

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

Utilização de adesivos à base de taninos de Acácia Negra e
***Eucalyptus pellita* para fabricação de painéis OSB**

Janaina da Silva Sousa

2006



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

UTILIZAÇÃO DE ADESIVOS À BASE DE TANINOS DE ACÁCIA NEGRA E
***Eucalyptus pellita* PARA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS OSB**

JANAINA DA SILVA SOUSA

Sob a Orientação do Professor

Roberto Carlos Costa Lelis

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais

Seropédica, RJ

Agosto de 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

JANAINA DA SILVA SOUSA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 30/08/2006

Roberto Carlos Costa Lelis. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque. Prof. Dr. UFPR

Alexandre Monteiro de Carvalho. Prof. Dr. UFRRJ

A Deus.

Aos meus estimados pais Jorge dos Santos Sousa e Ângela Maria da Silva Sousa.

Ao meu querido irmão Juliano da Silva Sousa.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela luz divina que ilumina os meus caminhos e me ajuda a vencer com sabedoria mais essa etapa da vida.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), que através de apoio ao projeto de pesquisa possibilitou a aquisição de equipamentos para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq, que através de apoio financeiro, possibilitou a aquisição de equipamentos e material de consumo para realização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Roberto Carlos Costa Lelis, que como orientador, colaborou em todos os aspectos para a realização deste trabalho, demonstrando paciência, interesse e amizade na tarefa de orientação.

Ao Prof. Edvã Oliveira Brito, que concedeu o Laboratório de Painéis de Madeira.

Ao Prof. Heber dos Santos Abreu pela cessão do Laboratório de Química da Madeira.

Ao Professor Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque (UFPR) pelo grande apoio, que foi decisivo para a finalização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Luís Monteiro de Matos, Diretor Geral do Laboratório de Tecnologia da Madeira (LTM) da UFPR, pela valiosa contribuição nos ensaios de resistência mecânica dos painéis. Neste sentido, gostaria de agradecer também a sua equipe técnica, nas pessoas dos Senhores José Guilherme Prata (Gerente Técnico de Ensaios), Gilnei Machado Rosa (Gerente Técnico Administrativo) e Ademir Cavalli (Técnico de Laboratório).

Aos funcionários Luís Cláudio Krauss, Daniel Bastos Chalita e Carlos Augusto (DPF/IF), que de maneira direta ou indireta foram importantes para realização deste trabalho.

Ao estimado amigo Duclerio José do Vale pela atenção, os conselhos sempre nas horas oportunas e principalmente pela amizade, que de forma indireta também contribuiu com este trabalho.

Ao amigo José Carlos Ferreira Batista pela valiosa colaboração que foi de fundamental importância para o processo de desenvolvimento deste trabalho, principalmente pela paciência nas minhas reclamações, sinceridade, companheirismo e amizade verdadeira.

Aos amigos de curso Delanie Lima da Costa Tienne, Leonardo Tienne da Costa, Samuel Pigozzo, Natália e Henrique Trevisan, pela amizade e bons momentos de descontração.

Aos estagiários Fábio Wagner, Lídia, Mayra, Djeison, que colaboraram para realização deste trabalho.

Ao meu querido irmão pelo carinho incondicional, companheirismo, amizade e colaboração.

Aos meus queridos pais, minha eterna gratidão pela vida, amor, carinho e apoio moral. Um obrigado seria muito pouco!

Ao meu namorado e amigo Leonardo Grossi, que soube compreender minha ausência em algumas etapas de nossas vidas e pelo carinho.

BIOGRAFIA

JANAINA DA SILVA SOUSA, filha de Jorge dos Santos Sousa e de Ângela Maria da Silva Sousa, nasceu na cidade do Rio de Janeiro – RJ, aos dois dias de dezembro do ano de 1977.

Em outubro de 1996 ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde graduou-se em novembro de 2003 com o título de Engenheira Florestal.

Iniciou em março de 2004, o Curso de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RESUMO

SOUSA, Janaina da Silva Sousa. **Utilização de adesivos à base de taninos de Acácia Negra e *Eucalyptus pellita* para fabricação de painéis OSB**. 2006. 51p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Este trabalho teve por objetivo estudar a viabilidade de utilização dos taninos da casca de acácia negra (*Acacia mearnsii*) e da madeira de *Eucalyptus pellita*, como adesivo Tanino-Formaldeído para a produção de painéis OSB. Para a madeira de *E. pellita* foram testadas sete formas de extração dos taninos (água à 100°C, água/1% de uréia, água/2% uréia, água/5% uréia, água/1% sulfito de sódio, água/ 2% de sulfito de sódio e água/5% sulfito de sódio). Após avaliação das propriedades químicas dos extratos tânicos optou-se por empregar a extração com água destilada /2% uréia para confecção do adesivo Tanino-Formaldeído. Adesivo de Fenol-Formaldeído (FF) foi modificado com 10% e 20% de tanino de acácia e o efeito desta adição sobre a qualidade do adesivo foi avaliado. Foram fabricados painéis OSB com adesivos FF, adesivos FF modificados com tanino de acácia e adesivos Tanino-Formaldeído (TF) puros de acácia negra, utilizando-se dois tempos de prensagem. Foram fabricados também painéis OSB com adesivo FTF de acácia modificado com tanino de *Eucalyptus* nas proporções de 10% e 20%. Os painéis foram avaliados quanto à resistência a flexão estática (MOR e MOE), resistência à tração perpendicular (Ligação Interna - LI) e estabilidade dimensional (Inchamento em Espessura – IE e Absorção de Água – AA). A adição de extrato tânico de acácia ao adesivo FF mostrou-se adequada para a fabricação de painéis OSB tendo-se em vista que os resultados obtidos para as propriedades físico-mecânicas estão de acordo com norma europeia EN 300. Os resultados mostraram também que é possível fabricar painéis com adesivo puro à base de tanino de acácia negra com tempos de prensagem de 6 min. A substituição de adesivo TF de acácia por tanino da madeira de *Eucalyptus pellita* é possível; entretanto, os painéis apresentaram baixa estabilidade dimensional.

Palavras chave: Polifenóis, chapas, Adesão, Tanino

ABSTRACT

SOUSA, Janaina da Silva Sousa. **Utilization of tannin from acacia and *Eucalyptus pellita* as resin for OSB production.** 2006. ---p. Dissertation (Master Science in Environmental and Forestry Science). Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2006.

The purpose of the present work was to study the viability of the utilization of the tannins of the bark from *Acacia mearnsii* and of *Eucalyptus pellita* wood, as adhesive (Tannin-Formaldehyde) for the OSB production. Seven condition of extraction (water at 100°C, water / 1% urea, water/2% urea, water/5% urea, water/1% sodium sulphite, water/ 2% sodium sulphite and water/5% sodium sulphite) were tested. The chemical properties of the extracts were evaluated and extraction with water/2% urea showed the best quality for adhesive production. Two levels of synthetic resins substitution with the bark extract of *Acacia mearnsii* were tested (90:10; 80:20). OSB were made with PF-resin, PF resin modified with tannin of acacia and resin of acacia (TF-resin) using two pressing times (6 min and 9 min) and their physical e mechanical properties were measured. OSB were made too with TF resin of acacia modified with tannin of *Eucalyptus pellita* wood (10% and 20%). The analysis were based on the tests of static bending, tensile strength perpendicular to surface, thickness swelling and water absorption. Modified PF resin made with extracts from acacia bark showed to be suitable for OSB production. Results of the physical and mechanical properties were in according to the European Norm EN 300. OSB made with tannin from acacia bark showed satisfactory results with pressing of 6 min. The substitution of tannin of acacia to tannin of eucalyptus is possible; however the humidity resistance was low.

Key words: Polyphenol, particleboards, adhesion, Tannin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura Flavonóide de Tanino	3
Figura 2. Etapas de Extração do Tanino – 1) Autoclave, 2) Extrato concentrado, 3) Tanino em pó	13
Figura 3. Esquema de retirada dos discos para determinação da massa específica	16
Figura 4: Processo de geração das partículas “strands”	18
Figura 5. Partículas “ strands” de pinus para manufatura de chapas OSB	19
Figura 6. Esquema de formação do colchão de OSB	20
Figura 7. Disposição dos corpos-de-prova nas chapas; FE=Flexão estática (200 x 50); AA e IE= Absorção de água e Inchamento (100 x 100); LI=Ligação interna (50 x 50)	22
Figura 8. Teores de polifenóis (NS) e Reatividade	24
Figura 9. Teores de extrativos; %de Taninos e % de Não Taninos	25
Figura 10. Valores pH para os diferentes tratamentos	26
Figura 11. Valores médios de Resistência à tração perpendicular ao plano das chapas OSB, em Kgf/cm ² para os diferentes tratamentos	30
Figura 12. Valores médios de resistência à tração perpendicular ao plano das chapas OSB, Kgf/cm ² para os diferentes tratamentos	34
Figura 13. Valores médios para o inchamento em espessura (IE) de chapas OSB fabricadas com diferentes tipos de adesivos, bem como a comparação de médias pelo teste tukey.....	36
Figura 14. Valores médios de resistência à tração perpendicular ao plano das chapas OSB, Kgf/cm ² para os diferentes tratamentos.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Delineamento experimental para as chapas OSB	21
Tabela 2.	Comparação das médias para os teores de polifenóis (NS e UV); % de extrativos; % de taninos e não taninos e pH nos diferentes tratamentos.....	25
Tabela 3.	Valores médios para viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH das soluções de taninos, a 45%, da madeira de <i>E. pellita</i> , da Acácia Negra e do adesivo FF	26
Tabela 4.	Valores médios para viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH das soluções tânicas da Acácia Negra, da madeira de <i>E. pellita</i> e da Acácia Negra: madeira de Eucalyptus (90:10; 80:20) a 45%	27
Tabela 5.	Valores médios para viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH da solução tânica da Acácia Negra a 45%, do adesivo FF e de suas modificações com soluções de tanino de Acácia Negra (90:10; 80:20)	28
Tabela 6.	Comparação dos valores médios da massa específica aparente das chapas OSB fabricadas	29
Tabela 7.	Valores médios para o Inchamento em Espessura e absorção de água de chapas OSB fabricadas com diferentes tipos de adesivos, bem como a comparação de médias pelo teste tuckey.....	30
Tabela 8.	Comparação dos valores médios para o Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) de corpos-de-prova das chapas OSB ensaiados à flexão estática na direção paralela às fibras	32
Tabela 9.	Norma Européia dos valores mínimos de Módulo de Ruptura (MOR), Módulo de Elasticidade (MOE) e Ligação Interna (LI) para os diferentes tipos de chapas	34
Tabela 10.	Comparação dos valores médios da massa específica aparente das chapas OSB fabricadas com adesivo TF de Acácia e suas modificações com TF da madeira de <i>E. pellita</i>	35
Tabela 11.	Valores médios para o Inchamento em Espessura e Absorção de Água de chapas OSB fabricadas com diferentes tipos de adesivos, bem como a comparação de médias pelo teste tuckey	36
Tabela 12.	Comparação dos valores médios para o Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) de corpos-de-prova das chapas OSB ensaiadas à flexão estática na direção paralela às fibras	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Extrativos polifenólicos.....	2
2.2 Taninos como fonte de adesivo (Adesivo TF)	4
2.3 Chapas de partículas OSB.....	6
2.4 Variáveis que afetam as propriedades das chapas OSB.....	7
2.4.1 Geometria das partículas.....	7
2.4.2 Espécies.....	8
2.4.3 Proporção face/miolo.....	9
2.4.4 Densidade.....	9
2.4.5 Tempo de prensagem.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Obtenção da madeira de <i>E. pellita</i> , picagem, moagem e classificação.....	11
3.2 Extração dos Taninos da madeira de <i>E. pellita</i>	11
3.3 Determinação dos teores de extrativos.....	11
3.4 Caracterização química dos taninos da madeira de <i>E. pellita</i>	12
3.4.1 Teor de polifenóis condensados – método de Stiasny	12
3.4.2 Teor de polifenóis – Método Ultra Violeta (UV)	12
3.4.3 Determinação do valor pH.....	12
3.5 Determinação da percentagem de taninos e não-taninos.....	13
3.6 Extração da madeira de <i>Eucalyptus pellita</i> em autoclave.....	13
3.7 Obtenção do tanino de acácia negra.....	13
3.8 Análise das propriedades das soluções de taninos da acácia negra e da casca de <i>E. pellita</i>	14
3.8.1 Determinação da viscosidade.....	14
3.8.2 Determinação do teor de sólidos.....	14
3.8.3 Determinação do tempo de formação de gel.....	14
3.8.4 pH.....	15
3.9 Caracterização química do adesivo Fenol-Formaldeído (FF).....	15
3.10 Avaliação das propriedades da solução tânica de acácia negra modificada com solução tânica da madeira de <i>E. pellita</i>	15
3.11 Avaliação das propriedades do adesivo FF modificado com solução tânica de acácia negra.....	15
3.12 Manufatura de Chapas OSB.....	15
3.12.1 Material.....	15
3.12.2 Determinação da massa específica básica da madeira de <i>Pinus caribaea</i>	15
3.12.3 Geração de partículas “strands”.....	17
3.12.4 Secagem das partículas.....	19
3.12.5 Aplicação do adesivo.....	19
3.12.6 Preparação do colchão de partículas.....	19
3.12.7 Prensagem, acondicionamento e confecção de corpos-de-prova.....	20
3.12.8 Plano experimental e condições de fabricação.....	20
3.12.9 Avaliação das propriedades físicas e mecânicas das chapas.....	21

3.12.9.1	Avaliação da massa específica aparente dos corpos-de-prova..	22
3.12.9.2	Ensaio de Inchamento em Espessura – IE (ASTM D 1037)....	22
3.12.9.3	Ensaio de Absorção de Água – AA (ASTM D1037).....	22
3.12.9.4	Ensaio de Flexão Estática – MOR e MOE (DIN 52362).....	23
3.12.9.5	Ensaio de Tração.....	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Avaliação dos teores de extrativos, das propriedades químicas, dos teores de taninos e não-taninos da casca de <i>E. pellita</i>	24
4.2	Análise das propriedades das soluções de taninos da casca de <i>E. pellita</i> , de taninos da acácia negra e do adesivo Fenol-Formaldeído (FF)	26
4.3	Avaliação das propriedades da solução tânica de acácia negra modificada com solução tânica da casca de <i>Eucalyptus pellita</i>	27
4.4	Avaliação das propriedades do adesivo FF modificado com solução tânica da acácia negra.....	28
4.5	Massa específica básica da madeira de Pinus	28
4.6	Avaliação das propriedades físicas e mecânicas das chapas	29
4.6.1	Chapas fabricadas com adesivo FF, TF de acácia negra e adesivo FF modificado com TF de acácia	29
4.6.1.1	Avaliação da massa específica aparente das chapas.....	29
4.6.1.2	Avaliação do Inchamento em Espessura (IE) e Absorção de Água (AA)	29
4.6.1.3	Avaliação da flexão estática (MOR e MOE) e tração perpendicular ao plano da chapa (Ligação Interna- LI).....	32
4.6.2	Chapas fabricadas com Tanino-Formaldeído de acácia (TF-acácia) e suas modificações com adesivo TF da madeira de <i>Eucalyptus pellita</i> Propriedades das Resinas Sintéticas e de Suas Modificações com Extrato Tânico.....	35
4.6.2.1	Avaliação da Massa Espacífica Aparente das Chapas.....	35
4.6.2.2	Avaliação do Inchamento em Espessura (IE) e Absorção de Água (AA)	36
4.6.2.3	Avaliação da flexão estática (MOR e MOE) e tração perpendicular ao plano da chapa (Ligação Interna – LI).....	37
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	39
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
	ANEXOS	47

1. INTRODUÇÃO

A utilização de adesivos sintéticos contribuiu de maneira decisiva para o desenvolvimento da indústria de painéis de madeira, sendo inicialmente empregados somente os adesivos à base de Uréia-Formaldeído. Ainda hoje, a maior parte dos painéis de aglomerados são produzidas com uréia-formaldeído.

Com o crescente emprego dos painéis em áreas exteriores, tornou-se necessário utilizar novos adesivos, que suportassem condições climáticas extremas. Para esse fim, obteve-se bons resultados com o adesivo à base de Fenol-Formaldeído. Apesar dos painéis produzidos com colas fenólicas serem resistentes contra a umidade e água, o alto custo do fenol depois da crise do petróleo foi motivo para novas pesquisas, a fim de se encontrar matérias-primas alternativas para a produção de adesivos resistentes à umidade. Dentre os novos materiais, surgiram os isocianatos e os adesivos de tanino (SAMLAIC, 1983; DEPPE & ERNST, 1971).

Nos países em desenvolvimento, o custo do adesivo é muito alto em relação ao custo total das chapas. Isso porque quase todas as matérias-primas para fabricação de adesivos são feitas à base de produtos derivados do petróleo. Devido a isso, tornam-se necessárias novas pesquisas a fim de se encontrar matérias-primas alternativas para a produção de adesivos. Nesse esforço, estão em primeiro plano os adesivos obtidos de matérias-primas naturais.

Dentre os materiais pesquisados para substituição dos adesivos sintéticos na fabricação de painéis de madeira aglomerada e compensados, destaca-se o tanino, polifenol obtido de várias fontes renováveis, como por exemplo da casca de Acácia Negra (*Acacia mearnsii*), *Pinus radiata* e da madeira do cerne de Quebracho (*Schinopsis* sp.). O tanino é uma substância amplamente distribuída entre as plantas; na casca de algumas espécies a concentração pode atingir até 40 %, permitindo assim a sua exploração comercial (PASTORE JUNIOR, 1977).

Desde a crise do petróleo na década de setenta, é crescente o interesse no emprego de polifenóis naturais como adesivos em painéis de madeira aglomerada e compensados. O uso de tanino desponta como uma excelente alternativa e o mesmo vêm sendo utilizado industrialmente em vários países da Europa como Alemanha e Finlândia (ROFFAEL & DIX, 1994). As colas de tanino-formaldeído são, também, amplamente utilizadas na África do Sul e Austrália na fabricação de chapas de aglomerado (PIZZI & STEPHANOU, 1994; AYLA & WEIßMANN, 1982).

No Brasil, o tanino é obtido especialmente da casca de Acácia Negra (*Acacia mearnsii*). O teor de polifenóis (taninos) na casca de Acácia pode chegar até a 35 % (ROFFAEL & DIX, 1989). Esses taninos são polímeros de constituintes flavonóides e comportam-se como típicos fenóis em reações com formaldeído.

O emprego de polifenóis vegetais como adesivos pode ser de interesse em países como o Brasil, haja visto que os produtos químicos fundamentais para a fabricação de adesivos convencionais, como uréia-formaldeído e fenol-formaldeído, são relativamente caros quando comparados com o preço do metanol, matéria-prima primordial para a fabricação de formaldeído, que costuma ser três vezes mais caro em países como a Alemanha (ROFFAEL & DIX, 1989).

