,02	40,87	59,90	23,07	75,67	0,69	8,48	9,59	25,30	45,98	18,66	58,07
20	0,62	7,33	15,83	42,02	66,12	26,47	81,38	0,70	9,38	10,69	26,65	51,07	20,12	63,95
20	0,55	10,02	13,02	50,59	68,79	22,73	83,29	0,65	11,16	13,50	24,45	43,57	22,69	55,18
20	0,63	11,91	11,53	48,75	50,27	26,85	70,91	0,64	13,06	11,27	25,73	43,24	21,43	56,32
20	0,67	15,24	12,27	44,12	62,42	22,74	77,53	0,60	13,15	14,45	23,60	50,54	24,48	63,72
40	0,63	15,73	15,51	52,33	76,85	25,13	91,58	0,70	12,32	12,68	31,76	56,88	22,47	70,52
40	0,64	12,99	17,07	49,92	81,00	26,86	96,14	0,66	8,48	13,44	27,43	54,13	23,14	67,31
40	0,59	11,48	11,21	32,92	61,00	20,35	74,23	0,66	11,80	19,02	41,40	61,31	29,26	75,19
40	0,63	7,67	11,18	38,17	60,51	20,25	73,59	0,69	10,65	11,57	29,11	51,02	21,31	64,22
40	0,72	8,82	11,22	36,37	54,91	20,37	67,67	0,62	9,36	14,24	26,55	58,60	24,09	72,28
40	0,66	9,04	14,03	48,32	75,68	23,64	90,48	0,66	6,40	14,33	22,86	55,19	24,19	68,57
40	0,66	11,47	13,61	53,42	77,08	23,20	92,04	0,66	9,61	12,36	23,78	51,53	22,48	65,18
40	0,67	11,18	13,65	59,02	75,54	23,16	90,23	0,66	7,25	11,02	22,48	46,13	20,55	58,68
40	0,71	14,66	9,92	36,23	65,20	18,78	78,50	0,64	6,94	12,74	23,29	46,73	22,43	59,35
40	0,66	8,46	10,74	37,05	58,81	19,80	71,81	0,53	5,66	18,45	20,97	61,66	29,33	76,50
40	0,72	7,72	12,14	37,07	63,16	21,38	76,60	0,69	5,59	10,00	23,89	44,89	19,31	57,16
40	0,66	10,21	10,15	44,97	69,45	19,08	83,19	0,69	8,81	10,68	29,15	49,74	19,60	61,81
40	0,68	8,80	9,26	39,75	61,26	17,94	74,07	0,57	5,02	16,03	33,08	57,63	26,66	72,07
40	0,72	7,63	11,99	41,44	66,83	20,97	80,22	0,67	10,37	14,75	35,82	53,81	24,79	67,27
40	0,65	6,92	12,51	45,16	68,47	21,92	82,56	0,67	9,60	15,66	36,62	51,40	25,75	64,60
40	0,66	8,09	14,47	48,88	72,01	24,16	86,58	0,56	6,24	16,99	32,98	62,90	28,29	78,63
40	0,65	11,74	13,53	40,40	68,14	23,14	82,38	0,71	8,18	11,75	38,96	52,16	21,80	65,85
40	0,63	8,89	12,66	44,24	68,34	21,97	82,25	0,76	12,67	12,33	39,59	47,66	22,78	61,39

Continua...

Tabela 18. Continuação...