No Brasil, foram poucos os trabalhos envolvendo a utilização do tanino como adesivo (COPPENS, 1979; COPPENS et al., 1980; SANTANA et al., 1979, 1981). O país já tem uma produção significativa de tanino, demandando porém mais pesquisas para que se possa aproveitar ao máximo esse recurso na indústria de painéis de partículas.

Painéis de partículas orientadas, mais conhecidas como OSB (“oriented strand board”), são painéis de madeira que apresentam boas propriedades de resistência mecânica e

estabilidade dimensional. Este nome designa um painel especial, cuja característica principal é a orientação das partículas (CLOUTIER, 1998).

Os painéis OSB têm sido desenvolvidos, principalmente, para o uso em aplicações estruturais como, por exemplo, paredes e tetos, forros, base de pisos para aplicação de carpetes, pisos de madeira, ladrilhos, embalagens, componentes de vigas estruturais, pallets tipo container, estrutura de móveis, podendo ser utilizados para quase todos os usos empregados em madeira aglomerada e madeira compensada. Estes são reconhecidos pelas Normas Americana e Canadense como equivalente ao compensado estrutural, e estão, atualmente substituindo o mesmo em tais aplicações. Segundo CLOUTIER (1998) várias razões explicam a assimilação do OSB pelo mercado em detrimento ao compensado: - a disponibilidade de lâminas de madeira tem decrescido substancialmente; - OSB pode ser feito com espécies de baixa qualidade e baixo custo; - a largura do painel OSB é determinado pela tecnologia utilizada, e não pelo comprimento das toras como é o caso dos compensados; - a performance do OSB já é reconhecida por normas internacionais, construtores e consumidores. Por apresentar baixo custo, o OSB vem conquistando o mercado de estruturas de residências antes dominado pelo compensado (STAMATO & HELLMEISTER, 1999). O adesivo mais utilizado na produção de OSB é o Fenol-Formaldeído (FF), sendo que o adesivo à base de isocianato vem sendo também utilizado em ritmo crescente, embora tenha custo superior (SELLERS, 2001). Até o presente, não é de conhecimento na literatura informações sobre a possibilidade de emprego de adesivos à base de taninos em painéis OSB.

Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar a possibilidade de utilização de taninos como adesivos para colagem de painéis de partículas OSB. Os objetivos específicos foram:

- Verificar, através de otimização das condições de extração com diferentes produtos químicos, a melhor forma de extração dos taninos da madeira de *Eucalyptus pellita*;
- Proceder a caracterização química dos taninos da madeira de *E. pellita*;
- Avaliar as propriedades técnicas das soluções de taninos de Acácia Negra e *Eucalyptus pellita*, importantes para o processo de colagem, principalmente a reatividade dos mesmos frente ao formaldeído;
- Avaliar a possibilidade de utilização dos taninos de Acácia Negra (*Acacia mearnsii*) como substituto parcial do adesivo sintético à base de Fenol-Formaldeído (FF);
- Testar as propriedades de adesivos Fenol-Formaldeído (FF) modificados com tanino de acácia negra utilizados na confecção de painéis OSB
- Avaliar a viabilidade de utilização dos taninos de Acácia Negra (*Acacia mearnsii*) modificados com soluções tânicas da madeira de *Eucalyptus pellita* para produção de adesivos Tanino-Formaldeído (TF);
- Avaliar as propriedades de painéis OSB fabricados com os diferentes adesivos tânicos;
- Verificar o efeito de diferentes tempos de prensagem nas propriedades de painéis OSB fabricados com adesivos tânicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Extrativos polifenólicos

Taninos são compostos polifenólicos de alto peso molecular, utilizados para diferentes finalidades como, por exemplo, curtimento de couro e produção de adesivos (MORI et al., 2000). Segundo GNAMM (1933) os taninos compreendem um grupo de substâncias que ocorrem em diversas plantas superiores, em diferentes quantidades e que têm o poder de transformar pele animal em couro. O processo é devido à associação dos grupos hidroxilas

dos taninos com as ligações peptídicas dos aminoácidos presentes na proteína animal denominados colágeno (HASLAM, 1966). Além da ação tanante, as soluções de tanino possuem outras finalidades como, por exemplo, fabricação de azulejos e pisos; facilitar perfurações de poços petrolíferos; ter ação dispersante e desfloculante; entre outras (POSER & GOSMAN,1990). Os compostos polifenólicos de algumas cascas e madeiras possuem grande poder de ligação. Essas substâncias podem formar uma resina através da condensação com o formaldeído sob determinado valor de pH (GONÇALVES, 2000).

Trata-se de substâncias polifenólicas que aparecem em quase todas as plantas superiores em diferentes quantidades. Os taninos são obtidos geralmente da madeira e da casca de certas folhosas, já que as coníferas, com exceção de suas cascas, apresentam pequena quantidade de tanino. Na casca de *Picea abies* pode-se encontrar até 15% de tanino. Em algumas espécies provenientes de manguezais o teor pode chegar a 35%, e no caso de madeira de Quebracho (*Schinopsis balance* Engl.) o teor de tanino varia de 30% a 35% (ROFFAEL & DIX, 1994).

Os taninos se classificam em hidrolisáveis e condensados, onde os primeiros, como o pirogalol, constituem-se em fenóis simples, esterificados com açúcares, sofrendo hidrólise ácida, alcalina ou enzimática. Como exemplo dos taninos hidrolisáveis, tem-se a madeira do castanheiro (*Castanea sativa*).

Os taninos condensados são formados por unidades de flavonóide (flavan 3-4 diol e flavan 3- ol) em vários graus de condensação (dependem do tipo e da origem do tanino), não sofrem hidrólise e se precipitam com formaldeído e ácido clorídrico, segundo a reação de Stiasny (WISSING, 1955). Dentre destes dois tipos, os mais importantes são os condensados, que geralmente se apresentam como polímeros, tendo um grau de condensação médio variando de 4 a 12 unidades flavonóides.

A Figura 1 mostra a estrutura flavonóide que constitui o principal monômero dos taninos condensados (PIZZI & MITTAL, 1994).

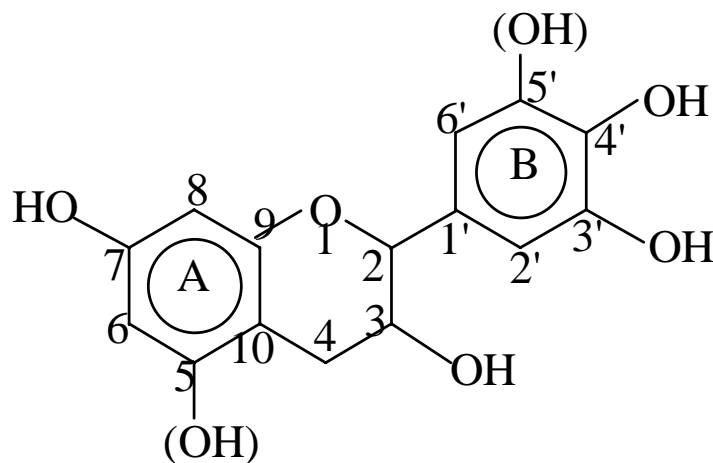


Figura 1. Estrutura do flavonóide de tanino

O anel A da Figura 1, pode ser resorcinólico ou floroglucinólico. É resorcinólico quando apresenta uma hidroxila no C₇ e é floroglucinólico quando apresenta duas hidroxilas, uma no C₅ e outra no C₇ (KEINERT & WOLF, 1984). O anel B é do tipo catecol quando possui duas hidroxilas ligadas, respectivamente, aos carbonos 3' e 4', e o anel B é pirogalol

quando possui hidroxilas ligadas aos carbonos 3', 4' e 5'. Em alguns taninos pode ocorrer o anel B fenólico, que possui apenas uma hidroxila ligada ao carbono 3'.

Cerca de 70% dos taninos da casca de acácia negra (*Acacia mearnsii*) são formados por flavonóides cujo anel A é resorcinólico e anel B pirogalol e cerca de 25% dos taninos de acácia negra também possuem o anel A resorcinólico e anel B catecol. Nas folhas e casca mais novas de acácia, ocorrem taninos constituídos de flavonóides, cujo anel A é floroglucinólico e anel B pirogalol e, ainda, anel A floroglucinólico e anel B catecol.

Os quatro modelos descritos acima constituem cerca de 65 à 80% do extrato da casca de acácia negra. A parte remanescente são os componentes “não- tânicos”, constituídos de carboidratos, gomas hidrocoloidais e frações de aminoácidos. As gomas hidrocoloidais variam em concentração de 3 à 6% e contribuem, significativamente, para o aumento da viscosidade do extrato tânico, bem como na qualidade de linha de cola em adesivos à base de taninos (PIZZI & MITTAL, 1994).

As unidades flavonóides podem estar unidas entre si pelos C₄ - C₆ ou C₄ - C₈ para formar os taninos compostos, principalmente, de fisetinidina (anel A resorcinólico e anel B catecol). As ligações inter-flavonóides (C₄-C₈) predominam em taninos compostos de catequina (anel A floroglucinólico e anel B catecol) e galocatequina (anel A floroglucinólico e anel B pirogalol). Quando o polímero tanino é composto de unidades fisetinidina o polímero é chamado de profisetinidina, e quando eles são compostos de catequina e galocatequina os polímeros são, respectivamente, chamados de procianidina e prodelfinidina (PIZZI, 1994).

Segundo GONÇALVES & LELIS (2000) os taninos condensados são utilizados como substitutos de resinas sintéticas devido a sua característica de precipitar-se com formaldeído, formando assim um polímero de estrutura rígida. A reação do tanino com o formaldeído se apresenta como fundamento para o seu emprego como adesivo, já que assim surgem policondensados de alto peso molecular (ROFFAEL & DIX, 1994). A rapidez com que os polifenóis se ligam ao formaldeído, possibilita a sua utilização na indústria de painéis de madeira sob condições normais de colagem e prensagem (PRASETYA & ROFFAEL, 1991).

Os extrativos da casca de *Acácia negra* e da madeira do Quebracho são os mais importantes taninos condensados produzidos industrialmente. Os taninos condensados constituem mais de 90 % da produção mundial de taninos comerciais, ultrapassando a marca de 350000 t/ano (GUANGCHENG et al, 1991).

2.2 Taninos como fonte de adesivo (adesivo TF)

O tanino representa um dos melhores substitutos para as colas fenólicas porque o adesivo dele derivado é também resistente à umidade. Desde a década de oitenta o interesse no emprego de polifenóis naturais (taninos) como adesivos em painéis de madeira aglomerada e compensados vem crescendo efetivamente. Isso se dá em razão da grande rapidez com que os polifenóis se ligam ao formaldeído, possibilitando, assim, a sua utilização na indústria de painéis de madeira sob condições normais de colagem e prensagem (PRASETYA & ROFFAEL, 1991). A reação do tanino com o formaldeído se apresenta como fundamento para o seu emprego como adesivo, uma vez que assim surgem policondensados de alto peso molecular. Com as resinas à base de Tanino-Formaldeído (TF) podem ser fabricadas chapas de madeira aglomerada com boas propriedades tecnológicas e pode-se conseguir uma colagem resistente à umidade. Dessa forma, é possível o emprego do painel fabricado com tanino em áreas exteriores (ROFFAEL & DIX, 1994).

OKUM et al. (1998) estudaram as propriedades de chapas de densidade média (MDF) fabricadas com tanino de Quebracho em combinação com extratos da casca de “Spruce”. Os resultados mostraram que o tanino comercial da madeira de Quebracho pode ser parcialmente

substituído por extrato da casca de “Spruce” na razão de até 60% sem prejudicar as propriedades mecânicas das chapas.

O tanino pode ser também utilizado em combinação com amido degradado por ácidos ou enzimas. O amido modificado promove a diminuição da viscosidade da resina e aumenta a sua vida útil. Sob determinadas condições de colagem, chapas de madeira aglomerada do tipo V100 (colagem resistente à alta umidade) e V20 (colagem resistente à baixa umidade), podem ser fabricadas usando uma combinação de tanino e amido (DIX et al., 1997).

De modo geral, os taninos hidrolisáveis não apresentam importância na fabricação de adesivos, ao contrário dos taninos condensados. Mais de 90% dos taninos obtidos industrialmente são taninos condensados. Segundo PIZZI (1994), são produzidos no mundo cerca de 200.000 toneladas por ano de tanino condensado. As unidades de flavonóides que compõem os taninos condensados são de diferentes estruturas e graus de condensação. Os taninos se apresentam, em geral, como polímeros e o grau de condensação médio varia de 4 a 12 unidades flavonóides. Entretanto, o grau de condensação depende do tipo e da origem do tanino e tem uma grande influência na viscosidade da solução de extrativos e no entrelaçamento das unidades de tanino (DIX & MARUTZKY, 1982a).

Uma pressuposição importante para o emprego de extrativos vegetais como adesivo para painéis de madeira é seu teor de componentes fenólicos reativos. Na determinação do teor de polifenóis emprega-se a reação de Stiasny, o qual consiste na precipitação dos taninos do tipo flavanol através de condensação com formaldeído em meio ácido (LELIS, 1995).

A utilização dos extratos como adesivo só é possível se houver uma reação dos mesmos com um produto ligante (formaldeído, por exemplo), já que eles próprios não apresentam nenhuma capacidade de ligação. O formaldeído prende-se aos átomos de carbono do anel A sob a formação de grupos metilol. Esses grupos metilol são capazes de reagir promovendo a ligação entre as moléculas de tanino através da formação de grupos metilênicos (DIX & MARUTZKY, 1987).

Além da reatividade, o grau de condensação dos taninos apresenta uma grande importância na fabricação de adesivos, já que influencia a viscosidade da solução com extratos e a ligação (entrelaçamento) das moléculas de tanino. O grau de condensação varia para as diferentes espécies sendo também influenciado pela idade e local de crescimento das árvores (PIZZI, 1994).

A qualidade da colagem com taninos é influenciada pelos componentes químicos não fenólicos presentes nos extrativos como açúcares, aminoácidos, pectinas, etc (WEISSMANN, 1985) e também pelos produtos químicos utilizados na extração.

Os componentes não fenólicos, principalmente as gomas, podem influenciar a viscosidade da resina de tanino-formaldeído e as propriedades ligantes do adesivo (HILLIS, 1981). De acordo com HEMINGWAY (1978), o processo de colagem piora com o aumento do teor de carboidratos no extrativo da casca.

A caracterização de adesivos de bases sintéticas ou naturais se dá pela determinação da viscosidade e do tempo de formação de gel. Normalmente, a viscosidade de soluções de tanino é bem maior do que a viscosidade de resinas fenólicas de mesma concentração. O tempo de formação de gel é uma medida que expressa a velocidade de cura da resina, ou seja, a velocidade de formação de ligações tridimensionais que tornam a estrutura polimérica rígida. Sendo assim, é uma medida importante para se conhecer a vida útil da mistura de adesivos (LELIS, 1995).

Adesivos à base de taninos não modificados quase não são empregados. As moléculas de tanino reagem tão rapidamente com o formaldeído que elas não se movimentam depois de uma baixa condensação e com isso não são capazes de formar pontes de hidrogênio. Através da modificação química, os taninos são influenciados em sua reatividade e com isso há uma

melhora nas propriedades dos painéis colados com resina de tanino-formaldeído (SCHÄFFER, 1992).

Abaixo, estão relacionadas algumas vantagens da utilização de resinas à base de Tanino-Formaldeído (ROFFAEL & DIX, 1994; DIX & MARUTZKY, 1982b):

- Algumas resinas à base de Tanino-Formaldeído, como por exemplo, Tanino-Quebracho-Formaldeído, podem endurecer mais rápido do que a resina alcalina Fenol-Formaldeído. Dessa forma, a capacidade de produção na fabricação de painéis é aumentada;

- As resinas Tanino-Formaldeído endurecem em meio levemente alcalino. Assim, os materiais de madeira colados com a resina não contêm quase nenhum álcali;

- Na fabricação de painéis de madeira aglomerada, as partículas não precisam estar totalmente secas. Elas podem apresentar um teor de umidade entre 7 a 8% e isso significa economia de energia na secagem;

- Os taninos são produtos naturais existentes em grande quantidade.

2.3 Painéis de partículas OSB

OSB (Oriented Strand Board) é um painel de madeira colado com adesivos sintéticos, fabricado em três camadas com partículas de madeira “strands” (partículas longas, largas e finas). Nas camadas externas, as partículas estão dispostas longitudinalmente em relação ao comprimento da placa, enquanto que na camada interna estão dispostas perpendicularmente às camadas externas.

Segundo TSOUMIS (1991), o painel OSB é similar ao compensado no que diz respeito à construção e sua resistência e rigidez à flexão estática. Entretanto, BORTOLETTO JR. & GARCIA (2004) encontraram propriedades mecânicas diferenciadas em painéis OSB e compensados existentes no mercado interno, indicando que se leve em consideração a magnitude das propriedades requeridas pelos produtos em uso.

O OSB é um material que permite a sua utilização em um sistema de construção utilizado no mundo todo, tanto para residências de alto padrão quanto para casas populares. A engenharia de OSB foi concebida para oferecer resistência mecânica superior, grande durabilidade e excelente trabalhabilidade. Abaixo, são apresentadas algumas vantagens que o OSB oferece: - sem espaços vazios em seu interior, - sem problemas de nó solto como na madeira, - sem problemas de laminação, - resistente ao impacto, - excelente propriedade isolante, - espessura calibrada, - atrativo para arquitetos e decoradores e preço competitivo (OSB, 2006a).

De acordo com CLOUTIER (1998), o painel OSB evoluiu a partir de um painel, também estrutural, conhecido como Waferboard que foi introduzido no mercado por volta de 1962. Os painéis de OSB diferem dos waferboard principalmente em relação ao tamanho das partículas, sendo estes constituídos de partículas mais longas e mais estreitas que os waferboards. Outra diferença é o processo de formação do colchão, onde os waferboards são formados através da deposição aleatória das partículas, enquanto que em OSB as partículas são alinhadas transversalmente em várias camadas, de modo que estas sejam perpendiculares entre si.

O OSB é fabricado com madeira de reflorestamento, seguindo tendência de outros tipos de painéis, como MDF (medium density fiberboard), contribuindo para diminuição da pressão sobre remanescentes de florestas nativas (GOUVEIA et al., 2000). Além disso, podem ser obtidos a partir de madeiras provenientes de desbastes, de troncos finos e defeituosos, bem como de espécies de menor valor comercial, ao contrário dos compensados que requerem toras de alta qualidade para a sua manufatura (WALKER, 1993).

Segundo a norma EN 300, os painéis OSB são classificados da seguinte forma:

- OSB/1: Painéis para usos gerais e para componentes interiores (incluindo mobiliário) utilizados em ambiente seco;
- OSB/2: Painéis para fins estruturais utilizados em ambiente seco;
- OSB/3: Painéis para fins estruturais utilizados em ambientes úmidos;
- OSB/4: Painéis para fins estruturais especiais utilizados em ambientes úmidos

No final da década de noventa, a produção de OSB estava concentrada basicamente nos EUA e Canadá, sendo estes países responsáveis por cerca de 95 % da produção mundial (TOMASELLI, 1998). No Brasil, a produção de OSB iniciou somente em 2002, com capacidade estimada em 200.000 m³/ano (JUVENAL & MATTOS, 2002).

2.4 Variáveis que afetam as propriedades dos painéis OSB

Por ser formado em camadas, vários parâmetros podem ser controlados no processo de manufatura do OSB. Os mais importantes são: densidade do painel; geometria de partículas e sua orientação; proporção da orientação de partícula em camadas face - miolo; conteúdo de umidade do colchão; quantidade de resina e parafina e tempo de prensagem. Mesmo com as variações destes parâmetros o aumento da resistência do painel provém da orientação paralela das partículas. Abaixo são relatadas algumas variáveis que afetam as propriedades de chapas OSB.

2.4.1 Dimensão e geometria das partículas

Os painéis de OSB são compostas de três ou cinco camadas de partículas orientadas, formando estas 90° entre si, utilizando o mesmo princípio empregado em madeira compensada (HAYGREEN & BOWER, 1996). No Brasil, o processo de produção de painéis de partículas dominante, desde os seus primórdios (1966) até os dias atuais, tem sido o processo de formação em multicamadas, com partículas de geometria variada (BRITO, 1995).

Segundo MOSLEMI (1974), partículas mais longas e mais finas, todas iguais, produzem um painel com resistência à flexão e estabilidade dimensional elevadas, enquanto que partículas mais curtas e mais espessas produzem um painel com resistência à flexão e estabilidade dimensional mais baixas.

CLOUTIER (1998) afirma que a geração de partículas “strand” (longas e estreitas) no processo de produção de OSB é uma das fases mais importantes, na qual a geometria destas partículas são determinadas.

As dimensões e a geometria das partículas são fatores que determinam o grau de orientação, este afetando fortemente o Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR). Além desses dois fatores interagirem na orientação das partículas dos painéis, o grau de alinhamento das partículas depende da esbeltez e razão comprimento/espessura (SOBRAL FILHO, 1981).

GEIMER (1976) relata que o comprimento e a largura das partículas são os mais importantes parâmetros no controle do grau de orientação. A altura de queda das partículas e a distância entre os pratos ou lâminas do orientador, também são fatores que afetam significativamente a orientação das partículas.

As indústrias canadenses utilizam geometrias diferentes na face e no miolo. Sendo a face composta por partículas com 25 mm de largura, 120 a 150 mm de comprimento e 0,5 mm de espessura, enquanto que no miolo as partículas apresentam 19 a 25 mm de largura, 100 a 120 mm de comprimento e 0,5 a 0,8 mm de espessura (CLOUTIER, 1998).

MENDES (2001) trabalhando com três larguras de partículas (15, 20 e 25 mm), observou que as diferentes larguras não influenciaram os Módulos de Elasticidade e Ruptura

em flexão estática, na direção perpendicular das fibras, sendo que no sentido paralelo ocorreu uma tendência de aumento do MOE e MOR com a diminuição da largura das partículas. O autor concluiu que esta faixa de largura das partículas não influencia as propriedades de flexão.

MENDES et al. (2000) produzindo painéis OSB de *Pinus taeda* interagindo com três diferentes larguras e dois tipos de painéis (homogêneos e heterogêneos), concluíram que os painéis de três camadas, os heterogêneos, apresentaram valores estatisticamente maiores de Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR) em relação aos painéis homogêneos. Os autores atribuíram este resultado à orientação das partículas na face dos painéis heterogêneos.

2.4.2 Espécies

De todas as variáveis presentes no processo de produção de painéis, a espécie a ser utilizada é uma das mais importantes. Esta variável interage com todas as outras no processo de produção, determinando o quanto o painel pode ser reduzido em massa específica. A espécie é refletida no tipo de matéria-prima disponível, controlando também o tipo de partícula que pode ser produzida economicamente. Entretanto, algumas espécies já requerem um controle da umidade matriz mais preciso nas partículas, em decorrência de estouro, ou separação de camadas durante a prensagem final do painel. Na produção de painéis de partículas em camadas, algumas espécies fornecem partículas mais adequadas para se obter uma superfície final bem lisa (MALONEY, 1977).

A espécie de madeira é uma das mais importantes variáveis presentes no processo de produção de painéis, pois esta variável interfere em todas as outras variáveis no processo e determina o quanto reduzido pode ser o painel em massa específica (MENDES et al. 2002).

As espécies florestais utilizadas também exercem influência sobre o tempo de prensagem. Suas características anatômicas particulares estão presentes nas partículas que são submetidas a condição de compressão, o que influi na resistência oferecida à compactação sob condições de pressão e temperatura (MATOS, 1988).

Desde o início das indústrias de painéis de partículas orientadas (OSB), somente algumas espécies de madeira tem sido utilizadas em grandes quantidades para a produção comercial (WANG & WINSTORFER, 2000).

O impacto fundamental da utilização de espécies no processo do material (excluindo a química da superfície da madeira e os efeitos de ligação) é que a densidade das espécies afetam a relação pressão – força do colchão durante a prensagem à quente, conseqüentemente resultando em mudanças na distribuição da densidade vertical, tendo assim um considerável impacto na confecção do painel (WANG & WINSTORFER, 2000).

Espécies com baixo teores de extrativos são mais adequadas para a produção de OSB. Em geral, espécies com altos teores de extrativos são propensas a estouros no final do ciclo de prensagem. Os extrativos podem interferir na cura da resina, e resultar numa linha de cola de baixa resistência entre as partículas (CLOUTIER, 1998).

WANG & WINSTORFER (2000) observaram que painéis OSB produzidos a partir de madeiras de Aspen (*Populus* spp.) apresentaram menor Inchamento em Espessura (IE) em relação aos painéis produzidos com *Pinus* spp. Os autores atribuíram esta diferença à menor densidade da madeira de Aspen em relação a de Pinus, resultando em uma maior razão de compactação dos painéis. Também foi concluído neste trabalho que os dois gêneros podem ser misturados ou alternados em face/miolo, na manufatura de painéis OSB, sem prejuízo na qualidade.

PECHO et al. (2004) estudaram a influência da madeira juvenil de *Pinus radiata* nas propriedades mecânicas dos painéis OSB e chegaram a conclusão de que a madeira juvenil condiciona as propriedades físicas e mecânicas de painéis OSB. Principalmente a Ligação interna (LI) é afetada pela madeira juvenil refletindo em menores valores de LI. Nesse trabalho os autores encontraram valores de LI de 0,46 MPa para painéis fabricados com madeira juvenil e 0,70 para painéis fabricados com madeira adulta. Por outro lado, os autores concluíram também que os valores de MOR foram independentes do tipo de madeira (juvenil ou adulta).

2.4.3 Relação face/miolo

CLOUTIER (1998) afirma que a proporção face/miolo ideal da composição dos painéis OSB situa-se na faixa de 40:60 a 60:40, baseado na percentagem do peso seco do material encolado.

AVRAMIDIS & SMITH (1989) utilizando duas diferentes proporções de face/miolo (50/50 e 60/40) observaram uma melhora significativa nas propriedades de Módulo de Elasticidade (MOE), Módulo de Ruptura (MOR) e Expansão Linear, dos painéis OSB, quando a proporção face/miolo passou de 50/50 para 60/40. Esta tendência foi observada no sentido paralelo à orientação das partículas. Inchamento em Espessura (IE) e Absorção em Água (AA), não foram claramente afetadas pelas diferentes proporções face/miolo. O aumento da proporção face/miolo resultou na redução das propriedades MOE, MOR e Expansão Linear quando testadas no sentido perpendicular das partículas na face. Os autores concluíram também que com o aumento da relação face/miolo houve uma diminuição da Ligação Interna (LI) nos painéis OSB.

2.4.4 Densidade

Segundo MALONEY (1977), a densidade da madeira consiste na variável relativa à espécie da madeira mais importante quanto as propriedades do painel. Além disso, a densidade da madeira é um importante fator que deve ser levado em consideração na escolha de espécies a serem utilizadas.

Painéis de partículas de uma determinada densidade, produzidas com espécies de baixa densidade, apresentam maior resistência à flexão estática e tração perpendicular, embora a resistência ao arrancamento de parafuso, absorção de água e inchamento em espessura sejam pouco afetadas. A razão para tal está no fato de que um determinado peso de partículas de uma espécie de baixa densidade, ocupa um volume superior do que o mesmo peso de partículas similares de uma espécie de maior densidade. Quando estes colchões de partículas de madeira são comprimidos, para dimensões finais do painel, ocorre um contato relativamente maior para partículas de madeira de baixa densidade, devido a maior taxa de compressão, resultando em melhor adesão entre as partículas. Por outro lado, para painéis de partículas de alta densidade, a quantidade de adesivo por unidade de área superficial das partículas passa a ser o fator controlador da resistência do painel. Portanto, para se obter um certo valor de resistência com uma madeira de maior densidade, a densidade do painel deve ser aumentada (MOSLEMI, 1974).

MALONEY (1977) descreve que o uso de espécies de baixa densidade (0,3 a 0,5 g/cm³) são preferidas, devido ao fato de que a madeira pouco densa permite sua compressão em painel de média densidade, com a garantia de se formar um suficiente contato entre as partículas, permitindo uma boa ligação. Portanto, espécies mais densas não podem ser usadas

na produção de painéis de média densidade por não atingirem uma boa ligação, mas podem ser empregadas na produção de painéis de densidade mais elevada.

MENDES (2001) relata que o aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³ elevou no MOE de 18%, e 9% e no MOR 27% e 15%, respectivamente na direção perpendicular e paralela.

SOBRAL FILHO (1981) concluiu que pequenos aumentos da densidade dos painéis resultaram numa diminuição do Módulo de Elasticidade (MOE) e do Módulo de Ruptura (MOR), em ambos os sentidos da orientação das partículas, causado pela adição de partículas menores (pulp chip strands).

VITAL et al. (1974) obtiveram maiores valores de Ligação Interna com o aumento na densidade do painel. Painéis de mesma densidade mas com razão de compactação baixa alcançaram melhor Ligação Interna do que aquelas de alta razão de compactação. Os autores atribuíram esta diferença ao aumento do esmagamento e a danos causados aos flocos para um nível de compressão alto.

MENDES (2001) observou que o aumento da densidade dos painéis não afetou o Inchamento em Espessura após 2 horas de imersão, no entanto, houve um aumento de 10% no Inchamento em Espessura após 24 horas de imersão em água, quando a densidade dos painéis aumentou de 0,65 para 0,80 g/cm³.

2.4.5 Tempo de prensagem

Segundo MATOS (1988), o tempo de prensagem refere-se ao intervalo de tempo decorrido desde o momento em que os espaçadores são atingidos pelos pratos da prensa até o momento em que a prensa é reaberta.

Na indústria de painéis de partículas o termo ciclo de prensagem é usado para definir o conjunto de condições sob as quais as partículas são prensadas e consolidadas em um painel, tais como: temperatura, pressão e tempo de prensagem. É considerada uma das etapas mais importantes no processo de fabricação de chapas de madeira aglomerada. É nesta fase do processo que ocorre a consolidação do material e na qual são definidas, em grande parte, as propriedades finais do produto. Também sob o aspecto econômico pode-se atribuir maior importância a esta fase (MATOS, 1988).

Segundo IWAKIRI (1989), citado por ALBUQUERQUE (2002), o tempo de prensagem, depende principalmente da eficiência da transferência de calor, da espessura do painel, da temperatura de prensagem, como também da distribuição da umidade no colchão de partículas. As indústrias do Canadá utilizam temperatura de prensagem de 200°C a 220°C e tempo de prensagem de 3 a 6 minutos, dependendo da espessura do painel (CLOUTIER, 1998).

MATOS (1988) relata que elevados teores de umidade requerem tempos mais longos de prensagem até que uma quantidade suficiente de vapor seja liberada e permita a adesão entre partículas de camadas interiores. O mesmo autor comparando os valores médios de variação em espessura para painéis com 5% de umidade nas partículas, prensados em tempo de 8 e 15 minutos, constatou que o inchamento em espessura foi maior para painéis prensados em tempos mais reduzidos (8 min.). O autor concluiu que a eficiência na cura da resina nas camadas mais interiores das chapas é alcançada em períodos mais longos de prensagem, quando a temperatura nestas regiões é suficiente para maior consolidação do painel.

A redução do tempo de consolidação dos painéis são mais desejáveis, pois implica em uma maior produção por unidade de tempo, reduzindo assim o consumo de energia. O principal efeito do decréscimo no tempo de prensagem é a redução nas propriedades de resistência (MATOS, 1988).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção da madeira de *Eucalyptus pellita*, picagem, moagem e classificação

O material utilizado foi coletado em um povoamento localizado no campus da UFRRJ, no município de Seropédica, RJ. Aleatoriamente foram escolhidas por sorteio cinco árvores de *E. pellita*, com diâmetro variando de 15 a 20 centímetros. A seguir, as árvores foram marcadas, abatidas e suas cascas foram removidas. Em seguida, o material foi seccionado em toretes menores e transportado para o Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Produtos Florestais. A madeira foi picada manualmente em pedaços menores, sendo em seguida secos ao ar e logo após foram moídas em moinho de martelo, obtendo-se assim, o material que foi classificado em peneira vibratória. A fração que passou pela peneira de 1,68 mm e ficou retida na de 0,48 mm foi armazenada em sacos plásticos para ser utilizada nas extrações do tanino.

3.2 Extração dos taninos da madeira de *Eucalyptus pellita*

A madeira sofreu tratamentos com produtos químicos em diferentes concentrações, com o objetivo de aumentar o rendimento da extração e também o teor de polifenóis. O material foi extraído em balão de fundo chato sob refluxo por 2 horas utilizando-se uma relação licor/casca 24:1. Após a extração, o material foi filtrado a vácuo utilizando-se cadinho de vidro sinterizado.

Os tratamentos considerados estão esquematizados a seguir:

- T1: Extração com água
- T2: Extração com água + 1% Uréia
- T3: Extração com água + 2 % Uréia
- T4: Extração com água + 5% Uréia
- T5: Extração com água + 1% Na₂CO₃
- T6: Extração com água + 2% Na₂CO₃
- T7: Extração com água + 5% Na₂SO₃

Obs.: % de produto químico calculado em relação ao peso seco de madeira.

Para cada tratamento, foram realizadas cinco repetições sendo determinados os teores de extrativos e suas propriedades, a saber: teor de polifenóis condensados - método de Stiasny (LELIS, 1995) e método UV (ROFFAEL, 1982), rendimento em tanino, rendimento em não-taninos e valor-pH. O melhor tratamento foi escolhido para obtenção de grandes quantidades de extratos tânicos a serem empregados na confecção de chapas OSB.

3.3 Determinação dos teores de extrativos

Após cada extração, separou-se uma alíquota de 15 ml para a determinação da massa de extrativos totais da madeira. Esta alíquota foi colocada em uma placa de petri, de peso previamente conhecido, em estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ}$ C, até obtenção de peso constante. Da diferença entre a massa da placa de petri seca antes e depois de ser levada à estufa com a alíquota, obteve-se a quantidade de extrativos em gramas em 15 ml de solução e considerando-se a quantidade de partículas (base seca) e o volume inicial empregados na extração, calculou-se o teor de extrativos em porcentagem.

3.4 Caracterização química dos taninos da madeira de *E. pellita*

3.4.1 Teor de polifenóis condensados – Método de Stiasny

Após cada extração foi separada uma alíquota de 50 ml que foi colocada em um balão de 250 ml. À alíquota foram adicionados 5 ml de ácido clorídrico e 10 ml de formaldeído. Esse material foi então colocado sob refluxo por 30 minutos. Em meio ácido, os taninos reagem com formaldeído ocorrendo precipitação. A seguir, o material foi filtrado e lavado com água destilada quente em cadinho filtrante de peso previamente conhecido. O cadinho com o resíduo (tanino) foi colocado em estufa à $105 \pm 3^\circ\text{C}$ até obtenção de peso constante. O percentual de tanino condensado contido nos extratos (Número de Stiasny - NS) foi determinado pela razão entre a massa de tanino e a massa dos extrativos totais extrapolada para 50 ml e o resultado convertido em porcentagem: (Equação 01)

$$\text{NS} = \frac{\text{massa de tanino}}{\text{massa de extr. totais}} \times 100$$

Equação 01

3.4.2 Teor de polifenóis – Método Ultra Violeta (UV)

O método UV baseia-se na reação de Stiasny, utilizando-se uma alíquota do filtrado antes e após reação com ácido clorídrico e formaldeído (ROFFAEL, 1976). Foram realizadas diluições com água destilada em balão volumétrico para cada tratamento conforme possibilitasse leitura, em espectrofotômetro, da absorbância antes e após a reação para verificar a reatividade. As leituras foram feitas no comprimento de onda de 280 nm. Com os resultados de absorbância antes e após a reação, calculou-se a reatividade ou teor de polifenóis reativos (UV).

$$\text{Teor de Polifenóis (UV)} = \frac{(\text{Abs. Antes} \times \text{Dil.}) - (\text{Abs. Depois} \times \text{Dil.})}{\text{Abs. Antes} \times \text{Dil.}} \times 100$$

Equação 02

onde:

UV = Ultra Violeta

Abs. = Absorbância

Dil. = Diluição

3.4.3 Determinação do valor pH

Os valores de pH dos extratos totais da madeira para todos os tratamentos foram obtidos através de leitura direta do pH em um pH-metro previamente calibrado com solução padrão de pH 7,1 e pH 4,1. Seguindo o mesmo procedimento utilizado por LELIS (1995).

3.5 Determinação da percentagem de tanino e não taninos

A percentagem de tanino foi calculada considerando-se o teor de polifenóis (NS) em cada extrato. O número de Stiasny (NS) multiplicado pela percentagem de extrativos vezes cem forneceu a percentagem de tanino no extrato. A diferença entre teores de extrativos e tanino forneceu a percentagem de não taninos (NT).

3.6 Extração de tanino da madeira de *E. pellita* em autoclave

Na extração dos taninos da madeira foram utilizadas as partículas que atravessaram a peneira de 4,37 mm e que ficaram retidas na de 0,61 mm. O material foi extraído com água destilada sob adição de 2% de uréia em autoclave de laboratório por 3 horas à temperatura de 100°C utilizando-se uma relação licor/madeira igual a 24:1. A percentagem de produto químico foi calculada em relação ao peso seco de madeira. Após a extração, o material foi filtrado a vácuo, utilizando-se cadinho de vidro sinterizado e depois concentrado através de aquecimento em fogão à gás. A seguir, o material foi colocado em estufa à 60 °C até secagem completa, quando foi então moído obtendo-se o extrato tânico na forma de pó (Figura 2). Os extratos foram utilizados na confecção de soluções tânicas à 45%, que tiveram suas propriedades avaliadas e foram utilizados também nas misturas com tanino de acácia negra para confecção de adesivos.