<b>60</b>	0,60	18,07	17,34	46,97	64,18	27,64	78,58	0,65	9,22	12,73	24,60	52,05	23,76	66,94
<b>60</b>	0,65	15,03	17,21	43,11	59,50	25,94	71,38	0,64	9,40	13,44	23,62	56,13	24,18	70,92
<b>60</b>	0,69	14,80	14,83	43,10	60,91	24,81	74,89	0,63	8,40	16,00	25,45	57,09	27,31	72,42
<b>60</b>	0,64	15,46	17,81	42,69	62,30	28,00	76,34	0,65	12,48	16,68	29,74	55,23	27,63	69,80
<b>60</b>	0,68	17,92	23,95	42,23	67,12	34,89	81,87	0,66	10,03	16,97	28,45	61,02	28,21	76,50
<b>60</b>	0,62	14,00	16,93	37,36	66,00	27,34	80,78	0,67	7,92	10,15	26,60	54,68	20,63	69,39
<b>60</b>	0,62	12,46	21,06	42,62	70,89	31,77	86,00	0,67	9,59	14,74	24,66	44,32	25,71	58,11
<b>60</b>	0,63	17,59	13,53	42,67	60,76	23,87	75,41	0,66	10,14	18,27	24,32	52,64	29,61	67,28
<b>60</b>	0,61	17,96	26,65	41,03	67,05	37,95	81,94	0,56	6,49	23,34	21,16	67,88	36,12	85,27
<b>60</b>	0,67	11,53	22,26	49,94	70,79	34,13	87,37	0,55	11,68	22,17	24,72	73,09	34,75	90,93
<b>60</b>	0,63	17,94	22,56	45,77	70,17	34,40	86,61	0,68	9,44	14,21	25,40	50,41	24,87	64,45
<b>60</b>	0,57	13,11	19,29	41,69	66,27	30,43	81,80	0,70	9,89	12,22	26,93	45,23	22,62	58,69
<b>60</b>	0,58	16,75	18,28	49,43	61,01	29,55	76,35	0,73	11,32	13,80	35,44	48,99	24,55	63,07
<b>60</b>	0,57	18,63	18,84	40,96	65,93	30,26	81,88	0,68	10,31	15,11	30,83	52,56	26,01	67,01
<b>60</b>	0,62	11,57	18,74	41,59	67,70	30,36	84,12	0,61	9,12	19,40	27,93	63,61	31,07	79,62
<b>60</b>	0,54	14,37	20,53	48,59	72,39	31,74	88,41	0,63	12,00	22,09	29,72	59,91	34,47	76,13
<b>60</b>	0,68	16,02	17,62	45,36	61,10	28,45	75,94	0,67	12,10	19,12	34,05	61,50	31,07	77,70
<b>60</b>	0,74	15,95	19,49	43,90	65,98	30,34	81,06	0,62	13,10	20,95	34,78	55,66	32,03	69,91
<b>80</b>	0,62	19,05	21,23	52,68	70,74	33,81	88,45	0,69	12,97	16,80	35,50	53,45	27,99	68,15
<b>80</b>	0,66	15,80	15,20	46,26	60,95	27,88	78,67	0,66	12,63	24,53	33,88	58,45	36,30	73,44
<b>80</b>	0,61	14,92	25,31	48,12	78,42	36,88	94,90	0,55	13,48	18,40	29,26	52,71	29,67	67,25
<b>80</b>	0,60	10,31	25,66	50,48	72,06	38,10	89,10	0,61	10,66	22,44	27,49	68,41	34,83	85,45
<b>80</b>	0,63	14,19	18,11	43,45	54,75	28,81	68,77	0,63	12,36	19,84	34,76	64,37	31,41	80,23
<b>80</b>	0,65	11,95	26,80	46,11	76,24	39,13	93,36	0,62	10,58	18,58	31,08	56,96	30,67	72,97
<b>80</b>	0,65	14,41	21,40	49,13	70,14	33,19	86,66	0,62	13,06	19,40	43,17	63,24	30,80	78,83
<b>80</b>	0,68	13,62	25,00	45,89	76,90	37,68	94,84	0,67	11,34	23,72	41,34	54,42	36,02	69,78
<b>80</b>	0,63	12,15	14,00	42,96	62,67	24,70	77,93	0,63	11,43	14,97	36,09	49,18	26,65	64,32
<b>80</b>	0,67	9,60	20,80	49,18	60,29	31,96	75,10	0,68	12,65	16,30	42,93	59,67	28,14	75,93
<b>80</b>	0,65	13,76	23,68	58,18	65,96	34,98	81,12	0,67	12,13	18,22	41,37	56,56	29,57	71,59
<b>80</b>	0,57	19,53	22,53	52,69	72,05	34,73	89,18	0,58	9,44	21,05	37,68	58,15	33,79	74,80
<b>80</b>	0,60	18,92	21,22	45,14	70,91	34,67	89,87	0,72	16,83	19,31	42,03	62,35	30,82	78,01
<b>80</b>	0,60	16,84	12,68	55,89	57,29	24,09	73,22	0,66	12,53	19,00	33,41	59,10	30,77	74,84
<b>80</b>	0,60	17,07	24,26	54,58	69,26	37,93	87,88	0,60	11,63	19,99	32,88	56,09	31,86	71,52
<b>80</b>	0,54	15,29	21,39	58,93	69,09	34,46	87,30	0,61	13,45	22,95	45,04	58,73	37,29	77,25
<b>80</b>	0,59	18,27	17,21	45,67	65,37	29,21	82,30	0,65	16,28	24,06	42,66	59,62	37,08	76,37
<b>80</b>	0,66	16,45	20,89	49,75	67,77	33,05	84,65	0,67	15,08	18,98	40,26	49,75	31,17	65,09
<b>100</b>	0,58	15,02	19,41	47,88	67,05	29,67	81,42	0,65	12,48	22,68	41,21	66,05	34,30	81,77
<b>100</b>	0,59	18,69	15,98	49,82	67,05	26,32	81,94	0,62	15,38	21,30	43,46	53,89	33,75	69,68
<b>100</b>	0,67	19,85	20,93	47,03	62,73	30,72	75,91	0,58	13,49	23,36	43,12	63,00	35,79	79,41
<b>100</b>	0,64	17,63	19,55	48,13	63,04	29,64	76,80	0,53	10,01	22,82	38,96	65,94	36,35	84,21
<b>100</b>	0,61	19,99	21,16	55,23	62,88	31,41	76,66	0,63	15,90	23,89	41,53	62,91	40,30	84,49
<b>100</b>	0,60	21,79	20,92	49,85	65,63	31,50	80,13	0,60	15,51	16,06	37,20	51,61	31,61	71,92
<b>100</b>	0,60	17,77	22,89	51,87	72,07	32,94	86,14	0,60	14,07	21,04	43,81	63,30	37,45	85,45
<b>100</b>	0,62	21,74	18,78	42,48	64,04	29,92	79,42	0,65	9,91	20,84	33,75	61,91	29,04	72,89
<b>100</b>	0,67	13,48	21,36	47,16	71,55	31,67	86,14	0,65	10,88	21,89	32,61	59,92	30,76	71,55
<b>100</b>	0,67	16,29	21,95	50,42	64,67	32,05	78,30	0,59	11,12	21,85	37,16	61,74	39,49	85,16
<b>100</b>	0,65	15,58	24,92	52,23	72,39	36,54	88,41	0,65	15,28	21,86	41,24	61,10	35,10	78,60
<b>100</b>	0,68	20,87	17,06	47,17	63,26	26,05	75,80	0,63	14,19	19,21	37,41	60,27	33,00	78,81
<b>100</b>	0,64	13,99	15,56	48,47	60,19	25,49	73,95	0,65	16,39	18,42	38,80	49,30	30,02	63,92
<b>100</b>	0,59	15,96	25,45	49,05	76,07	38,16	93,91	0,62	17,90	18,82	43,83	57,04	34,50	77,76
<b>100</b>	0,60	17,07	20,00	44,57	68,34	29,40	81,52	0,53	16,98	21,30	36,37	61,47	38,10	83,84
<b>100</b>	0,58	13,63	24,10	57,49	76,97	33,88	90,92	0,71	19,40	15,97	42,52	47,84	24,31	58,46
<b>100</b>	0,64	21,33	26,43	56,53	73,10	36,90	87,45	0,63	19,21	22,79	39,74	62,55	32,95	76,00
<b>100</b>	0,62	21,88	20,89	49,57	67,25	31,19	81,51	0,52	16,66	20,62	38,49	54,53	29,56	65,99

**Tabela 19.** Valores verificados para massa específica (ME), módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR) e resistência ao arrancamento de parafusos (AP) para os diferentes adesivos e proporção de casca (PC) para cada painel.

PC (%)	----- Ureia-Formaldeído -----				----- Tanino-Formaldeído -----			
	ME	MOE	MOR	AP	ME	MOE	MOR	AP
0	0,68	18833,28	169,72	88,00	0,66	22629,47	150,46	87,00
0	0,71	17640,50	149,32	67,00	0,75	21013,31	196,48	110,00
0	0,63	12737,32	108,15	98,00	0,59	16598,62	124,51	65,00
0	0,61	11125,28	144,22	72,00	0,75	19416,28	186,16	95,00
0	0,74	19464,83	193,88	94,00	0,73	19737,78	171,46	85,00
0	0,56	11680,71	111,47	56,00	0,64	15123,99	150,00	80,00
0	0,65	11984,42	127,12	90,00	0,69	15594,79	141,25	74,00
0	0,71	16928,28	188,42	109,00	0,66	15317,57	164,07	69,00
0	0,57	12055,88	112,68	82,00	0,61	14460,28	113,42	80,00
0	0,59	15661,01	163,05	63,00	0,68	18546,48	136,12	82,00
0	0,65	15525,91	123,00	79,00	0,67	14820,72	143,75	70,00
0	0,64	13162,45	176,01	71,00	0,66	17093,03	137,60	108,00
0	0,61	12380,54	124,81	66,00	0,65	17668,03	140,94	93,00
0	0,70	17289,63	177,55	69,00	0,65	19140,66	125,35	70,00
0	0,63	13193,21	120,54	57,00	0,65	13825,15	111,81	70,00
0	0,61	13487,09	134,45	75,00	0,64	14595,85	169,57	69,00
0	0,65	16242,60	152,79	88,00	0,70	17182,00	190,36	91,00
0	0,62	14943,49	119,74	96,00	0,74	23616,39	178,52	89,00
20	0,65	6180,10	60,22	59,00	0,71	14037,33	120,84	59,00
20	0,67	7620,69	87,83	37,00	0,71	11259,31	109,97	72,00
20	0,64	7395,02	89,48	42,00	0,72	14017,01	101,13	73,00
20	0,61	9928,64	71,13	46,00	0,63	8216,56	83,12	42,00
20	0,66	7009,21	76,21	71,00	0,65	7465,31	84,53	60,00
20	0,71	11744,08	113,55	60,00	0,74	13414,19	119,14	55,00
20	0,67	9314,01	103,56	76,00	0,70	10791,46	135,82	56,00
20	0,69	8836,73	100,76	62,00	0,75	15766,99	143,46	71,00
20	0,61	5952,88	87,08	34,00	0,62	10497,18	79,81	46,00
20	0,58	5508,36	69,34	44,00	0,61	10436,23	84,48	60,00
20	0,66	8532,94	79,15	47,00	0,69	10298,19	112,09	46,00
20	0,72	10048,54	92,14	42,00	0,73	12361,62	133,42	69,00
20	0,65	10221,60	86,62	46,00	0,64	7494,96	77,93	45,00
20	0,68	6775,78	101,60	38,00	0,63	8803,16	88,42	46,00
20	0,62	7300,25	70,33	37,00	0,71	10743,98	105,52	56,00
20	0,61	6613,29	66,30	34,00	0,66	11188,16	93,51	55,00
20	0,66	7995,52	64,74	34,00	0,74	16150,07	120,70	62,00
20	0,57	6097,55	67,67	39,00	0,69	9472,52	90,21	59,00
40	0,61	5356,46	59,56	27,00	0,61	8789,85	75,26	40,00
40	0,66	4817,25	56,64	25,00	0,70	8749,70	75,28	36,00
40	0,62	6801,95	71,95	27,00	0,56	7421,13	65,26	32,00
40	0,67	6227,36	91,96	48,00	0,67	6930,38	73,31	42,00
40	0,73	9567,86	81,53	51,00	0,56	6298,00	78,44	34,00
40	0,68	7257,58	88,33	44,00	0,75	14626,28	110,58	42,00
40	0,63	4180,77	88,00	28,00	0,60	7030,26	66,39	31,00
40	0,68	5891,05	93,87	24,00	0,67	6874,93	84,48	33,00
40	0,65	4565,44	68,73	32,00	0,74	13552,52	103,49	50,00
40	0,57	5514,13	63,95	37,00	0,67	7847,15	90,47	37,00
40	0,73	8769,44	86,86	42,00	0,65	7018,10	79,24	39,00
40	0,74	8836,34	96,64	48,00	0,57	8189,93	59,80	35,00
40	0,57	4656,17	54,64	32,00	0,70	7652,39	107,98	53,00
40	0,67	5616,16	78,18	37,00	0,69	11519,45	85,50	45,00
40	0,74	9125,57	99,25	37,00	0,72	10831,44	87,97	41,00
40	0,70	9474,33	91,85	43,00	0,71	6901,47	74,10	39,00
40	0,69	7989,00	67,45	28,00	0,73	9275,12	93,79	39,00
40	0,66	7187,58	72,16	37,00	0,66	8636,49	84,64	32,00

Continua...

Tabela 19. Continuação...