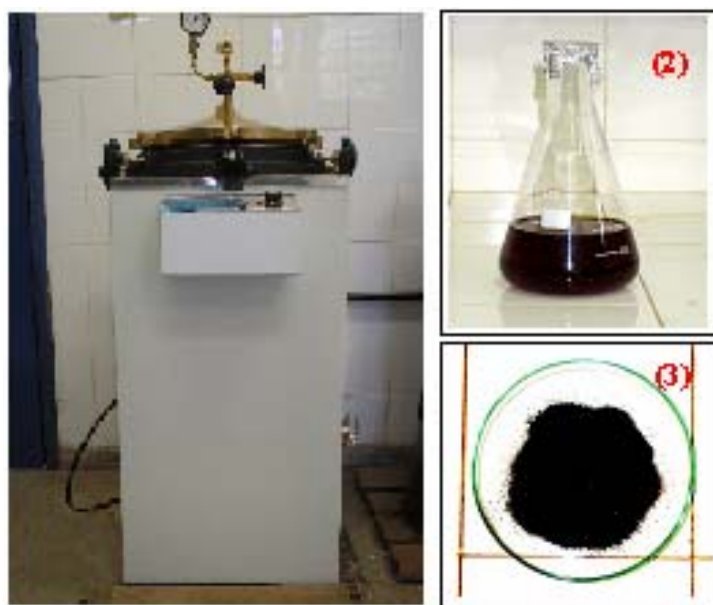


Figura 2. Etapas de extração do tanino: 1) autoclave, 2) extrato concentrado, 3) tanino em pó

3.7 Obtenção do tanino de acácia negra

O tanino de acácia negra foi fornecido pela Empresa TANAC (Montenegro - RS) com o nome comercial de Phenotan M.

3.8 Análise das propriedades das soluções de taninos da Acácia Negra e da madeira de *E. pellita*

As soluções tânicas de Acácia Negra e da madeira de *E. pellita* foram avaliadas quanto a sua qualidade de colagem através das seguintes propriedades: Viscosidade, tempo de formação de gel, teor de sólidos e pH. Para isso, foram confeccionadas soluções tânicas a 45%.

3.8.1 Determinação da viscosidade

Após preparo e homogeneização de solução tânica a 45%, a viscosidade foi determinada utilizando-se copo Ford (Universal) ASTM D-1200. Aproximadamente 130ml de solução de extrato foram colocadas no copo e o tempo necessário para o escoamento do extrato pelo copo foi registrado. O valor da viscosidade foi obtido de acordo com a seguinte equação:

$$V = (3,82 \times t - 17,28) \times d$$

Equação 03

onde:

V= viscosidade expressa em cp;

t = tempo de escoamento (em segundos)

d= densidade da solução tânica em g/cm³.

3.8.2 Determinação do teor de sólidos

O teor de sólidos foi determinado de acordo com BRITO (1995). Cinco gramas de solução a 45% foram colocadas em um cadinho de peso conhecido que foi levado posteriormente à estufa por 24 horas sendo seco à temperatura de 103 ± 3 °C. O teor de sólidos foi calculado através da equação:

$$TS = \frac{Ps}{Pu} \times 100$$

Equação 04

onde:

TS = Teor de sólidos (%);

Pu = Peso inicial (g);

Ps = Peso seco (g).

3.8.3 Determinação do tempo de formação de gel

O tempo de formação de gel expressa a velocidade de formação de ligações tridimensionais que tornam a estrutura polimérica rígida. Em um tubo de ensaio foram colocados 10 g de uma solução de extrato a 45%. Em seguida, adicionou-se formaldeído (catalisador) na razão de 20% sobre o teor de sólidos da solução de extrato, sendo o tubo homogeneizado com bastão de vidro em banho-maria à temperatura de 90°C até o ponto de endurecimento (formação de gel). O tempo necessário para que a mistura atingisse a fase gel expressou o tempo de formação de gel.

3.8.4 pH

O pH das soluções tânicas foi obtido conforme item 3.4.3

3.9 Caracterização química do adesivo Fenol-Formaldeído (FF)

O adesivo Fenol-Formaldeído foi caracterizado quanto a viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH, conforme o item 3.8. O adesivo FF (HL 2080) foi doado pela Empresa HEXION Química Indústria e Comércio S/A.

3.10 Avaliação das propriedades da solução tânica de Acácia Negra modificada com solução tânica da madeira de *Eucalyptus pellita*

A solução tânica de Acácia Negra (45%) foi modificada com solução tânica a 45%, da madeira de *Eucalyptus pellita* nas seguintes proporções: 90:10 e 80:20 e as seguintes propriedades foram avaliadas: Viscosidade, tempo de formação de gel, teor de sólidos e pH, seguindo-se a metodologia descrita no item 3.8.

3.11 Avaliação das propriedades do adesivo FF modificado com solução tânica da Acácia Negra

O adesivo FF foi modificado com solução tânica a 45%, da Acácia Negra nas seguintes proporções: 90:10 e 80:20 e as seguintes propriedades foram avaliadas: Viscosidade, tempo de formação de gel, teor de sólidos e pH, seguindo-se a metodologia descrita no item 3.8.

3.12 Manufatura dos painéis OSB

3.12.1 Material

Os painéis OSB foram fabricados utilizando-se madeira de *Pinus caribaea* Var. *caribaea*, proveniente de plantios localizados na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Três árvores foram coletadas, sendo retirados discos com 2,5 cm de espessura a partir da base da árvore, a 25, 50, 75 e 100% da altura comercial para a determinação da massa específica básica. Os troncos foram cortados em toras de aproximadamente 1 m, sendo utilizadas para geração de partículas.

3.12.2 Determinação da massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea*

Os discos de madeira de *Pinus caribaea* Var. *caribaea* (ver Figura 3) foram imersos em água de forma que os mesmos mantivessem a umidade acima do ponto de saturação das fibras. Em seguida, os discos foram fracionados na direção radial obtendo-se cunhas, procedendo-se a seguir a determinação do volume através do método da variação do peso do líquido em balança analítica (VITAL, 1984). As frações foram secas em estufas a $103 \pm 3^\circ\text{C}$ até peso constante, com variação mínima de 0,05% em peso, obtendo-se assim a massa seca. A massa específica básica de cada fração foi calculada seguindo-se a expressão abaixo:

$$MB = \frac{MS}{VS}$$

Equação 05

sendo:

- MB = Massa específica básica (g / cm³)
- MS = Massa absolutamente seca (g)
- VS = Volume saturado da amostra (cm³).

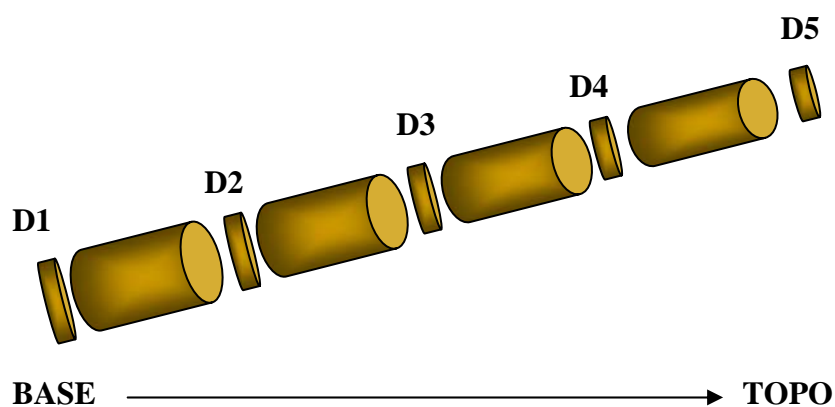


Figura 3. Esquema de retirada dos discos para determinação da Massa específica básica

O volume das seções de cada árvore foi determinado através da equação:

$$V_s = 0,00007854 \times \frac{D^2 + d^2}{2} \times L$$

Equação 06

sendo:

- Vs = volume da seção (m³)
- D = diâmetro sem casca na base da seção (cm)
- d = diâmetro sem casca na topo da seção (cm)
- L = comprimento da seção (m).

O volume total da árvore foi determinado através da equação:

$$V_t = \sum V_{s_i}$$

sendo:

- Vt = volume total da árvore (m³)
- $\sum V_{s_i}$ = somatório do volume das seções.

Equação 07

A massa específica básica média das árvores foi determinada através da seguinte equação:

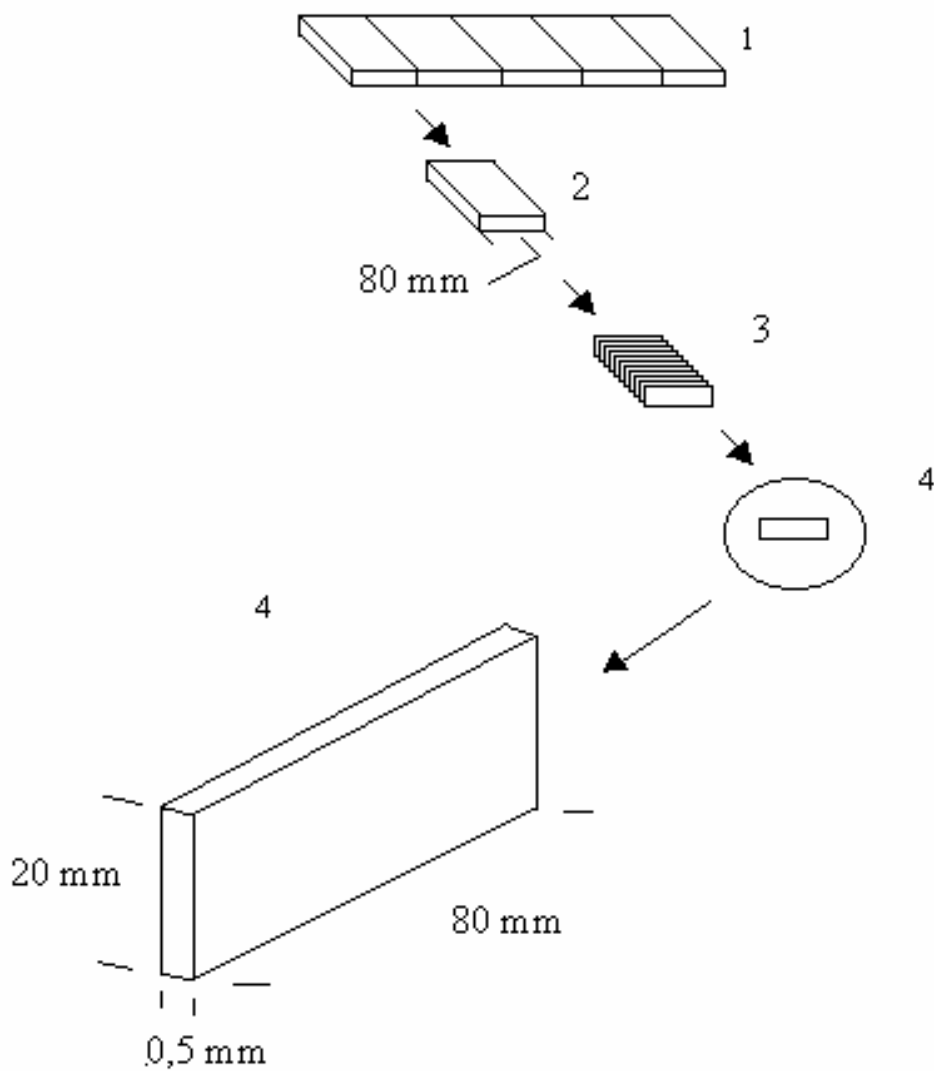
$$\text{Sendo: } \mathbf{MBM} = \frac{\sum_{i=1}^N V_s(i) \overline{MB}(i)}{V_t}$$

Equação 08

- \overline{MBM} = Massa específica básica média ponderada da árvore (g / cm³)
- $\overline{MB}(i)$ = Massa específica básica média da seção (g / cm³)
- V_t = volume total da árvore (m³)
- V_s = volume da seção (m³).

3.12.3 Geração de partículas “strands”

As toras retiradas das três árvores de Pinus foram desdobradas em tábuas de 20 mm de espessura, definindo a largura da partícula. Estas foram seccionadas em peças de 80 mm de largura, definindo o comprimento das partículas. As partículas foram obtidas através de um gerador de partículas, onde as facas foram ajustadas para a geração de partículas com espessura de 0,5 mm. A Figura 4 apresenta o processo de geração das partículas “strands”. A Figura 5 ilustra as partículas geradas para manufatura dos painéis.



1 – Tábua; 2 - 2 – Bloco; 3 – Partículas geradas no picador; 4 – Dimensões finais das partículas.

Figura 4. Processo de geração das partículas “strands” (segundo PEREIRA, 2003)



Figura 5. Partículas “strands” de Pinus para manufatura de painéis OSB

3.12.4 Secagem das partículas

As partículas foram secas ao ar livre até atingirem teor de umidade próximo de 10%. O controle da secagem é de grande importância, pois uma grande variação de umidade de partículas poderá levar à ocorrência de “estouros”, ou seja a delaminação dos painéis durante a prensagem.

3.12.5 Aplicação de adesivo

Após a pesagem das partículas nas quantidades adequadas, foi feita a aplicação do adesivo por meio de aspersão, com auxílio de uma pistola à base de ar comprimido, em um aplicador do tipo tambor rotativo obtendo-se uma distribuição uniforme do adesivo sobre as superfícies de todas as partículas.

3.12.6 Preparação do colchão de partículas

Na formação do colchão de partículas orientadas, foi empregado um orientador de partículas, utilizando tábuas de madeira, com dimensões de 48 x 48 x 20 cm, subdividida em doze partes iguais de 4 cm por lâminas de ferro. Essa estrutura é fixada sobre a caixa formadora de iguais dimensões, sendo assim formando o colchão com as partículas orientadas.

O colchão de partículas foi feito em três camadas, de tal forma que as partículas das camadas externas ficassem com o mesmo sentido, ou seja, paralelo ao comprimento da chapa e as partículas do centro com sentido transversal àquelas da superfície (ver Figura 6). Realizou-se uma pré-prensagem manual para evitar a perda de partículas nas bordas do colchão no momento do transporte para a prensa e facilitar o fechamento da mesma. Em seguida o colchão foi levado para a prensa hidráulica.

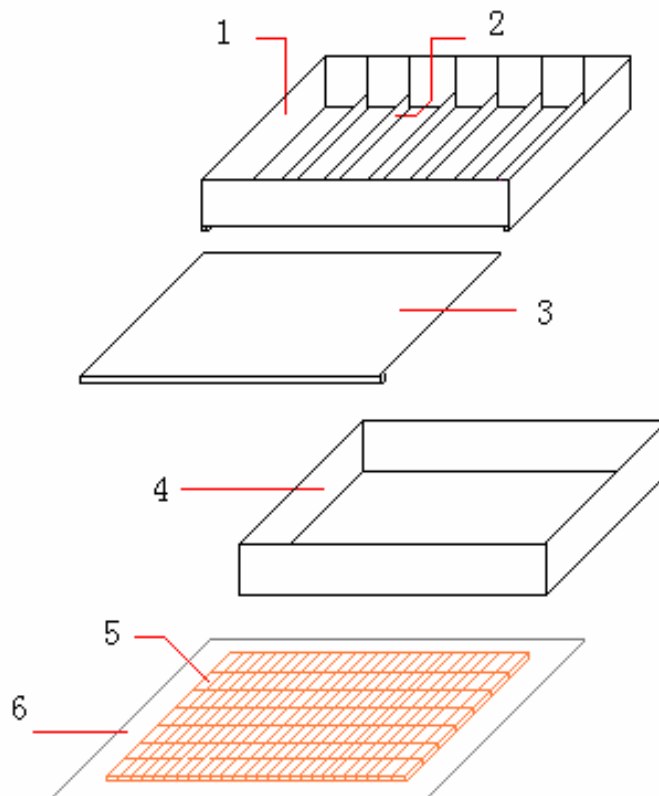


Figura 6. Esquema da formação do colchão de OSB (MENDES, 2001)

- 1 – Caixa de madeira;
- 2 – Orientadores de ferro;
- 3 – Tampa de descarga;
- 4 – Forma de madeira;
- 5 – Colchão de OSB;
- 6 – Lâmina de alumínio.

3.12.7 Prensagem, acondicionamento e confecção de corpos-de-prova

A prensagem foi feita em uma prensa de pratos planos e horizontais, com aquecimento elétrico. Depois de prensados, os painéis foram esquadrejados e deixados em uma sala de climatização com umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e temperatura de 20 ± 3 °C (ASTM D 1037, 1982), até atingir o equilíbrio. Após o acondicionamento dos painéis, foram efetuados os cortes para retirada dos corpos-de-prova segundo a Norma ASTM D 1037 (1982) e DIN 52362 (1982).

3.12.8 Plano experimental e condições de fabricação

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso. Os painéis foram confeccionadas em três camadas utilizando-se adesivo a base de Fenol-Formaldeído (FF), de tanino de Acácia Negra (TF), de Fenol-Formaldeído modificado com tanino de Acácia e de Tanino de Acácia modificado com tanino de *Eucalyptus*. Desta forma, o experimento foi composto de 12 tratamentos, com cinco repetições (Tabela 1). Os níveis de substituição do

adesivo fenólico por tanino de Acácia e do adesivo à base de taninos da Acácia por taninos de *E. pellita* foram de 10% e 20%.

Tabela 1. Delineamento experimental para os painéis OSB fabricados

<i>Tratamento</i>	<i>Descrição</i>	<i>Tempo de prensagem</i>	<i>Repetições</i>
T1	Adesivo Fenol-Formaldeído (FF)	6 min	4
T2	Adesivo Fenol-Formaldeído (FF)	9 min	4
T3	Adesivo Tanino –Formaldeído (TF) de acácia negra	6 min	5
T4	Adesivo Tanino –Formaldeído (TF) de acácia negra	9 min	5
T5	Adesivo FF + Tanino de acácia negra (80:20)	6 min	5
T6	Adesivo FF + Tanino de acácia negra (80:20)	9 min	5
T7	Adesivo FF + Tanino de acácia negra (90:10)	6 min	5
T8	Adesivo FF + Tanino de acácia negra (90:10)	9 min	5
T9	Adesivo Tanino-Formaldeído (TF) de acácia negra e <i>Eucalyptus</i> (80:20)	6 min	5
T10	Adesivo Tanino-Formaldeído (TF) de acácia negra e <i>Eucalyptus</i> (80:20)	9 min	5
T11	Adesivo Tanino-Formaldeído (TF) de acácia negra e <i>Eucalyptus</i> (90:10)	6 min	5
T12	Adesivo Tanino-Formaldeído (TF) de acácia negra e <i>Eucalyptus</i> (90:10)	9 min	5

Os parâmetros do processo foram:

- Pressão: 35 kg/cm²
- Umidade das partículas: 5%
- Densidade do painel: 0,70 g/cm³
- Relação face:miolo:face: 40:30:40
- Tempo de prensagem: 6 min e 9 min
- Teor de adesivo: 10%
- Dimensão dos painéis: 48 x 48 x 1,27 cm
- Temperatura: 190 °C
- Endurecedor: Para fenólicas e suas modificações: 6% de solução de carbonato de potássio a 60% (base teor de sólidos); Para taninos de acácia negra: 20% solução de formaldeído a 37%; Para taninos de acácia negra e *Eucalyptus*:10% paraformaldeído

Após a manufatura dos painéis, os mesmos foram condicionadas em câmara climática até a confecção dos corpos-de-prova.