60	0,63	3616,98	51,39	17,00	0,67	3786,28	48,40	32,00
60	0,67	3003,82	53,62	16,00	0,61	4527,97	31,14	22,00
60	0,62	2192,47	77,98	16,00	0,72	5130,24	43,21	36,00
60	0,56	2224,82	43,42	13,00	0,58	4124,08	45,82	27,00
60	0,63	3449,82	51,15	18,00	0,73	7116,15	57,39	29,00
60	0,74	6573,00	82,47	21,00	0,57	4929,62	37,82	22,00
60	0,70	2908,18	63,11	23,00	0,57	1954,27	44,28	27,00
60	0,75	7510,91	64,61	15,00	0,74	6040,79	69,14	35,00
60	0,66	4811,30	44,65	21,00	0,65	5511,92	58,97	27,00
60	0,74	2898,18	63,78	19,00	0,70	3915,42	60,63	33,00
60	0,72	3622,37	79,79	22,00	0,72	7087,35	51,85	28,00
60	0,55	2575,10	37,96	16,00	0,70	5531,08	52,00	32,00
60	0,64	4245,34	32,64	24,00	0,63	3578,71	36,25	27,00
60	0,70	6210,65	79,30	18,00	0,69	3300,89	49,23	23,00
60	0,64	2055,89	66,68	14,00	0,64	2034,54	37,28	21,00
60	0,65	3102,00	45,00	15,00	0,74	5151,49	51,03	25,00
60	0,65	2527,36	41,81	19,00	0,64	3447,16	58,07	34,00
60	0,61	2524,17	41,03	13,00	0,64	2683,09	47,55	32,00
80	0,57	2174,29	36,52	13,00	0,65	3038,90	45,38	14,00
80	0,67	3545,57	34,73	8,00	0,70	2614,08	43,61	13,00
80	0,58	1701,95	31,18	9,00	0,72	3909,89	43,48	19,00
80	0,57	2555,24	40,00	8,00	0,69	2159,87	40,45	12,00
80	0,76	5170,88	59,38	18,00	0,70	2879,67	33,04	13,00
80	0,73	4660,24	61,94	26,00	0,56	1750,03	29,88	9,00
80	0,66	1546,32	33,85	16,00	0,71	2500,00	51,86	18,00
80	0,69	1952,79	73,62	11,00	0,75	3101,29	53,43	18,00
80	0,65	1900,24	50,00	17,00	0,64	1913,01	44,39	14,00
80	0,64	3285,39	79,65	16,00	0,65	2271,76	39,92	8,00
80	0,70	4430,02	56,77	9,00	0,68	2612,32	35,57	11,00
80	0,68	3371,33	68,19	15,00	0,71	3136,46	45,87	15,00
80	0,62	1800,11	45,00	10,00	0,60	1924,54	33,82	9,00
80	0,66	1531,82	54,55	11,00	0,68	1776,63	36,50	11,00
80	0,60	1813,93	36,33	14,00	0,68	2320,80	34,41	12,00
80	0,64	1430,74	40,18	17,00	0,66	2181,34	45,70	13,00
80	0,62	1437,38	39,42	11,00	0,67	2678,64	40,10	14,00
80	0,60	1802,14	48,27	15,00	0,68	2085,17	44,34	9,00
100	0,67	1361,89	69,24	8,00	0,62	1727,03	35,22	8,00
100	0,68	1824,20	43,48	9,00	0,62	1470,49	38,18	9,00
100	0,63	1500,00	55,00	7,00	0,72	1541,99	35,53	10,00
100	0,61	1222,82	41,25	8,00	0,64	713,30	32,87	7,00
100	0,70	1247,20	42,80	7,00	0,75	2616,76	49,30	11,00
100	0,65	1220,65	32,71	9,00	0,70	2237,23	39,64	10,00
100	0,74	2062,48	62,93	13,00	0,62	1750,00	40,00	6,00
100	0,70	1180,36	53,98	8,00	0,67	2599,71	53,37	8,00
100	0,75	2654,13	45,00	10,00	0,65	1284,12	38,09	10,00
100	0,58	2061,28	46,64	7,00	0,63	1620,48	37,90	7,00
100	0,62	1743,49	47,00	6,00	0,69	3253,52	43,47	10,00
100	0,61	989,00	40,00	9,00	0,69	974,59	39,09	9,00
100	0,63	1109,53	36,13	9,00	0,61	1891,39	30,11	8,00
100	0,66	2499,43	34,27	9,00	0,68	1085,42	33,63	7,00
100	0,60	1800,00	60,00	8,00	0,66	1479,60	33,82	6,00
100	0,68	2196,26	40,26	11,00	0,64	761,02	31,98	7,00
100	0,71	3222,53	65,24	14,00	0,59	731,14	29,57	6,00
100	0,58	1766,83	28,06	9,00	0,67	1850,54	32,19	6,00

**Tabela 20.** Valores verificados para massa específica (ME) e ligação interna (LI) dos painéis para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel.

Ad.	---- 0% ----		---- 20% ----		---- 40% ----		---- 60% ----		---- 80% ----		---- 100% ----	
	ME	LI	ME	LI	ME	LI	ME	LI	ME	LI	ME	LI
UREIA-FORMALDEÍDO	0,56	1,37	0,55	1,02	0,59	0,62	0,68	0,76	0,61	0,60	0,60	0,39
	0,65	1,70	0,57	1,11	0,62	0,74	0,72	0,42	0,63	0,35	0,58	0,30
	0,67	1,82	0,60	1,05	0,62	0,79	0,69	0,69	0,61	0,35	0,56	0,48
	0,68	1,55	0,64	0,99	0,65	0,65	0,72	0,45	0,63	0,52	0,59	0,25
	0,59	1,61	0,73	1,23	0,60	0,77	0,67	0,46	0,53	0,39	0,63	0,37
	0,64	1,50	0,72	1,44	0,63	0,77	0,66	0,60	0,62	0,35	0,66	0,33
	0,68	2,03	0,72	1,15	0,66	1,00	0,70	0,53	0,61	0,32	0,63	0,29
	0,67	1,64	0,65	1,16	0,66	0,88	0,71	0,41	0,58	0,36	0,60	0,42
	0,61	1,42	0,55	0,94	0,66	0,71	0,54	0,43	0,60	0,38	0,60	0,49
	0,67	1,75	0,62	1,18	0,71	1,03	0,56	0,31	0,63	0,56	0,65	0,58
	0,67	2,26	0,62	1,25	0,68	0,65	0,57	0,32	0,65	0,41	0,59	0,28
	0,71	1,54	0,63	1,42	0,67	0,77	0,59	0,32	0,66	0,64	0,58	0,24
	0,62	1,59	0,66	1,29	0,66	0,70	0,65	0,49	0,62	0,33	0,71	0,46
	0,71	1,90	0,67	1,10	0,67	1,09	0,67	0,37	0,67	0,50	0,58	0,36
	0,66	1,47	0,67	1,68	0,71	0,70	0,65	0,32	0,66	0,34	0,72	0,61
	0,66	1,50	0,71	1,33	0,74	1,10	0,65	0,27	0,63	0,50	0,56	0,47
	0,61	1,31	0,69	1,08	0,59	0,73	0,54	0,35	0,60	0,36	0,65	0,45
	0,59	1,35	0,69	1,65	0,64	0,62	0,67	0,31	0,67	0,57	0,74	0,55
	0,62	1,87	0,67	1,49	0,72	0,94	0,68	0,39	0,70	0,65	0,73	0,47
	0,67	1,70	0,66	0,90	0,71	0,76	0,66	0,57	0,72	0,59	0,73	0,46
0,57	1,51	0,56	1,03	0,64	0,83	0,54	0,39	0,52	0,42	0,56	0,25	
0,66	1,48	0,62	1,11	0,66	0,88	0,54	0,44	0,55	0,43	0,60	0,31	
0,61	1,33	0,61	1,12	0,65	0,72	0,58	0,35	0,55	0,30	0,69	0,48	
0,64	1,38	0,61	0,95	0,73	0,99	0,63	0,50	0,56	0,39	0,61	0,36	
TANINO-FORMALDEÍDO	0,65	2,43	0,58	1,30	0,70	0,92	0,64	0,70	0,63	0,65	0,69	0,65
	0,73	2,41	0,60	1,37	0,70	1,35	0,65	0,80	0,73	0,60	0,63	0,49
	0,65	1,83	0,63	1,01	0,64	0,80	0,66	0,94	0,72	0,62	0,66	0,42
	0,58	1,43	0,64	1,40	0,63	0,67	0,71	1,17	0,68	0,78	0,62	0,55
	0,64	1,74	0,67	1,77	0,59	0,93	0,61	0,62	0,55	0,45	0,65	0,58
	0,65	1,89	0,72	1,49	0,70	0,86	0,64	0,60	0,58	0,64	0,55	0,59
	0,65	2,15	0,74	1,35	0,71	0,96	0,59	0,54	0,57	0,37	0,55	0,30
	0,62	1,58	0,70	2,06	0,72	1,11	0,58	0,71	0,54	0,44	0,57	0,25
	0,63	2,01	0,66	1,52	0,57	0,99	0,71	1,20	0,62	0,39	0,63	0,47
	0,67	2,26	0,65	1,73	0,66	1,04	0,69	1,26	0,62	0,53	0,57	0,33
	0,67	1,96	0,62	1,16	0,66	0,95	0,66	0,71	0,70	0,75	0,57	0,58
	0,63	2,43	0,62	1,84	0,66	0,71	0,61	0,78	0,63	0,52	0,55	0,41
	0,73	2,36	0,61	1,01	0,55	0,83	0,54	0,95	0,65	0,53	0,58	0,40
	0,75	2,03	0,64	1,07	0,63	1,16	0,57	0,67	0,66	0,45	0,60	0,47
	0,71	1,93	0,66	1,21	0,67	0,94	0,59	0,87	0,65	0,41	0,59	0,32
	0,74	2,73	0,64	1,37	0,72	1,29	0,65	1,03	0,68	0,49	0,59	0,33
	0,70	2,31	0,56	1,41	0,63	1,01	0,53	0,78	0,64	0,72	0,64	0,46
	0,66	2,28	0,60	1,01	0,55	0,61	0,64	0,91	0,64	0,44	0,64	0,56
	0,63	2,29	0,67	1,77	0,63	0,72	0,68	0,78	0,64	0,52	0,57	0,46
	0,60	1,68	0,68	1,78	0,68	1,03	0,70	0,87	0,63	0,68	0,54	0,34
0,69	2,48	0,74	2,12	0,55	0,59	0,66	1,01	0,56	0,49	0,63	0,48	
0,71	1,96	0,67	1,74	0,58	0,79	0,64	1,11	0,60	0,45	0,66	0,52	
0,72	1,78	0,68	2,07	0,60	0,79	0,63	1,21	0,62	0,56	0,69	0,43	
0,67	2,31	0,63	1,91	0,64	0,63	0,65	0,51	0,62	0,62	0,67	0,39	

**Tabela 21.** Valores verificados para o percentual de perda de massa dos painéis após ensaio de preferência alimentar aos térmitas, para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel.

Ad.	PC	---- 0% ----	---- 20% ----	---- 40% ----	---- 60% ----	---- 80% ----	---- 100% ----
Ureia- Formaldeído		20,06	25,86	3,01	1,10	1,00	3,00
		31,70	19,96	2,14	3,72	0,52	0,77
		20,74	12,69	4,96	0,66	6,11	1,18
		22,87	18,41	0,63	6,25	5,01	4,18
		27,00	10,01	3,39	1,01	1,35	3,67
		23,17	11,10	0,79	1,11	1,41	1,73
Tanino- Formaldeído		14,02	11,87	2,36	4,84	0,49	2,29
		20,68	9,86	0,90	0,18	1,32	1,39
		12,03	8,75	0,84	1,58	0,33	0,75
		17,79	9,13	4,75	3,24	3,96	3,08
		12,07	6,07	0,51	0,60	3,75	1,22
		13,29	4,62	0,57	1,84	2,43	0,72

**Tabela 22.** Valores verificados para o percentual de perda de massa dos painéis após ensaio de apodrecimento acelerado com os fungos *Gloeophyllum trabeum* (GT) e *Trametes versicolor* (TV), para os diferentes adesivos (Ad.) e proporção de casca (PC) para cada painel.