3.12.9 Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas dos Painéis

Os ensaios físicos e mecânicos realizados neste trabalho foram os seguintes: Massa Específica Aparente, Inchamento em Espessura (IE) e Absorção de Água (AA) após imersão em água por 2 h e 24 h, resistência à flexão estática (Módulo de Ruptura – MOR e Módulo de Elasticidade – MOE paralelo e perpendicular à direção longitudinal) e Resistência à Tração

dos painéis (Ligação Interna – LI). A Figura 7 ilustra a disposição dos corpos-de-prova nas chapas OSB. Após os ensaios dos painéis fabricados, os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey), com nível de 95% de probabilidade de erro.

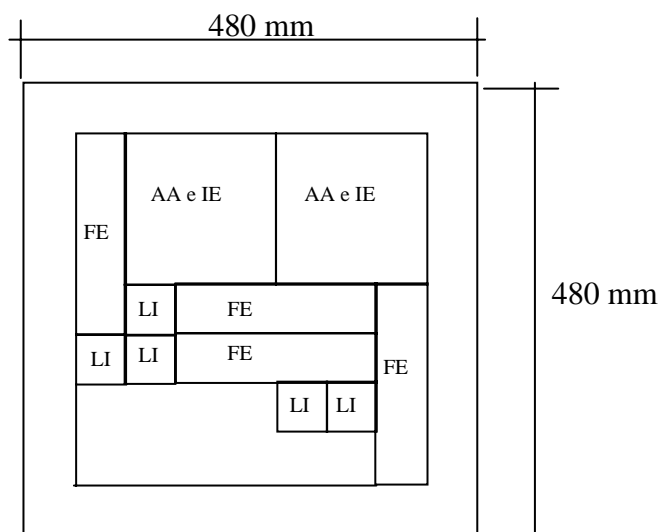


Figura 7. Disposição dos corpos-de-prova nas chapas; FE = Flexão Estática (200 x 50 mm); AA e IE = Absorção de Água e Inchamento em Espessura (150 x 150 mm); LI = Ligação Interna (50 x 50 mm).

3.12.9.1 Avaliação da Massa Específica Aparente dos corpos-de-prova

Após obtenção da umidade de equilíbrio em sala de climatização (temperatura de 20 ± 1 °C e umidade relativa de $65 \pm 3\%$), determinou-se o volume e a massa dos mesmos. O cálculo da Massa Específica Aparente baseou-se na relação da massa pelo volume.

3.12.9.2 Ensaios de Inchamento em Espessura – IE (ASTM D 1037)

Para a determinação do Inchamento em Espessura (IE), quatro pontos foram marcados em cada corpo-de-prova a cerca de 1,5 cm de cada uma das extremidades e as espessuras nesses pontos foram medidas com micrômetro. A seguir, os corpos-de-prova foram imersos em água por um período de 2 horas e medidos novamente. Após a medição, os corpos-de-prova foram novamente imersos em água até 24 horas e procederam-se novas medições. O Inchamento em Espessura após 2 e 24 horas foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$IE = \frac{E_F - E_I}{E_I} \times 100$$

Equação 09

sendo:

IE = Inchamento em espessura (%)

E_F = Espessura final (cm)

E_I = Espessura inicial (cm)

3.12.9.3 Ensaios de Absorção de Água – AA (ASTM D 1037)

Para a determinação da Absorção de Água (AA), os corpos-de-prova foram pesados e imersos em água por 2 horas, sendo a seguir pesados novamente. Após a pesagem, os corpos-

de-prova foram novamente imersos em água até completar 24 horas de imersão, procedendo-se nova pesagem. A absorção de água após 2 e 24 horas de imersão foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$AA = \frac{M_F - M_I}{M_I} \times 100$$

Equação 10

Sendo:

AA = Absorção de água (%)

M_F = Massa final (g)

M_I = Massa inicial (g)

3.12.9.4 Ensaios de Flexão Estática – MOR e MOE (EN 300)

Os ensaios foram efetuados em máquina universal de ensaio hidráulica, modelo EMIC, baseados na norma EN 300, ligeiramente modificada (vão de 180 mm). Através do deslocamento e da carga máxima obtida de cada corpo-de-prova pôde-se calcular o módulo de ruptura (MOR) conforme equação abaixo:

$$MOR = \frac{3 F_{m\acute{a}x} L}{2 l e^2}$$

Equação 11

sendo:

MOR = Módulo de ruptura (Kgf/cm²);

$F_{m\acute{a}x}$ = Carga máxima (Kgf);

L = Comprimento do vão (cm);

l = Largura real da amostra (cm);

e = Espessura real da amostra (cm).

O cálculo do MOE foi realizado da seguinte forma:

$$MOE = \frac{F_{LP} L^3}{4 l e^3 dlp}$$

Equação 12

sendo:

MOE = Módulo de elasticidade (kgf/cm²);

F_{LP} = Carga do limite de proporcionalidade (kgf/cm²);

L = Comprimento do vão (cm);

l = Largura real da amostra (cm);

e = Espessura real da amostra (cm);

dlp = deformação no limite de proporcionalidade (cm).

3.12.9.5 Ensaios de Tração

Os ensaios mecânicos de tração também foram efetuados em máquina universal de ensaio hidráulica, modelo EMIC, segundo a norma ASTM D1037. As informações foram obtidas através da leitura direta no relógio da máquina para cada corpo-de-prova, sendo 4

amostras para cada chapa fabricada. A resistência à tração, conhecida como Ligação Interna (LI) foi obtida pela seguinte fórmula:

$$LI = \frac{F_{\text{máx}}}{A} \quad \text{Equação 13}$$

Sendo:

LI = Ligação interna (kgf/cm²);

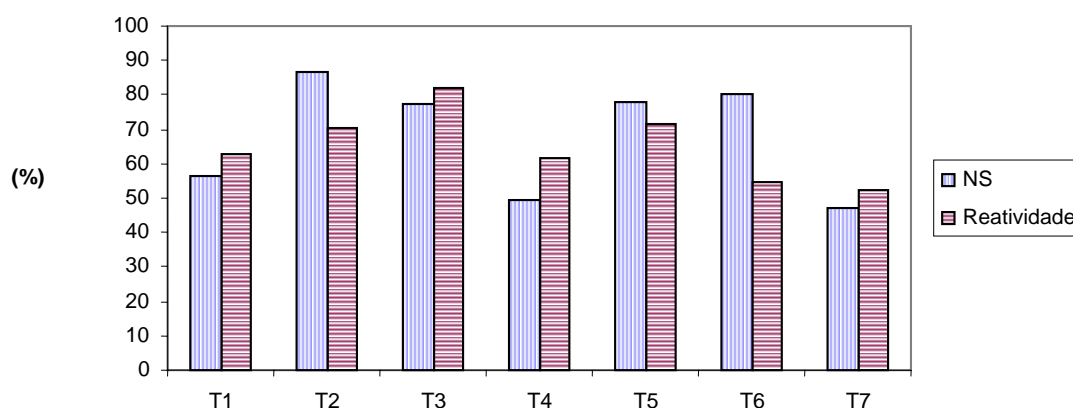
F_{máx} = Carga máxima (kgf);

A = Área real da amostra (cm²).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação dos teores de extrativos, das propriedades químicas, dos teores de taninos e de não-taninos da madeira de *Eucalyptus pellita*

Os resultados dos teores de polifenóis calculados através do número de Stiasny (NS) e pela reatividade (método UV) estão apresentados na Figura 8.



T1= extração com água; **T2** = água + 1% de uréia; **T3** = água+ 2% de uréia; **T4** = água + 5% de uréia; **T5**= água + 1% de Na₂SO₃; **T6** = água + 2% de Na₂SO₃, **T7** = água + 5% de Na₂SO₃

Figura 8. Teores de polifenóis (NS) e reatividade da madeira de *Eucalyptus pellita* para os diferentes tratamentos.

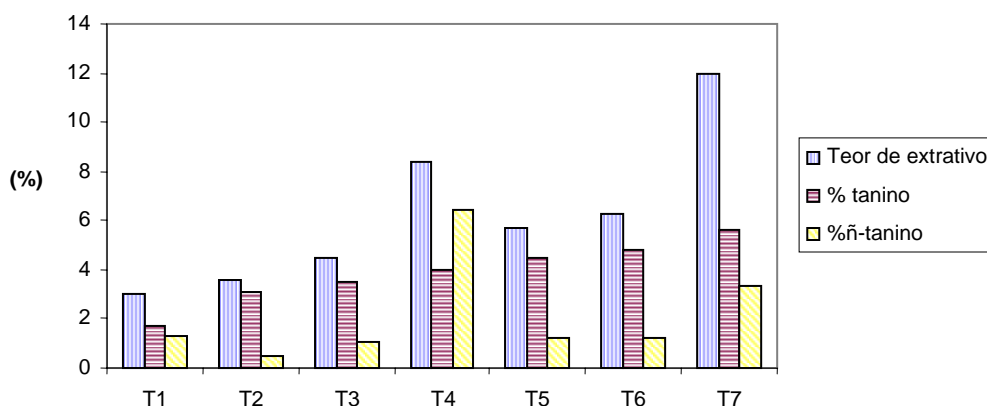
Pode-se verificar pelo cálculo do número de Stiasny que os teores de polifenóis ficaram na faixa de 47 a 86,6% para os diferentes tratamentos. A adição de 5% de uréia ou sulfito de sódio possibilitou uma grande redução do percentual de polifenóis nos extratos, favorecendo a extração de grandes quantidades de substâncias não-tânicas. Quando analisado pelo método UV, verifica-se reatividade acima de 50%.

Na Tabela 2 estão apresentadas as comparações das médias, para os teores de polifenóis determinados através do NS e UV, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Nota-se que os maiores valores de NS foram obtidos para os tratamentos T2 e T3 (uréia, 1% e 2% respectivamente) e T5 e T6 (1% e 2% sulfito), não havendo diferença significativa entre eles.

TEODORO & LELIS (2003) encontraram Índice de Stiasny de 39% em casca de *E. pellita* em extração com água e reatividade (UV) de 63,7% e REDA (2002) encontrou número de Stiasny (NS) em torno de 48% para casca de *Eucalyptus urophylla*. TEODORO et al.

(2003) encontraram Índice de Stiasny (NS) de 88% em *Pinus caribaea* var. *caribaea*, utilizando água + 2% de Na₂SO₃ na extração e 75% utilizando apenas água.

Os resultados dos teores de extrativos (%), rendimento em taninos (%) e não taninos (%) estão apresentados na Figura 9. Na Tabela 2 pode-se observar a comparação das médias para os diferentes tratamentos.



T1= extração com água; **T2** = água + 1% de uréia; **T3** =água + 2% uréia; **T4** = água + 5% uréia; **T5** = água + 1% Na₂SO₃; **T6** = água + 2% de Na₂SO₃; **T7** = água + 5%. Na₂SO₃

Figura 9. Teores de extrativos, % de taninos e % de não-taninos dos extratos da madeira de *Eucalyptus pellita*.

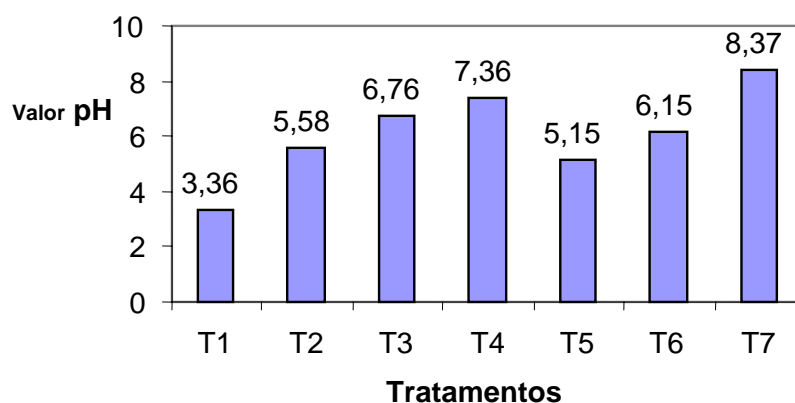
A adição de produtos químicos à extração contribuiu para o aumento da solubilidade da madeira. A percentagem de extrativos foi bem maior nos tratamentos que tiveram maiores percentagens de uréia ou sulfito, havendo diferença significativa com os demais tratamentos. Por outro lado, apesar do maior rendimento em extrativo, houve também uma maior extração de açúcares solúveis (Não-taninos) presentes na madeira, não sendo diferentes estatisticamente T4 e T7. MORI et al. (1999) encontraram para a casca de *E. grandis* NS de 69,7% e percentagens de taninos de 8%.

Tabela 2. Comparação das médias para os teores de polifenóis (NS), % de Extrativos, % de Taninos; de Não taninos e reatividade nos diferentes tratamentos com a madeira.

Trat	% Extrativos	NS	% Tanino	% Não tanino	Reatividade (UV)
T 1	3,0 d	56,6 b	1,68 e	1,32 b	62,90 bc
T 2	3,6 d	86,6 a	3,12 d	0,48 b	70,30 ab
T 3	4,5 C d	77,5 a	3,48 c d	1,02 b	82,15 a
T 4	8,4 b	49,2 b	3,96 bcd	6,44 a	61,70 B c
T 5	5,7 c	78,0 a	4,44 bc	1,26 b	71,73 ab
T 6	6,3 c	80,0 a	4,80 ab	1,20 b	54,64 c
T 7	12 a	47,0 b	5,63 a	6,36 a	52,50 c

Letras iguais, dentro de uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey. **T1**= extração com água; **T2** = água + 1% de uréia; **T3** =água + 2% uréia; **T4** = água + 5% uréia;**T5** = água + 1% Na₂SO₃; **T6** = água + 2% de Na₂SO₃; **T7** = água + 5%. Na₂SO₃

A Figura 10 mostra os resultados de pH dos extratos para cada tratamento.



T1= extração com água; **T2** = água + 1% de uréia; **T3** =água + 2% uréia; **T4** = água + 5% uréia; **T5** = água + 1% Na₂SO₃; **T6** = água + 2% de Na₂SO₃; **T7** = água + 5%. Na₂SO₃

Figura 10. Valores de pH para os diferentes tratamentos da madeira de *Eucalyptus pellita*.

Os extratos tânicos obtidos com água pura apresentaram os menores valores de pH. TEODORO & LELIS (2003) encontraram para a casca de *E. pellita* extraída com água pH de 3,79 evidenciando também o caráter ácido do extrato da casca. Para os tratamentos com adição de uréia e sulfito, os extratos tornaram-se mais alcalinos. O pH pode interferir no processo de endurecimento de uma resina, sendo portanto, muito importante para o processo de colagem (ROFFAEL & DIX, 1994). O aumento do pH de extratos tânicos pode acelerar o endurecimento dos extratos. Isso foi verificado por MORI et al. (1999) trabalhando com casca de *E. grandis*.

Com base nos resultados encontrados e considerando os teores de taninos, a relação de taninos/não-taninos e a reatividade dos extratos, nota-se que a melhor forma de extrair os taninos é utilizando-se água/2% uréia e água/1% sulfito. Ao se observar o pH dos extratos, nota-se que o pH da extração com 2% uréia ficou próximo da neutralidade. Dessa forma, optou-se por utilizar água/2% uréia para extração de grandes quantidades de extratos tânicos a serem utilizados na confecção de adesivos.

4.2 Análise das propriedades das soluções de taninos da madeira de *E. pellita*, de taninos da Acácia Negra e do Adesivo Fenol-Formaldeído (FF)

A Tabela 3 apresenta os valores médios da viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH das soluções de extratos tânicos, a 45%, da madeira de *E. pellita*, da Acácia Negra e do adesivo fenólico.

Tabela 3. Valores médios para viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH das soluções de taninos, a 45%, da madeira de *E. pellita*, da Acácia Negra e do adesivo FF.

Tratamento	Viscosidade (cP)	Teor de sólidos (%)	Tempo de formação de gel (min)	pH
madeira <i>E. pellita</i>	85,79	45,00	05:53	5,01
Acácia Negra	182,71	42,37	03:52	5,09
Adesivo FF	994,80	51,54	42:05	13,28

Pode-se observar que o extrato da madeira de *E. pellita* apresentou menor viscosidade. Por outro lado, a resina fenólica apresentou valor alto para viscosidade em comparação com a madeira de *E. pellita* e a Acácia negra. Embora a viscosidade da resina fenólica tenha sido alta, esta não dificultou o processo de produção de chapas.

As soluções tânicas da Acácia Negra apresentaram menores tempo de formação de gel do que as soluções da madeira de *E. pellita* e da resina fenólica, que apresentou um tempo de formação de gel relativamente alto, (42 min 05s.) Praticamente não houve diferença nos valores de pH das soluções tânicas da madeira e de Acácia Negra, sendo a resina fenólica bastante alcalina. O pH é um fator muito importante durante o processo de colagem, uma vez que pode interferir no processo de endurecimento de um adesivo (ROFFAEL & DIX, 1994). Ao se trabalhar com casca de *E. grandis*, MORI et al. (1999) verificaram que o aumento do pH acelerou o endurecimento dos extratos analisados. TEODORO (2006) encontrou para extratos tânicos da casca de *E. pellita* valores de tempo de gelatinização próximos a 1 min. Isso demonstra que a reatividade da casca é maior do que a madeira. Além disso, ao contrário da madeira, os extratos tânicos da casca mostraram-se bem mais viscosos do que os de madeira. O autor supracitado encontrou valores de 1069 cP para solução de tanino da casca a 45%.

4.3 Avaliação das propriedades da solução tânica de Acácia Negra modificada com solução tânica da casca de *Eucalyptus pellita*

A Tabela 4 apresenta os valores médios para a viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH das soluções tânicas da Acácia Negra, da madeira de *E. pellita* e da Acácia Negra modificada com soluções tânicas da madeira de *E. pellita* nas proporções de 90:10 e 80:20, a 45%.