Ad.	PC		---- 0% ----		---- 20% ----		---- 40% ----		---- 60% ----		---- 80% ----		---- 100% ----	
	GT	TV	GT	TV	GT	TV	GT	TV	GT	TV	GT	TV	GT	TV
UREIA-FORMALDEÍDO	18,36	40,29	34,03	43,38	35,41	38,78	42,37	32,45	40,56	31,89	34,96	25,54		
	11,25	12,84	26,15	53,96	12,62	47,80	35,25	35,71	11,54	34,31	22,44	16,45		
	17,22	33,39	23,70	38,43	32,19	45,49	18,41	49,55	29,01	51,47	42,16	14,24		
	29,04	40,10	33,88	40,82	14,78	57,62	21,74	43,26	32,27	33,63	9,32	13,27		
	29,73	26,70	34,73	43,81	36,97	42,19	35,18	43,39	16,55	45,00	35,56	17,66		
	31,48	38,61	40,76	51,72	35,40	41,27	24,52	34,07	23,06	42,75	39,88	18,16		
	28,16	17,01	30,68	26,67	37,44	10,81	29,98	45,83	30,85	34,15	18,96	35,70		
	27,16	30,12	38,00	39,44	36,77	45,18	39,05	43,97	32,38	30,60	17,01	7,98		
	27,13	41,08	25,73	43,07	36,84	48,48	37,40	44,24	16,15	26,45	18,17	*		
	19,65	36,62	33,56	53,18	37,73	54,70	34,38	43,88	40,18	*	8,47	*		
	14,38	25,41	29,90	53,65	33,65	47,91	23,05	40,99	29,22	*	24,55	*		
6,08	31,11	28,40	45,80	25,64	43,66	31,03	15,45	27,43	*	8,96	*			
TANINO-FORMALDEÍDO	37,43	41,19	31,10	46,98	30,91	43,72	33,61	48,76	38,24	23,14	34,33	17,26		
	32,23	17,60	38,45	45,79	49,57	48,54	41,06	35,73	37,66	38,09	39,16	21,67		
	48,65	16,64	39,85	50,35	42,05	37,70	39,90	49,24	32,94	36,43	32,57	20,88		
	29,10	44,17	34,81	59,96	36,62	37,87	43,11	43,23	40,14	32,31	39,75	30,36		
	27,08	15,79	31,94	17,62	46,64	36,79	36,52	29,78	24,75	45,69	37,61	35,83		
	25,30	27,75	35,18	44,27	37,93	24,90	36,59	31,27	35,15	32,27	38,01	31,29		
	34,56	46,86	33,10	16,07	38,29	41,74	41,69	46,65	30,61	24,69	35,21	26,31		
	31,21	45,25	40,81	38,50	42,36	32,58	42,52	35,44	31,74	35,50	27,43	21,82		
	37,81	57,87	40,15	30,50	46,11	48,24	36,93	37,03	38,77	31,65	20,86	17,37		
	37,08	54,48	11,54	*	41,13	47,84	35,85	39,54	38,48	12,07	37,53	27,80		
	31,24	*	36,93	*	37,30	*	43,26	*	42,02	28,74	45,95	*		
	29,54	*	34,03	*	39,94	*	39,19	*	41,69	34,24	37,79	*		

\*contaminação dos fracos por outro fungo durante os ensaios – estas amostras foram desconsideradas.



**Anexo II.** Tabelas com as análises estatísticas realizadas.

**Tabela 23.** Análise de variância das regressões para a absorção de água as 2 e 24 horas (Ab2 e Ab24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca nos painéis.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Ab24-UF	Modelo	1	10.287,74	10.287,74	170,35**	<,0001
	Resíduo	106	6.401,26	60,39		
	Total	107	16.689,00			
Ab24-TF	Modelo	1	10.089,33	10.089,33	255,52**	<,0001
	Resíduo	106	4.185,67	39,49		
	Total	107	14.275,00			

**Tabela 24.** Análise de covariância da absorção de água as 2 horas (Ab2) para os diferentes tipos de adesivo.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	3	3.397,05	1.132,35	105,36**	<,0001
Adesivo	1	24,98	24,98	2,32 <sup>NS</sup>	0,1288
Percentual de casca	1	3.368,17	3.368,17	313,38**	<,0001
PC(Adesivo)	1	3,89	3,89	0,36 <sup>NS</sup>	0,5479
Erro	212	2.278,54	10,75		
Total	215	5.675,58			

**Tabela 25.** Análise fatorial para absorções de água as 2 e 24 horas (Ab2 e Ab24).

Variável	FV	GL	SQ	QM	F
Ab2	Adesivo	1	24,98	24,98	2,92 <sup>NS</sup>
	Percentual de casca	5	3.748,52	749,70	87,66**
	Int. adesivo x percentual de casca	5	157,43	31,49	3,68**
	Tratamentos	11	3.930,93	357,36	41,79**
	Resíduo	204	1.744,65	8,55	
	Total	215	5.675,58		
Ab24	Adesivo	1	7.171,55	7.171,35	189,59**
	Percentual de casca	5	21.843,92	4.368,78	115,50**
	Int. adesivo x percentual de casca	5	1.403,41	280,68	7,42**
	Tratamentos	11	30.418,87	2.765,35	73,11**
	Resíduo	204	7.716,61	37,83	
	Total	215	38.135,48		

**Tabela 26.** Análise de variância das regressões da absorção de água as 2 e 24 horas (Ab2 e Ab24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Ab2-UF	Modelo	2	1.635,15	817,58	69,27**	<,0001
	Resíduo	105	1.239,33	11,80		
	Total	107	1.874,48			
Ab2-TF	Modelo	2	1.757,89	878,94	120,36	<,0001
	Resíduo	87	635,30	7,30		
	Total	89	2.393,19			
Ab24-UF	Modelo	1	10.287,74	10.287,74	170,35**	<,0001
	Resíduo	106	6.401,26	60,39		
	Total	107	16.689,00			
Ab24-TF	Modelo	2	9.639,52	4.819,76	109,17**	<,0001
	Resíduo	105	4.635,86	44,15		
	Total	107	14.275,38			

**Tabela 27.** Análise de variância das regressões para o inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE2 e IE24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF) em função do percentual de casca.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
IE2-UF	Modelo	1	643,92	643,92	75,81**	<,0001
	Resíduo	88	747,45	8,49		
	Total	89	1.391,37			
IE2-TF	Modelo	1	567,90	567,90	106,76**	<,0001
	Resíduo	88	468,09	5,31		
	Total	89	1.035,99			
IE24-UF	Modelo	1	607,99	607,99	19,50**	<,0001
	Resíduo	88	2.743,39	31,17		
	Total	89	3.351,38			
IE24-TF	Modelo	1	3.401,27	3.401,27	126,84**	<,0001
	Resíduo	88	2.359,72	26,82		
	Total	89	5.760,99			

**Tabela 28.** Análise fatorial para inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE2 e IE24).

Variável	FV	GL	SQ	QM	F
IE2	Adesivo	1	424,59	424,59	71,63**
	Percentual de casca	5	1.857,28	371,46	62,66**
	Int. adesivo x percentual de casca	5	95,69	19,14	3,23**
	Tratamentos	11	2.377,57	216,14	36,46**
	Resíduo	204	1.209,30	5,93	
	Total	215	3.586,87		
IE24	Adesivo	1	10.548,33	10.548,33	427,30**
	Percentual de casca	5	8.423,71	1.684,74	68,25**
	Int. adesivo x percentual de casca	5	1.077,17	215,43	8,73**
	Tratamentos	11	20.049,21	1.822,66	73,83**
	Resíduo	204	5.035,93	24,69	
	Total	215	25.085,14		

**Tabela 29.** Análise de variância das regressões do inchamento em espessura as 2 e 24 horas (IE2 e IE24), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
IE2-UF	Modelo	2	680,36	340,18	41,46**	<,0001
	Resíduo	87	711,01	8,17		
	Total	89	1.391,37			
IE2-TF	Modelo	2	586,13	293,07	56,68**	<,0001
	Resíduo	87	449,86	5,17		
	Total	89	1.035,99			
IE24-UF	Modelo	2	606,94	303,47	9,62**	0,0002
	Resíduo	87	2.744,44	31,55		
	Total	89	3.351,38			
IE24-TF	Modelo	2	3.526,81	1.763,41	68,67**	<,0001
	Resíduo	87	2.234,18	25,68		
	Total	89	5.760,99			

**Tabela 30.** Análise de covariância da equação ajustada para módulo de ruptura (MOR) em função do módulo de elasticidade, considerando as variações entre os adesivos.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	3	312.184,49	104.061,50	495,63**	<,0001
Adesivo	1	114,90	114,90	0,55 <sup>NS</sup>	0,4603
MOR	1	311.928,15	311.928,15	148,65**	<,0001
MOR (Adesivo)	1	141,44	141,44	0,67 <sup>NS</sup>	0,4127
Erro	212	44.511,5486	209,96		
Total	215	356.696,05			

**Tabela 31.** Análise de variância das regressões do módulo de elasticidade (MOE), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF) em função do percentual de casca.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
MOE-UF	Modelo	1	501.022.521	501.022.521	215,19**	<,0001
	Resíduo	88	203.892.617	2.328.235		
	Total	89	705.915.139			
MOE-TF	Modelo		1.197.449.058	1.197.449.058	349,05**	<,0001
	Resíduo		301.895.954	3.430.636		
	Total		1.499.345.012			

**Tabela 32.** Análise de covariância da equação ajustada para o módulo de ruptura (MOR) em função da proporção de casca, considerando as variações entre os adesivos.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	3	291.367,39	97.122,46	315,18**	<,0001
Adesivo	1	114,90	114,90	0,37 <sup>NS</sup>	0,5421
MOR	1	287.972,61	287.972,61	934,51**	<,0001
MOR (Adesivo)	1	3.279,88	3.279,88	10,64**	0,0013
Erro	212	65.328,65	308,15		
Total	215	356.696,05			

**Tabela 33.** Análise fatorial para módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR).

Variável	FV	GL	SQ	QM	F
MOE	Adesivo	1	115.811.371	115.811.371	33,46**
	Percentual de casca	5	5.309.505.971	1.061.901.194	306,80**
	Int. adesivo x percentual de casca	5	99.310.997	19.862.199	5,74**
	Tratamentos	11	5.524.628.339	205.238.939	145,10**
	Resíduo	204	7.060.093.826	3.461.244	
	Total	215	6.230.722.165		
MOR	Adesivo	1	114,90	114,90	0,41 <sup>NS</sup>
	Percentual de casca	5	293.010,24	58.602,05	210,99**
	Int. adesivo x percentual de casca	5	6.910,39	1.382,08	4,98**
	Tratamentos	11	300.035,54	27.275,96	98,20**
	Resíduo	204	56.660,51	277,75	
	Total	215	356.696,04		

**Tabela 34.** Análise de variância das regressões do módulo de elasticidade (MOE), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
MOE-UF	Modelo	2	581.614.792	290.807.396	203,54**	<,0001
	Resíduo	87	124.300.346	1.428.740		
	Total	89	705.915.139			
MOE-TF	Modelo	2	576.191.797	288.095.899	193,21**	<,0001
	Resíduo	87	129.723.341	1.491.073		
	Total	89	705.915.139			

**Tabela 35.** Análise de variância das regressões do módulo de ruptura (MOR), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
MOR-UF	Modelo	2	25.273	12.637,00	87,04**	<,0001
	Resíduo	87	1.269	145,16		
	Total	89	37.902			
MOR-TF	Modelo	2	65.276	32.638,00	259,05**	<,0001
	Resíduo	87	10.961	125,99		
	Total	89	76.237			