Tabela 4. Valores médios para viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH das soluções tânicas da Acácia Negra, da madeira de *E. pellita* e da Acácia Negra:madeira de *Eucalyptus* (90:10 e 80:20) a 45%.

Tratamento	Viscosidade (cP)	Teor de sólidos (%)	Tempo de formação de gel (minutos)	pH
Acácia Negra	82,71 c	42,37	03:52 c	5,09
Madeira <i>E. Pellita</i>	85,79 d	45,00	05:53 b	5,01
Acácia: <i>Eucalyptus</i> 90:10	209,25 b	40,00	06:00 b	5,16
Acácia: <i>Eucalyptus</i> 80:20	398,67 a	41,00	08:05 a	5,19

*Letras iguais, dentro de uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Observando-se a Tabela 4, nota-se que a adição de extrato tânico da madeira de *Eucalyptus* ao tanino de Acácia favoreceu para o aumento da viscosidade, sendo a diferença significativa entre as soluções de tanino de Acácia e de Acácia:*Eucalyptus* nas relações 90:10 e 80:20. Mesmo entre os diferentes percentuais de substituição do tanino de acácia (10% e 20%) houve diferença significativa no valor da reatividade. Com adição de tanino de *Eucalyptus* à solução de acácia, houve aumento nos tempos de formação de gel. A diferença foi significativa comparando-se com a solução de tanino de acácia.

4.4 Avaliação das propriedades do adesivo FF modificado com solução tânica da Acácia Negra

A Tabela 5 apresenta os valores médios para a viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH de extrato tânico a 45% da Acácia Negra, do adesivo FF e de suas modificações com tanino de Acácia nas proporções de 90:10 e 80:20.

Tabela 5. Valores médios para viscosidade, teor de sólidos, tempo de formação de gel e pH da solução tânica de Acácia Negra à 45%, do adesivo FF e de suas modificações com soluções de tanino de Acácia (90:10; 80:20).

Tratamento	Viscosidade (cP)	Teor de sólidos (%)	Tempo de formação de gel (minutos)	pH
Acácia Negra	182,71 bc	42,37	03:52 d	5,09
Ades. Fenólico	994,80 a	51,54	42:05a	13,28
FF:Acácia 90:10	238,94 b	51,67	17:26 b	12,59
FF:Acácia 80:20	143,61 c	48,15	11:28 c	13,18

O extrato tânico da Acácia Negra a 45% apresentou pH bastante ácido e a mistura com o adesivo fenólico foi dificultada devido a esta grande diferença de pH entre as soluções. Ademais, o adesivo FF encontrava-se com viscosidade elevada, o que dificultou também a mistura do tanino de acácia com o adesivo FF. Desta forma, foi adicionado ao adesivo FF puro 10% de água destilada de forma a facilitar a aplicabilidade do adesivo. Isso contribuiu naturalmente para diminuição dos valores da viscosidade das misturas.

Ao se substituir 10% de adesivo FF por solução de acácia, a viscosidade diminuiu de 994,80 cP para 238,94 cP e com 20% passou para 143,61 cP, havendo para esses dois casos diferenças significativas. O tempo de formação de gel do adesivo fenólico foi de 42 min 05s e da solução de Acácia Negra 03 min 52s. Ao se adicionar solução de Acácia à resina fenólica, o tempo de formação de gel diminuiu consideravelmente para as diferentes proporções de adesivo FF/tanino de Acácia havendo diferença significativa. O pH praticamente não foi alterado com o acréscimo de tanino ao adesivo FF.

4.5 Massa Específica básica da madeira de Pinus

A massa específica básica das três árvores utilizadas para produção de partículas, foi de 0,48 g/cm³, sendo ideal para fabricação de “strands” para manufatura de OSB.

De acordo com VITAL (1984), para proceder ao cálculo da densidade da madeira, torna-se indispensável especificar os teores de umidade nos quais são determinados a massa e o volume.

Desta forma, como foi determinada a massa específica básica, fica subentendido que a massa foi obtida a 0% de umidade e o volume da amostra na forma saturada (acima do ponto de saturação das fibras). A massa específica da madeira ficou dentro da faixa considerada ideal segundo MALONEY (1993), que é de 0,3 a 0,5 g/cm³. A madeira pouco densa permite a sua compressão em painel de média densidade, garantindo contato entre as partículas, permitindo uma boa ligação.

4.6 Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas dos Painéis OSB

4.6.1 Painéis fabricadas com adesivo Fenol-Formaldeído (FF), Tanino-Formaldeído de acácia (TF-acácia) e adesivo FF modificado com tanino de acácia

4.6.1.1 Avaliação da Massa Específica Aparente dos Painéis

A comparação dos valores médios da massa específica aparente dos painéis OSB para os diferentes tratamentos está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Comparação dos valores médios da massa específica aparente dos painéis OSB fabricadas.

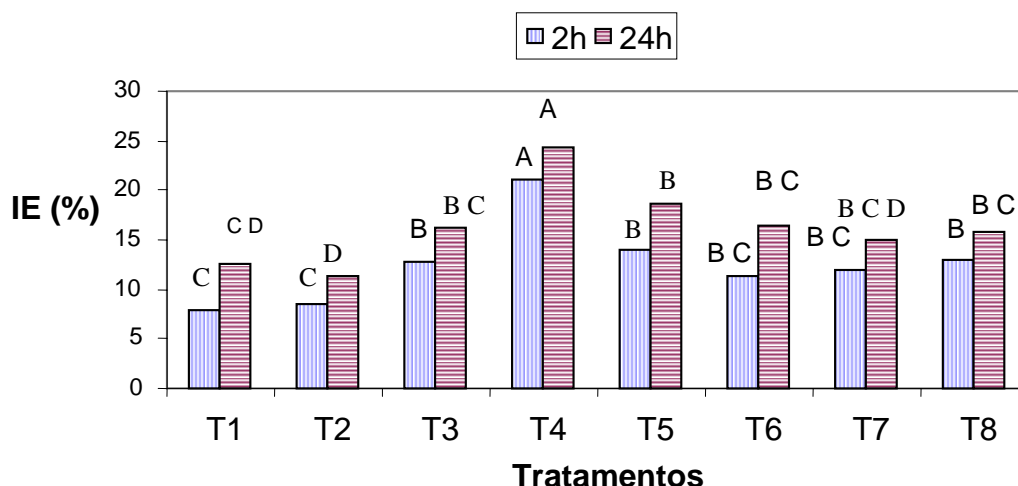
<i>Tratamento</i>	<i>Nº de Amostras</i>	<i>Massa Específica Aparente (g/cm³)</i>
T 1	12	0,74 a
T 2	12	0,72 a
T 3	12	0,74 a
T4	12	0,73 a
T5	12	0,75 a
T 6	12	0,77 a
T 7	12	0,76 a
T 8	12	0,75 a
Média		0,74

T1 = 100% adesivo FF, 6 min; **T2** = 100% adesivo FF, 9 min; **T3** = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T5** = FF + acácia (80:20), 6 min; **T6** = FF + acácia (80:20), 9 min; **T7** = FF + acácia (90:10), 6 min; **T8** = FF + acácia (90:10), 9 min Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A análise da Tabela 6 sugere que o processo de confecção dos painéis foi bem elaborado (a formação do colchão foi homogênea), uma vez que não houve variação nos valores de massa específica aparente entre os tratamentos. A massa específica aparente delineada no plano experimental foi de 0,70 g/cm³ e a média observada para todos os painéis foi de 0,74 g/cm³. A massa específica é de grande importância para os aspectos avaliativos das propriedades físicas e mecânicas dos painéis, podendo a mesma influir significativamente sobre estas propriedades. A taxa de compressão, obtida ao dividir a massa específica dos painéis pela massa específica da madeira, foi de 1,54, valor superior ao mínimo recomendado por MALONEY (1993) para fabricação de painéis com boa resistência mecânica.

4.6.1.2 Avaliação do Inchamento em Espessura (IE) e Absorção de Água (AA)

Os valores para o Inchamento em Espessura, bem como a comparação das médias estão apresentados na Figura 11. Os valores de Absorção de Água (AA), bem como a comparação das médias pelo teste tukey, para os diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 7.



T1 = 100% adesivo FF, 6 min; **T2** = 100% adesivo FF, 9 min; **T3** = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T5** = FF + acácia (80:20), 6 min; **T6** = FF + acácia (80:20), 9 min; **T7** = FF + acácia (90:10), 6 min; **T8** = FF + acácia (90:10), 9 min. Letras iguais, para uma mesma avaliação, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 11. Valores médios para o Inchamento em Espessura (IE) dos painéis OSB fabricados com diferentes tipos de adesivos, bem como a comparação de médias pelo teste tukey

Tabela 7. Valores médios para Absorção de Água (AA) dos painéis OSB fabricados com diferentes tipos de adesivos, bem como a comparação de médias pelo teste tukey

Tratamentos	Absorção em Água (%)	
	2h	24h
T1	36,03 bc	50,02 bc
T2	31,40 bc	48,53 c
T3	42,61 b	56,61 b c
T4	61,07 a	71,56 a
T5	38,34 bc	54,91 b c
T6	29,14 c	48,98 b c
T7	38,76 bc	56,10 b c
T8	43,35 b	58,40 b

T1 = 100% adesivo FF, 6 min; **T2** = 100% adesivo FF, 9 min; **T3** = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T5** = FF + acácia (80:20), 6 min; **T6** = FF + acácia (80:20), 9 min; **T7** = FF + acácia (90:10), 6 min; **T8** = FF + acácia (90:10), 9 min. Letras iguais, dentro de uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os painéis fabricados com adesivo FF apresentaram os melhores resultados quanto à estabilidade dimensional. Os melhores resultados de IE foram encontrados para esses painéis. Houve diferença significativa entre os valores de IE após 2h dos painéis fenólicos (T1 e T2) e painéis de TF de acácia (T3 e T4). Deve-se ressaltar, entretanto, que na confecção dos painéis não foi adicionado nenhum produto para reduzir a higroscopicidade dos mesmos, o que refletiria nos valores de IE e AA.

O tempo de prensagem foi importante para os painéis fabricados com TF puro de acácia. No tempo de 9 min, os valores de IE após 2h e 24h de imersão em água foram significativamente maiores do que os valores encontrados em 6 min. Para os outros

tratamentos, maiores tempos de prensagem não ocasionaram diferença significativa nos valores de IE após 2h e 24h de imersão para um mesmo tipo de adesivo.

De modo geral, a substituição de parte do adesivo FF por TF de acácia contribuiu negativamente para obtenção de maiores valores de IE. Entretanto, a diferença só foi significativa para os tratamentos T5 e T8.

Após 24 h de imersão em água, os painéis fabricados com FF e TF de acácia (90:10) já não diferiram mais significativamente nos valores de IE quando comparadas com os painéis fabricados com FF puro (T1 e T2).

Ressalva-se que com relação ao IE, porção relevante do Inchamento total dos painéis aconteceu nas duas primeiras horas de contato com a água. Para o adesivo FF puro, em média, 69% do inchamento decorrido em 24 horas já havia acontecido nas duas primeiras horas. Para o adesivo TF de acácia, esse valor foi, em média, de 82%.

Com relação à Absorção de Água (AA) ocorre, de modo geral, a mesma tendência observada no IE. Isso pode ser observado nos painéis produzidos com TF puro de acácia (T3 e T4), onde houve também diferença significativa para os diferentes tempos de prensagem.

Observou-se, também que após 2h, não ocorreu diferença significativa entre os valores de AA entre os painéis FF (T1 e T2) e os painéis FF modificados com TF de acácia. Após 24h de imersão em água, ocorreu a mesma tendência encontrada após 2h.

Segundo a norma canadense CSA 0437-0, o valor máximo de Inchamento em Espessura após 2h de imersão em água para painéis com espessura abaixo de 1,27 mm é de 15 % tanto para a categoria O-1 quanto O-2. Dessa forma, somente o tratamento T4 (TF acácia, 9 min) não alcançou o requisito da norma.

Assim como a norma canadense, a norma européia (EN) regulamenta também os valores máximos permitidos para o IE para os diferentes tipos de painéis OSB (OSB 2006b). Para o IE após 24 h de imersão em água, o máximo é de 25% para painéis OSB classificadas como OSB/1 (painéis para usos gerais e para componentes interiores, incluindo mobiliário, utilizadas em ambiente seco). Dessa forma, para a categoria OSB/1 todos os painéis fabricados atenderam o requisito da categoria.

Somente o tratamento T4 não atendeu a norma EN 300 para painéis classificados como OSB/2 (painéis para fins estruturais em ambientes secos), cujo valor máximo de IE é de 20%. Somente os painéis fenólicos (T1 e T2) tiveram valores de IE abaixo do máximo permitido de Inchamento para painéis para fins estruturais e utilizadas em ambientes úmidos (OSB/3). Na categoria OSB/4 (painéis para uso estrutural especial, em ambientes úmidos), somente os painéis fenólicos, prensados a 9 min, alcançaram valores abaixo do máximo permitido que é de 12%.

GOUVEIA et al. (2003), trabalhando com painéis OSB fabricados com resina FF e diferentes misturas de *Pinus elliottii* e *E. grandis* mostraram que o teor de adesivo foi importante para o IE. Painéis OSB fabricados com teor de adesivo de 8% apresentaram sempre menores valores de IE do que painéis fabricados com 4% de adesivo. Para 8% de adesivo, o valor médio de IE foi de 7,94% após 2h de imersão em água. Porém, deve-se lembrar que foi adicionado 1% de emulsão de parafina na composição dos painéis.

DEL MENEZZI (2004) testou metodologias para melhoria da estabilidade de painéis OSB. Para isso, painéis OSB foram submetidos a tratamentos térmicos em duas temperaturas (190°C e 220°C) por diferentes tempos. Os resultados mostraram que houve melhoria na estabilidade dimensional, reduzindo o IE em até 50% e a AA em até 33%, em comparação com a testemunha.

4.6.1.3 Avaliação da flexão estática (MOR e MOE) e tração perpendicular ao plano do painel (Ligação Interna – LI)

A comparação dos valores médios encontrados para o Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) dos painéis OSB produzidos está apresentada na Tabela 8.

Todos os painéis OSB fabricados apresentaram excelentes propriedades de resistência à flexão. Os painéis fabricados com adesivo TF puro de acácia negra apresentaram valores de MOR próximos aos painéis fabricados com adesivo FF. Os diferentes tempos de prensagem interferiram nos valores de MOR dos painéis. Entretanto, para um mesmo tempo de prensagem, não houve diferença significativa nos valores de MOR para os painéis OSB fabricados com adesivos FF e adesivos TF puro de acácia negra (T1 e T3 e T2 e T4).

Para os painéis fabricados com um mesmo tipo de adesivo, o aumento do tempo de prensagem de 6 min para 9 min não alterou significativamente os valores de MOR.

O maior valor encontrado para MOR foi obtido nos painéis OSB fabricados com adesivo FF + acácia negra (90:10) com tempos de prensagem de 9 min.

A substituição de parte do adesivo FF por adesivo à base de tanino de acácia negra não alterou negativamente as propriedades dos painéis no que se refere ao MOR. Pelo contrário, a substituição de 20% e 10%, independente do tempo de prensagem (T5 a T8) proporcionou maiores valores de MOR dos painéis do que os painéis fabricados com FF puro com 9 min de prensagem (T2).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos T5, T6, T7 e T8, evidenciando que é possível a substituição de até 20% sem alterar os valores de MOR dos painéis. Todos os painéis FF modificados com tanino de acácia negra (T5 a T8) apresentaram valores significativamente maiores de MOR do que os painéis fabricados somente com TF de acácia (T3 e T4).

Tabela 8. Comparação dos valores médios para o Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) de corpos-de-prova dos painéis OSB ensaiados à flexão estática na direção paralela às fibras.

Tratamento	Flexão Estática Paralela às fibras	
	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)
T 1	538,3 bcd	49542 cd
T 2	496,9 cde	48271 cd
T 3	477,6 de	51486 cd
T 4	408,0 e	46486 d
T 5	640,4 ab	60090 ab
T 6	609,3 ab	54078 bc
T 7	592,1 abc	50236 cd
T 8	655,3 a	63085 a

T1 = 100% adesivo FF, 6 min; **T2** = 100% adesivo FF, 9 min; **T3** = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T5** = FF + acácia (80:20), 6 min; **T6** = FF + acácia (80:20), 9 min; **T7** = FF + acácia (90:10), 6 min; **T8** = FF + acácia (90:10), 9 min. Letras iguais, dentro de uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores de MOR paralelo ficaram bem acima dos valores encontrados por PEREIRA (2003) para painéis OSB fabricados com madeira de *E. urophylla* e com 10% de adesivo fenol-formaldeído (FF), onde os valores máximos de MOR paralelo não chegaram a 300 kgf/cm².

GOUVEIA et al. (2003) trabalhando com misturas de partículas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* encontraram valores de MOR paralelo que variaram de 336,6 kgf/cm² a 422,9 kgf/cm². Os autores mostraram também que a diminuição do teor de adesivo de 8% para 4% não alterou os valores médios de MOR e MOE no sentido longitudinal dos painéis. Entretanto, houve considerável diminuição nos valores de LI, sendo significativo.

A norma canadense CSA 0437-O (1993) estabelece duas classes de painéis OSB, sendo O-1 e O-2 (CLOUTIER, 1998). Para que os painéis OSB sejam enquadrados na classe O-1, os valores mínimos de resistência e rigidez são os seguintes: MOR paralelo e perpendicular de 234 e 96 kgf/cm², respectivamente; MOE paralelo e perpendicular de 45000 e 13000 kgf/cm², respectivamente. Para o enquadramento na classe O-2, os valores mínimos de resistência e rigidez são: MOR paralelo e perpendicular de 290 e 124 kgf/cm², respectivamente; MOE paralelo e perpendicular de 55000 e 15000 kgf/cm², respectivamente.

Os valores de MOR paralelo às fibras indicam que todos os painéis fabricados atendem inteiramente aos requisitos das classes O-1 e O-2. Os painéis apresentaram altos valores de MOR, sendo que em alguns casos, os valores de MOR alcançaram o dobro do valor mínimo exigido para a classe O-2 (T5, T6, T7 e T8).

Os painéis fabricados com adesivo FF e adesivo TF de acácia apresentaram resultados semelhantes em relação ao MOE. Os resultados seguiram o mesmo comportamento obtido no MOR. Não houve diferença significativa entre os valores de MOE dos painéis fenólicos e painéis TF de acácia negra. O tempo de prensagem também não influenciou os valores de MOE para esses painéis.

A adição de tanino de acácia negra ao adesivo FF favoreceu, de modo geral, para a obtenção de maiores valores de MOE. Houve diferença significativa nos valores de MOE entre os tratamentos T5 (FF:acácia 80:20), para os valores de MOE dos painéis puros de FF e de TF de acácia.