**Tabela 36.** Análise de covariância da equação ajustada para a resistência ao arrancamento de parafusos (AP) em função da proporção de casca, considerando as variações entre os adesivos.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	3	133.707,47	44.569,16	573,31**	<,0001
Adesivo	1	1.014,00	1.014,00	13,04**	0,004
AP	1	132.567,59	132.567,59	1.705,27**	<,0001
AP (Adesivo)	1	125,88	125,88	1,62 <sup>NS</sup>	0,2046
Erro	212	16.480,90	77,74		
Total	215	150.188,37			

**Tabela 37.** Análise fatorial para resistência ao arrancamento de parafusos.

FV	GL	SQ	QM	F
Adesivo	1	1.014,00	1.014,00	14,27**
Percentual de casca	5	133.517,87	26.703,57	375,89**
Int. adesivo <sup>x</sup> percentual de casca	5	1.164,28	232,86	3,28*
Tratamentos	11	135.696,15	12.336,01	173,65**
Resíduo	204	14.492,22	71,04	
Total	215	150.188,37		

**Tabela 38.** Análise de variância das regressões da resistência ao arrancamento de parafusos (AP), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
AP-UF	Modelo	2	18.809,00	9.404,48	170,14**	<,0001
	Resíduo	87	4.809,05	55,28		
	Total	89	23.618,05			
AP-TF	Modelo	2	29.236,00	14.618,00	532,73**	<,0001
	Resíduo	87	2.387,29	27,44		
	Total	89	31.624,29			

**Tabela 39.** Análise de variância das regressões da ligação interna (LI), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
LI-UF	Modelo	1	27,93	27,93	758,64**	<,0001
	Resíduo	142	5,23	0,04		
	Total	143	33,15			
LI-TF	Modelo	1	46,27	46,27	715,58**	<,0001
	Resíduo	142	9,18	0,06		
	Total	143	55,45			

**Tabela 40.** Análise fatorial para a ligação interna.

FV	GL	SQ	QM	F
Adesivo	1	4,41	4,41	104,52**
Percentual de casca	5	74,80	14,96	354,93**
Int. adesivo <sup>x</sup> percentual de casca	5	2,17	0,43	10,28**
Tratamentos	11	81,37	7,40	175,51**
Resíduo	204	11,63	0,04	
Total	215	93,01		

**Tabela 41.** Análise de variância das regressões da ligação interna (LI), para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca e da massa específica.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
LI-UF	Modelo	2	28,75	14,38	460,34**	<,0001
	Resíduo	141	4,40	0,03		
	Total	143	33,15			
LI-TF	Modelo	2	47,82	23,91	441,67**	<,0001
	Resíduo	141	7,63	0,05		
	Total	143	55,45			

**Tabela 42.** Análise de variância das regressões do percentual de perda de massa (PM) após os ensaios de preferência alimentar aos cupins, para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
PPM-UF	Modelo	1	146,07	146,07	28,90**	<,0001
	Resíduo	28	141,52	5,05		
	Total	29	287,59			
PPM-TF	Modelo	1	656,60	656,60	34,36**	<,0001
	Resíduo	28	353,09	19,11		
	Total	29	1.191,69			

**Tabela 43.** Análise fatorial para o percentual de perda de massa após o ensaio de preferência alimentar por cupins.

FV	GL	SQ	QM	F
Adesivo	1	193,88	192,88	23,14**
Percentual de casca	5	3.386,39	677,28	80,82**
Int. adesivo <sup>x</sup> percentual de casca	5	259,38	51,88	51,88**
Tratamentos	11	3.839,65	349,06	41,66**
Blocos	5	92,36	18,47	2,48*
Resíduo	55	410,42	7,46	
Total	71	4.342,43		

**Tabela 44.** Análise de variância das regressões do percentual de perda de massa (PM) após os ensaios de resistência ao ataque de fungos, para os adesivos ureia-formaldeído e tanino-formaldeído (UF e TF), em função do percentual de casca

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
PPM-UF	Modelo		545,27	545,27	7,27**	0,0092
	Resíduo		4.351,79	75,03		
	Total		4.897,06			
PPM-TF	Modelo	2	342,95	171,47	4,99**	0,0094
	Resíduo	69	2.369,07	34,33		
	Total	71	2.712,01			

**Tabela 45.** Análise de covariância da equação ajustada para percentual de perda de massa (PM) após o ataque do fungo *Trametes versicolor*, em função da proporção de casca, considerando as variações entre os adesivos.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Modelo	3	4.420,76	1.473,59	15,45**	<,0001
Adesivo	1	77,17	77,17	0,81 <sup>NS</sup>	0,3702
PPM	1	4.092,43	4.092,43	42,49**	<,0001
PPM (Adesivo)	1	251,16	251,16	2,63 <sup>NS</sup>	0,1073
Erro	116	11.060,78	95,35		
Total	119	15.481,54			

**Tabela 46.** Análise fatorial para o percentual de perda de massa pós o ataque dos fungos.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Fungo	1	809,13	809,13	11,56**
Adesivo	5	6.119,79	1.223,96	17,49**
Percentual de casca	1	1.299,10	1.299,10	18,56**
Int. fungo <sup>x</sup> adesivo	5	2.013,15	402,63	5,75**
Int. fungo <sup>x</sup> percentual de casca	1	1.551,48	1.551,48	22,17**
Int. adesivo <sup>x</sup> percentual de casca	5	1.049,09	209,82	3,00*
Int. fungo <sup>x</sup> adesivo <sup>x</sup> percentual de casca	5	208,23	41,65	0,60 <sup>NS</sup>
Tratamentos	23	13.049,96	567,39	8,11**
Resíduo	264	18.478,04	69,99	
Total	287	31.528,00		