Na substituição de 10% de FF por tanino de acácia, o tempo de prensagem foi importante. Aqui, o maior tempo de prensagem favoreceu para obtenção de maiores valores de MOE (T7 e T8).

MENDES et al. (2002) encontraram valores de MOR e MOE paralelo de 574kgf/cm² e 65846 kgf/cm² respectivamente para painéis OSB fabricados com *Pinus caribaea* e com 6% de adesivo fenol-formaldeído. No mesmo trabalho, os autores avaliaram outras espécies de *Pinus* para confecção de painéis OSB e concluíram que o MOE e MOR não foram afetados pelas diferentes espécies de *Pinus*, com valores de massa específica básica variando de 0,37 a 0,43 g/cm³.

Para o MOE, os valores obtidos dos painéis se encontram dentro dos valores mínimos exigidos pela norma para a classe O-1. As chapas dos tratamentos T5 e T8 alcançaram também os valores mínimos de MOR para a classe O-2.

MENDES et al. (2000) encontraram valores médios de MOR e MOE paralelo em painéis OSB fabricados com *Pinus taeda*, com partículas de 20 mm de largura, de 425 kgf/cm² e 49274 kgf/cm². OKINO et al. (2004) encontraram também para painéis OSB fabricados com adesivo Fenol-Formaldeído e madeira de *Pinus taeda* de reflorestamentos brasileiros altos valores de MOR e MOE (515 kgf/cm² e 58800 kgf/cm², respectivamente).

A norma européia EN 300 regulamenta também os valores mínimos exigidos para MOR paralelo e perpendicular, MOE paralelo e perpendicular e Ligação Interna (LI) (Tabela 9), para os diferentes tipos de painéis OSB (OSB/1, OSB/2, OSB/3 e OSB/4).

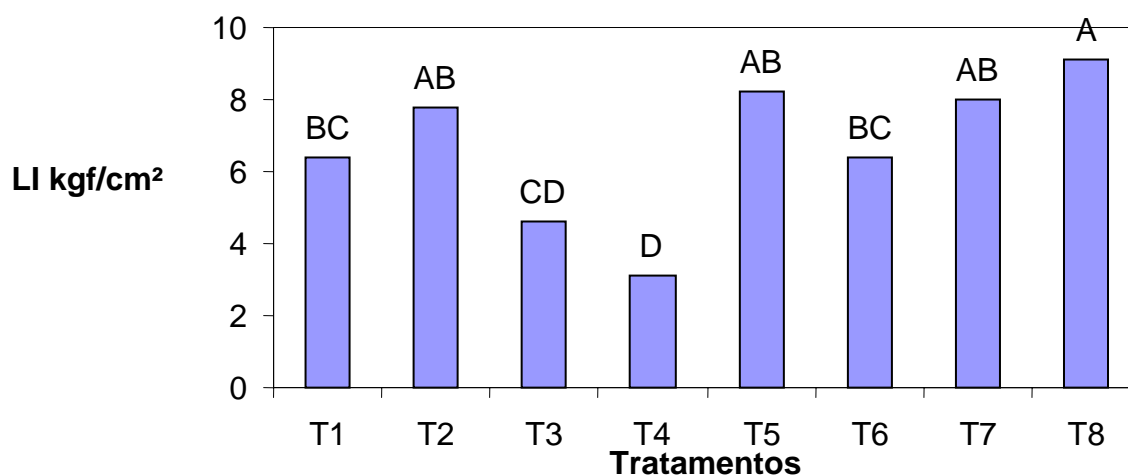
Tabela 9. Norma européia dos Valores mínimos de MOR, MOE e LI para os diferentes tipos de painéis OSB

Teste	Painéis OSB			
	OSB/1	OSB/2	OSB/3	OSB/4
MOR paralelo (kgf/cm ²)	183,5	203,9	203,9	285,5
MOR perpendicular (kgf/cm ²)	91,8	101,9	101,9	152,9
MOE paralelo (kgf/cm ²)	25492,5	35689,5	35689,5	48945,6
MOE perpendicular (kgf/cm ²)	12236,4	14275,8	14275,8	19374,3
LI (kgf/cm ²)	2,85	3,26	3,26	4,60

OSB/1: Painéis para usos gerais e para componentes interiores (incluindo mobiliário) utilizados em ambiente seco; OSB/2: Painéis para fins estruturais utilizados em ambiente seco; OSB/3: Painéis para fins estruturais utilizados em ambientes úmidos; OSB/4: Painéis para fins estruturais especiais utilizados em ambientes úmidos.

Para MOR paralelo, todos os tratamentos cumpriram os valores mínimos exigidos para os diferentes tipos de painéis. Para MOE paralelo, todos os painéis fabricados cumpriram as exigências dos painéis OSB/1, OSB/2, OSB/3. Para a classe OSB/4 (uso em ambiente úmido e fins estruturais especiais), somente os painéis dos tratamentos T2 e T4 não cumpriram as exigências.

O resultado da resistência à tração ou Ligação Interna (LI), em kgf/cm² dos painéis OSB está apresentado na Figura 12.



T1 = 100% adesivo FF, 6 min; **T2** = 100% adesivo FF, 9 min; **T3** = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T5** = FF + acácia (80:20), 6 min; **T6** = FF + acácia (80:20), 9 min; **T7** = FF + acácia (90:10), 6 min; **T8** = FF + acácia (90:10), 9 min. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 12. Valores médios de Resistência à tração perpendicular ao plano dos painéis OSB, em kgf/cm² para os diferentes tratamentos

Os painéis TF de acácia apresentaram os menores valores de LI. Entretanto, os painéis de TF (T3)(4,58 kgf/cm²) não diferiram estatisticamente nos valores de LI com os painéis FF (T1) com tempos de prensagem de 6 min (6,42 kgf/cm²).

Para um mesmo tipo de adesivo, maiores tempos de prensagem (9 min) não interferiram nos valores de LI. Desta forma, é possível obter chapas com boas qualidades em tempos de prensagem menores (6 min).

A adição de tanino ao adesivo fenólico não prejudicou as propriedades de resistência à tração normal ou perpendicular dos painéis. Pelo contrário, os valores de LI são, de modo geral, maiores do que os valores dos painéis produzidos com FF puro. Entretanto, não houve diferença significativa.

Segundo a norma canadense CSA 0437-O (1993) somente os painéis do tratamento T4 (3,09 kgf/cm²) não alcançaram o valor mínimo exigido para a ligação interna que é de 3,45 kgf/cm².

Analisando o resultado de LI e comparando com a norma europeia EN 300, nota-se que todos os tratamentos cumpriram as exigências para painéis do tipo OSB/1 (ver Tabela 9). Para os painéis do tipo OSB/2 e OSB/3 (painéis para fins estruturais utilizados em ambiente seco e painéis para fins estruturais utilizados em ambientes úmidos, respectivamente), somente o tratamento T4 (3,09 kgf/cm²) não cumpriu a exigência mínima que é de 3,26 kgf/cm². Todos os demais tratamentos atenderam também as exigências da norma EN 300 para classificação do tipo OSB/4 (painéis para fins estruturais especiais, utilizadas em ambientes úmidos).

Os valores de LI foram para alguns tratamentos até três vezes maiores do que o valor mínimo exigido pela norma europeia. Isso evidencia a alta coesão das partículas e demonstra também que o processo de fabricação dos painéis foi bem controlado.

4.6.2 Painéis fabricados com Tanino-Formaldeído de acácia (TF-acácia) e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*

4.6.2.1 Avaliação da Massa Específica Aparente dos Painéis

A comparação dos valores médios da massa específica aparente dos painéis OSB realizada nos corpos-de-prova de ensaios a flexão, para os diferentes tratamentos está apresentada na Tabela 10.

Tabela 10. Comparação dos valores médios da massa específica aparente dos painéis OSB fabricados com adesivo TF de acácia negra e suas modificações com tanino da madeira de *E. pellita*

<i>Tratamento</i>	<i>Nº de Amostras</i>	<i>Massa Específica Aparente (g/cm³)</i>
T 3	12	0,74 b
T 4	12	0,73 b
T 9	12	0,75 b
T10	12	0,78 b
T11	12	0,79 ab
T 12	12	0,85 a
Média		0,77

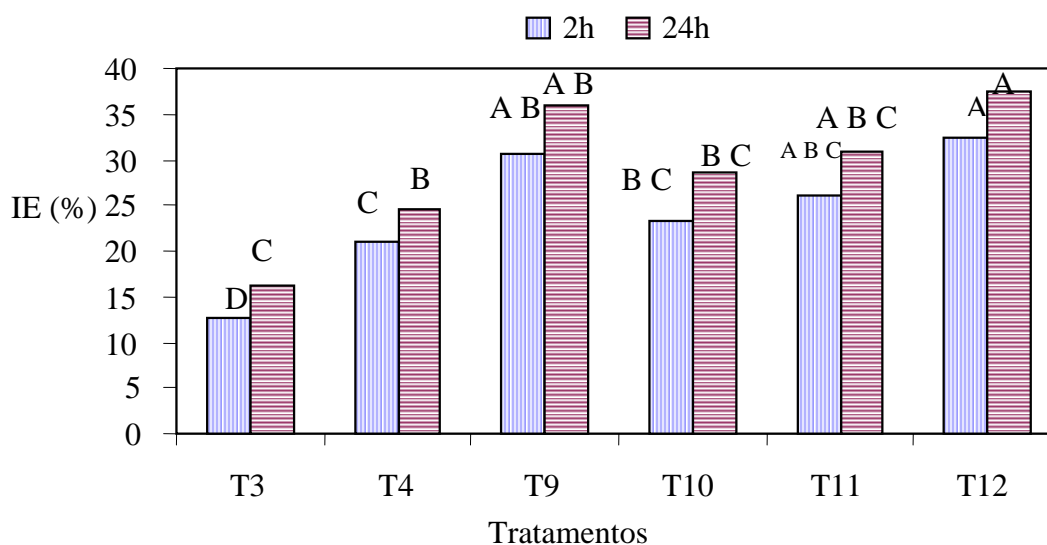
T3 = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T9** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 6 min; **T10** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 9 min; **T11** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 6 min; **T12** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 9 min. Letras iguais, dentro de uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Houve variação nos valores da massa específica, refletindo numa variação significativa para o tratamento T12. Desta forma, no ensaio de flexão houve a necessidade de

se proceder uma análise de covariância sendo a massa específica o elemento covariante. A massa específica é de grande importância para os aspectos avaliativos das propriedades físicas e mecânicas dos painéis podendo a mesma influir significativamente sobre estas propriedades.

4.6.2.2 Avaliação do Inchamento em Espessura (IE) e Absorção de Água (AA)

Os valores médios do Inchamento em Espessura (IE) e a comparação das médias estão apresentados na Figura 13. Os valores de Absorção de Água (AA), bem como a comparação das médias pelo teste Tukey a 95% de probabilidade estão apresentados na Tabela 11.



T3 = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T9** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 6 min; **T10** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 9 min; **T11** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 6 min; **T12** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 9 min. Letras iguais, para uma mesma avaliação, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 13. Valores médios para o Inchamento em Espessura (IE) de painéis OSB fabricados com diferentes tipos de adesivos, bem como a comparação de médias pelo teste Tukey.

Tabela 11. Valores médios para Absorção de Água (AA) de painéis OSB fabricados com diferentes tipos de adesivos, bem como a comparação de médias pelo teste Tukey

Tratamentos	Absorção de Água (%)	
	2h	24h
T3	42,60 b	56,61 b
T4	57,90 ab	69,96 ab
T9	70,96 a	79,59 a
T10	55,72 ab	66,53 ab
T11	59,78 ab	70,77 ab
T12	67,39 a	76,77 a

T3 = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T9** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 6 min; **T10** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 9 min; **T11** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 6 min; **T12** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 9 min. Letras iguais, dentro de uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nota-se que os valores de IE após 2h e 24h de imersão em água aumentaram consideravelmente após a modificação do adesivo TF de acácia pelo tanino de *Eucalyptus*. O tempo de prensagem foi importante somente para os painéis fabricados com TF de acácia, onde menores tempos de prensagem levaram a menores valores de IE.

Após 24h de imersão em água, os valores de IE seguiram a mesma tendência encontrada após 2h. Após 2h de imersão em água, mais de 80% dos valores totais de IE em 24h já tinha sido alcançados. Após 24h, somente os painéis TF de acácia, com 6 min de prensagem, atenderam a norma EN 300 no que se refere a categoria OSB/2 (usos externos, em ambientes secos).

Com 9 min de prensagem, os painéis TF de acácia só atenderam a classe OSB/1 (painéis para usos gerais, sem fins estruturais). Os painéis fabricados com adesivo TF de acácia modificado com tanino de eucalyptus não atenderam as normas européias.

Os painéis apresentaram valores de IE abaixo dos valores encontrados por OKINO et al. (2004) em painéis OSB fabricados com madeira de *Pinus taeda* e 8% de adesivo FF, prensados a 175 °C por 10 min. Eles encontraram valores de IE após 2h que variaram de 37% a 65%. Os altos valores de IE foram atribuídos à alta densidade dos painéis gerando alta tensão, que é liberada em contato com a água.

Segundo a norma canadense CSA 0437-0, o valor máximo de Inchamento em Espessura após 2h de imersão em água para painéis com espessura abaixo de 1,27 mm é de 15% tanto para a categoria O-1 quanto O-2. Dessa forma, somente o tratamento T3 (TF acácia, 6 min) alcançou o requisito da norma. Entretanto, deve-se ressaltar que não foi empregado parafina ou outro produto para diminuir a absorção de água dos painéis. Em razão dos valores encontrados para o IE após 2h pode-se supor que os painéis atenderiam a norma canadense caso tivesse sido empregado parafina na composição dos painéis, o que é habitual na indústria de painéis de madeira.

De modo geral, os valores de AA seguiram a mesma tendência encontrada no IE. Para AA após 2h e também após 24h, os painéis do tratamento T3 apresentaram os menores valores havendo diferença significativa somente com o tratamento T9 (6 min, 80:20) e T12 (9 min, 90:10).

4.6.2.3 Avaliação da flexão estática (MOR e MOE) e tração perpendicular ao plano do painel (Ligação Interna – LI)

A comparação dos valores médios encontrados para o Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) dos painéis OSB produzidos está apresentada na Tabela 12.

Os valores médios de MOR ficaram próximos de 500 kgf/cm². Para um mesmo tipo de adesivo, não houve diferença significativa nos tempos de prensagem de 6 min e 9 min. A substituição de parte do adesivo TF de acácia por tanino da madeira de *Eucalyptus* é possível, pois não alterou negativamente as propriedades de MOR dos painéis.

Para o tempo de prensagem de 6 min, a substituição de 10% ou 20% de adesivo TF de acácia por tanino de *Eucalyptus* não acarretou diferença significativa nos valores de MOR.

Quando o tempo foi alterado para 9 min, os valores de MOR dos painéis TF de acácia e *Eucalyptus* na proporção 90:10 foram significativamente maiores do que os valores dos painéis TF de acácia modificados com tanino de *Eucalyptus* na proporção 80:20 e painéis puros de TF de acácia.

Tabela 12. Comparação dos valores médios para o Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) de corpos-de-prova dos painéis OSB ensaiados à flexão estática na direção paralela às fibras.

Tratamento	Flexão Estática Paralela às fibras	
	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)
T 3	498,1 ab	53232 cd
T 4	431,7 b	47953 d
T 9	500,5 ab	60737 bc
T 10	412,4 b	51038 d
T 11	546,5 a	61672 b
T 12	584,2 a	72460 a

T3 = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T9** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 6 min; **T10** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 9 min; **T11** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 6 min; **T12** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 9 min. Letras iguais, dentro de uma mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A substituição de 10% do adesivo TF de acácia pelo tanino da madeira de *Eucalyptus* (T11 e T12) possibilitou a obtenção de maiores valores de MOE comparando-se com o adesivo puro de TF de acácia (T3 e T4). Os valores foram significativos.

Os valores de MOE seguiram a tendência encontrada no MOR, onde a substituição de 10% favoreceu para a obtenção de maiores valores de resistência à flexão dos painéis. A adição de tanino de *Eucalyptus*, que se revelou como sendo altamente reativo favoreceu no processo de cura do adesivo TF de acácia, que apresentou menor reatividade. Desta forma, a combinação do adesivo TF acácia + tanino de *Eucalyptus* favoreceu para aumento da resistência à flexão dos painéis.

Para os painéis fabricados com TF puro de acácia negra (T3 e T4) não houve diferença significativa nos valores de MOE para os diferentes tempos de prensagem. Para os outros painéis, a substituição de 10% e 20% de tanino de *Eucalyptus* no adesivo TF de acácia influenciou diferentemente os valores de MOE para os diferentes tempos de prensagem. Entre T9 e T10 houve diminuição dos valores de MOE com o aumento do tempo de prensagem. Entre T11 e T12 houve aumento dos valores de MOE com maior tempo de prensagem.

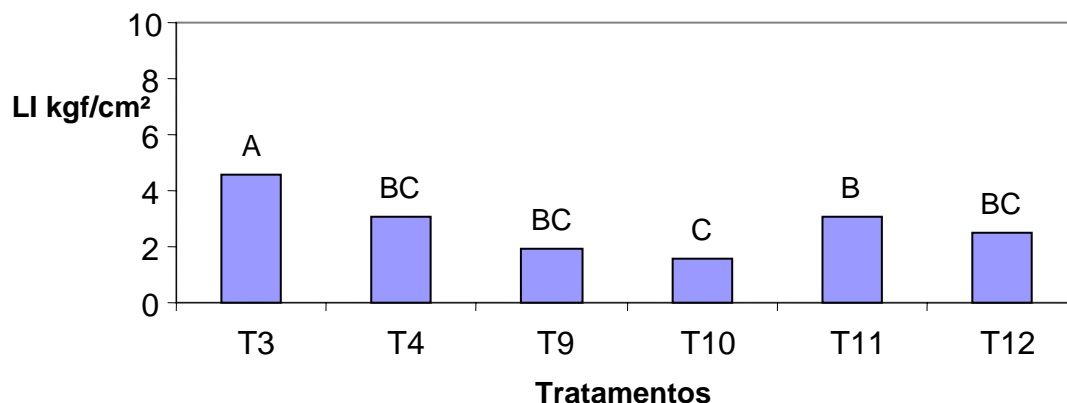
Segundo a norma canadense CSA 0437-0 (1993), os valores de MOR e MOE de todos os painéis fabricados atendem o valor mínimo recomendado para a classe O-1 (MOR e MOE de 234 kgf/cm² e 45000 kgf/cm², respectivamente). Com relação ao MOR, alguns valores encontrados alcançaram mais do que o dobro recomendado pela norma. Para a classe O-2 todos os painéis atenderam as exigências para o MOR que é de 290 kgf/cm².

Na classe O-2, somente os tratamentos T9, T11 e T12 atenderam as exigências do MOE que é de 55000 kgf/cm².

Considerando a norma européia (ver Tabela 9), todos os painéis fabricados cumpriram os requisitos mínimos para as classes OSB/1, OSB/2, OSB/3 e OSB/4 para os valores de MOR.

Quanto ao MOE, os painéis atenderam também as classes OSB/1, OSB/2 e OSB/3, Na classe OSB/4, somente os painéis do tratamento T4 não atenderam à norma quanto ao MOE.

O resultado da resistência à tração normal ou perpendicular ou Ligação Interna (LI), em kgf/cm² dos painéis OSB está apresentado na Figura 14.



T3 = TF acácia negra, 6 min; **T4** = TF acácia negra, 9 min; **T9** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 6 min; **T10** = TF acácia + *Eucalyptus* (80:20), 9 min; **T11** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 6 min; **T12** = TF acácia + *Eucalyptus* (90:10), 9 min. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 14. Valores médios de Resistência à tração perpendicular ao plano dos painéis OSB, em kgf/cm² para os diferentes tratamentos

Com relação à Ligação Interna (LI) notou-se, de modo geral, uma diminuição dos valores de LI à medida que se adicionou tanino de eucalyptus ao adesivo TF de acácia. Para um tempo de prensagem de 6 min, tanto a substituição de 10% quanto de 20% do adesivo TF de acácia por tanino de *Eucalyptus* contribuiu para obtenção de menores valores de LI. Os valores foram significativos quando comparados com os painéis puros de TF de acácia (T3).

No ensaio de LI, maiores tempos de prensagem significaram menores valores de LI, mas somente para os tratamentos T3 e T4 a diferença foi significativa. Os valores encontrados de LI para os painéis fabricados com Tanino-Formaldeído (TF) foram bem menores do que os valores encontrados nos painéis Fenólicos (item 4.6.1.3).

Segundo a norma canadense CSA 0437-0 (1993) somente os painéis fabricados com TF de acácia (T3) à 6 min alcançaram o valor mínimo exigido que é de 3,45 kgf/cm². Também na norma européia EN 300, somente os painéis do tratamento T3 alcançaram todas as exigências para os diferentes tipos de painéis OSB/1, OSB/2, OSB/3 e OSB/4.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante das análises e discussões apresentadas, conclui-se:

- ✓ Os taninos da madeira de *E. pellita* podem ser extraídos com rendimentos satisfatórios utilizando-se 2% de uréia e 1% de Na₂SO₃. Entretanto, em virtude do pH do extrato, conclui-se que a melhor forma de extração é utilizando-se apenas 2% de uréia;
- ✓ Os taninos extraídos da madeira de *E. pellita* utilizando uréia mostraram-se altamente reativos, possibilitando sua utilização como adesivo para colagem de madeira e de materiais de madeira;
- ✓ Os extratos tânicos da madeira de *E. pellita* apresentaram baixa viscosidade, sendo portanto viáveis para confecção de adesivos;

- ✓ A adição de taninos da madeira de *E. pellita* em soluções de tanino de acácia negra alterou as suas propriedades químicas, mas em níveis aceitáveis para a fabricação de adesivo Tanino-Formaldeído (TF). Dessa forma, é viável a adição de tanino de *E. pellita* ao tanino de acácia negra para confecção de adesivos;
- ✓ A adição de taninos de acácia negra ao adesivo Fenol-Formaldeído (FF) alterou as propriedades químicas do adesivo, principalmente o tempo de formação de gel;
- ✓ Para os painéis produzidos com TF puro de acácia negra, deve-se utilizar menores tempos de prensagem para se obter painéis com melhor estabilidade dimensional e resistência à umidade. Também com relação às propriedades mecânicas, pode-se utilizar 6 min de tempo de prensagem sem alterar os valores de resistência;
- ✓ Para painéis produzidos com adesivos FF e suas modificações com tanino de acácia não há atuação do tempo de prensagem na estabilidade dimensional dos painéis. O mesmo pode ser afirmado com relação às propriedades de resistência mecânica. Dessa forma, deve-se utilizar tempo de prensagem de 6 min, significando menor consumo de energia e maior rendimento;
- ✓ É possível substituir até 10% do adesivo FF por tanino de acácia negra sem alterar a estabilidade dimensional dos painéis. Entretanto, é possível substituir até 20% do FF por tanino de acácia e atender ainda os requisitos da norma canadense quanto à estabilidade dimensional;
- ✓ Considerando-se a norma européia, é possível produzir painéis com estabilidade dimensional para a classe OSB/1 (painéis para usos gerais e compartimentos interiores) com adesivo FF modificado com até 20% de tanino de acácia, bem como com adesivo puro de TF de acácia;
- ✓ Os painéis FF e FF modificados com tanino de acácia atenderam também as normas OSB/2 (painéis estruturais para ambientes secos);
- ✓ É possível fabricar painéis OSB com adesivos TF de acácia e FF modificados com tanino de acácia com excelentes propriedades de resistência mecânica, sendo que a maioria dos painéis atendeu os requisitos colocados nas normas canadenses e européias;
- ✓ É possível fabricar painéis OSB com tanino de acácia negra modificados com tanino da madeira de *E. pellita*. Os painéis apresentaram boas propriedades mecânicas no que refere ao MOR e MOE. Entretanto, torna-se necessário a adição de parafina durante o processo de produção dos painéis para melhorar a estabilidade dimensional dos mesmos, uma vez que os painéis apresentaram altos valores de IE e AA;
- ✓ É possível fabricar painéis de TF de acácia e tanino de *Eucalyptus* com boas propriedades de resistência mecânica no que se refere ao MOR e MOE. Os painéis atenderam aos requisitos das normas canadenses e européias. Entretanto, quando se analisou a Ligação Interna (LI), os painéis produzidos não atenderam aos requisitos mínimos exigidos pelas normas.

Diante das conclusões apresentadas, recomenda-se:

Esta pesquisa apontou novos caminhos para adesivos naturais à base de taninos na indústria madeireira. A pesquisa deve ser continuada para estudar os efeitos de novas variáveis do processo de manufatura de painéis como temperatura, relação face/miolo/face, adição de emulsão de parafina, dentre outros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados**. 2002. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba –PR.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS: **Standart methods of evaluation of the properties of wood - base fiber and particle panel materials**. Annual book of ASTM Standarts, ASTM D1037. Philadelphia, 1982

AVRAMIDIS, S; SMITH, L. A. The effect of resin content and face-to-core ratio on some properties of Oriented Strand Board. **Holzforschung**, Berlin, V. 43, n. 2, p.131-133, 1989

AYLA, C.; WEIBMANN, G.: Neue Entwicklungen in der Verwendung von Tanninformaldehydharzen bei der Herstellung von Holzspanplatten. **Adhäsion**, V.11, p.26-31,1982.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; GARCIA, J.N. Propriedade de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, V. 28, n.4, p.563-570, 2004

BRITO, E. O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de Pinus elliottii Engelm. Var. elliottii plantado no sul do Brasil**. 1995, 123f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba - PR

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION-CSA OSB and Waferboards. CSA 0437-0 – 93. Ontário, Canadá, 1993.

CLOUTIER, Alain. Oriented StrandBoard (OSB): Raw Material, Manufacturing Process, Properties, and Uses. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA e I ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa – MG, SIF/UFV, 1998. p.173-185

COPPENS, H. **Adesivo à base de tanino resorcinol para laminados de pinheiro do Paraná para uso exterior**. Dpq - Série técnica nº 3 - IBDF, Brasília, 1979, 17 p.

COPPENS, H.; SANTANA, M.A.E. & PASTORE JUNIOR, F. Tannin-formaldehyde adhesive for exterior-grade plywood and particleboard manufacture. **Forest Products Journal**, V. 30, n. 4, p.38-42, 1980

DEL MENEZZI, C.H.S. **Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas**. 2004. 238f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba - PR

DEPPE, H. J.; ERNST, K. Isocyanate als Spanplattenbindemittel. **Holz als Roh- und Werkstoff**, München, V. 29, p.45-50, 1971

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – Normen für Holzfaserverplatten, Spanplatten, Sperrholz. DIN 52362. 1982. p.39-40

DIX, B. MARUTZKY, R. Untersuchungen zur Gewinnung von Polyphenole aus Nadelholzzrinden. **Holz als Roh- und Werkstoff**, München, V. 41, p.45-50, 1982a

DIX, B. MARUTZKY, R. Möglichkeiten Der Verleimung Von Holz Mit Klebstoffen Auf Der Basis Von Natürlichen polyphenolen. **Adhasion**, V.12, p.4-10, 1982b

DIX, B.; MARUTZKY, R. Tanninformaldehydharze aus den Rindenextrakten von Fichte (*Picea abies*) und Kiefer (*Pinus sylvestris*). **Holz als Roh- und Werkstoff**, München, V.45, p.457-463, 1987

DIX, B.; LOTH, F.; ROFFAEL, E. **Verleimungen von Holzwerkstoffen mit Stärke-Tannin-Klebstoffen**. In: Klebstoffe für Holzwerkstoffe und Faserformteile. Neue Entwicklungen, Applikationen und Analysetechniken. WKI-Workshop, Braunschweig, 1997

GEIMER, R. L. **Flake alignment in particleboard as affected by machine variables and particle geometry**. USDA - Forest Service, Research Paper FPL 275. 1976

GNAMM, H. **Die Gerbstoffe und Gerbmittel**. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. 2. Aufl. Stuttgart, 1933

GONÇALVES, C. A. **Utilização do tanino da madeira de Mimosa caesalpiniaefolia Bentham (Sabiá) como matéria prima alternativa para a produção de adesivos**. 2000.100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica - RJ

GONÇALVES, C. A.;LELIS, R. C. C. Avaliação do teor de tanino condensáveis de cinco de leguminosas arbóreas. In: VI CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS. FOREST 2000. 2000, Porto Seguro – BA. **Anais...** Porto Seguro, 2000, p.393-394.

GOUVEIA, F. N.; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. R. Utilização da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake na fabricação de chapas de partículas orientadas (OSB) e Não-orientadas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p.7-12, 2000

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

GUANGCHENG, Z.; YUNLU, L; YAZAKI,Y. Extractive yields, Stiasny values and polyflavonoid contents in barks from six acacia species in Australia. **Australian Forestry**, V. 54, p.154-156, 1991

HASLAM, E. **Chemistry of vegetable tannins**. London: Academic, 1966.177 p.

HAYGREEN, J. G.; BOWER, J. L. **Forest Products and Wood Science: an introduction**. Drawings by Karen Lilley. 3 rd ed, 1996, 376 p.

HEMINGWAY, R. W. **Adhesives from southern pine bark – a review of past and current approaches to resin formulation problems**. Forest Product Research Society, Madison/Wisconsin, USA, p.443-457, 1978

HILLIS, W. E. **Natural Polyphenols (Tannins) as a Basis for Adhesives**. Second Weyerhaeuser Science Symp.: Phenolic Resins. Chemistry and Application, 1981, p.171-187

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. **Painéis de madeira reconstituída**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002, 21 p.

KEINERT, J.; WOLF, F. **Alternativas de adesivos à base de taninos para madeira**. Curitiba: FUPEF, 1984. 25 p.

LELIS, R. **Zur Bedeutung der Kerninhaltsstoffe obligatorisch verkernter Nadelbaumarten bei der Herstellung von feuchtebeständigen und biologisch resistenten Holzspanplatten, am Beispiel der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco)**. 1995. 175f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Forstliche Fakultät, Universität Göttingen, Göttingen, Alemanha

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. São Francisco: Miller Freeman Inc., 1993, 2 ed. 689 p.

MATOS, J.L.M. **Ciclo da prensa em chapas de partículas estruturais "Waferboards"**. 1988. 164f. Dissertação, (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba - PR

MENDES, L. M; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; KEINERT Jr, S.; SALDANHA, L. K. Avaliação do sistema de orientação de partículas na produção de painéis OSB (Oriented Strand Board). **Revista Cerne**, Lavras - MG, V. 6, n.1, p.01-08, 2000

MENDES, L. M. ***Pinus spp.* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba - PR

MENDES, L. M; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; KEINERT Jr, S.; SALDANHA, L. K. ***Pinus spp* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, V.12, n.2, p.135-145, 2002

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; PIMENTA, A. S.; MELO, V.M. Influência da temperatura, tipos e concentrações de sais inorgânicos no rendimento em taninos das cascas de *Eucalyptus*. In: VI CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS. 2000, Porto Seguro – BA, **Anais...**, 2000, p.408

MORI, F.A.; VITAL, B.R.; LUCIA, R.M.; VALENTE, O.F.; PIMENTA, A.S. Utilização de resinas à base de taninos das cascas de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden na produção de painéis compensados. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, V. 23, p.455-461, 1999

MOSLEMI, A.A. **Particleboard**. Vol. 1. Southern Illinois University Press. Carbondale and Edwardsville, 1974

OKINO, E.Y.A., TEIXEIRA, D.E., SOUZA, M.R., SANTANA, M.A.E. Properties of oriented strandboards made of wood species from Brazilian planted forests. **Holz als Roh- und Werkstoff**, München, V.62, n.3, p.221-224, 2004

OKUM, J.; ROFFAEL, E.; DIX, B. Eigenschaften von mitteldichten Faserplatten (MDF), hergestellt mit natürlichen Polyphenolen (Tannine, technische Lignine) als Bindemittel. **Holz als Roh- und Werkstoff**, München, V.56, p. 330, 1998

OSB. O que é OSB? Disponível em <http://www.compensadosboqueirao.com.br>. Acesso em: 03 Jan. 2006a.

OSB. Informação técnica. Disponível em <http://www.osb-info.org/html/Potechinfo.html>. Acesso em: 03 Jan. 2006b.

PASTORE JUNIOR, F. **Produção de adesivos à base de tanino**. Comunicação técnica n° 19, PRODEPEF, Brasília, BR, 1977.

PEREIRA, K.R.M. **Chapas de partículas OSB fabricadas com madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake sob diferentes variáveis de processo**. 2003. 48p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica - RJ

PIZZI, A. Natural phenolic adhesives I: Tannin. In: **Handbook of adhesive technology**. Marcel Dekker, New York, Basel, Hong Kong, 1994, p. 680

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. Marcel Dekker, New York, 347-358, 1994

PIZZI, A.; STEPHANOU, A. Fast vs. slow-reacting non modified tannin extracts for exterior particleboard adhesives. **Holz als Roh- und Werkstoff**, V. 52, p. 218-222, 1994

POSER, G. L. von; GOSMANN, G. Acácia-Negra. **Ciência Hoje**, V.11, n.63, p.68-70, 1990

PRASETYA, B.; ROFFAEL, E. Neuartige Charakterisierung von natürlichen Polyphenolen hinsichtlich ihrer Vernetzbarkeit. **Holz als Roh- und Werkstoff**, V.49, p.481-484, 1991

REDA, M. F. **Extração de taninos da casca e da madeira de *Eucalyptus urophylla* com água e sob adição de diferentes produtos químicos**. 2002, 41f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica - RJ

ROFFAEL, E. Über die Reaktivität von wäßrigen Rindenextrakten gegenüber Formaldehyd. **Adhäsion**, V. 20, n.11, p.306-311, 1976

ROFFAEL, E. **Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Holzwerkstoffen.** DRW-Verlag, Stuttgart, 1982, 154 p.

ROFFAEL, E.; DIX, B. Zur Verwertung von Rindenextraktstoffen unter besonderer Berücksichtigung der Rindenpolyphenole. **Holz-Zentralblatt**. V.115, n.133, p.2084-2085, 1989

ROFFAEL, E.; DIX, B. Tannine als Bindemittel für Holzwerkstoffe. **Holz-Zentralblatt**, V. 120, n. 6, p. 90-93, 1994

SAMLAIC, J. **Os atuais problemas e as possibilidades dos adesivos para a madeira.** Revista da Madeira, fev/1983.

SANTANA, M. A. E.; COPPENS, H.; PASTORE JUNIOR, F. & NAKAMURA, R. M. **Adesivo de tanino-formaldeído para fabricação de compensado e aglomerado para uso interior e exterior.** Dpq - Série técnica nº 2 - IBDF, Brasília, 1979, 19 p.

SANTANA, M. A. E.; PASTORE JUNIOR, F. **Adesivos de tanino-formaldeído para aglomerados.** DE - Série técnica nº 2 - IBDF, Brasília, 1981, 12 p.

SCHÄFFER, M. **Literaturstudie zum Einfluss der Inhaltsstoffe des Holzes auf sein Verhalten bei der Holzwerkstoff- und Zellstoffherstellung.** Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät, Georg-August-Universität Göttingen, 1992

SELLERS, T. Wood adhesive: innovations and applications in North América. **Forest Products Journal**.v.51, n. 6, p. 12-22, 2001

SOBRAL FILHO, M. Influence of wood furnish type on properties of oriented strand panels.. **Forest Products Journal**, v. 39, n. 9, p. 43-52, 1981

STAMATO, G. C.; HELLMEISTER, J. C. Aplicações do compensado, Laminated Vener Lumber (LVL) e Oriented Strand Board (OSB) em estruturas permanente. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRA TROPICAL. Belém, 1999. **Anais...**, 1999. p. 215-232

TEODORO, Â. S.; LELIS, R. C.; DIAS, L. A.; Efeito da adição de sulfito de sódio na extração de taninos da casca de *Pinus caribaea* var. *Caribaea*. In: 55ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. Recife – PE, 2003, **Anais...**, 1 CD – Rom, 2003

TEODORO, Â. S.; LELIS, R. C. A.; Extração de taninos da casca de *Eucallyptus pellita* e avaliação de suas propriedades. **Rev. Univ. Rural, Série Ciências da Vida**, Seropédica, RJ, V. 23, n. 2, p.65-70, 2003

TOMASELLI, I. A indústria de painéis no Brasil e no mundo: tendências de mudanças do perfil de produção e usos: In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1998. Belo Horizonte. **Anais...**, Viçosa – MG, SIF/UFV, 1998, p.55-64

TOSTES, A.S. **Tanino da casca de Eucalyptus pellita F. Muell como fonte de adesivos para produção de chapas de madeira aglomerada.** 2003. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica – RJ

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood:structure, properties, utilization.** New York: Chapman & Hall, 1991, p.309-339

VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira.** Boletim Técnico nº 15, UFV, Viçosa – MG, 1984, 15 p.

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

WALKER, J.C.F. **Primary wood processing: principles and practice.** London:Chapman & Hall, 1993, p.377-416

WANG, S.; WINISTORFER, P. M. The effect of species and species distribution on the layer characteristics of OSB. **Forest Products Journal**, V.50, n. 4, p.37-44, 2000

WEISSMANN, G. Untersuchung der Rindenextrakt von Lärchen. **Holzforschung und Holzverwertung** , V.37, n.4, p.67-71, 1985

WISSING, A. The utilization of bark II: Investigation of the stiasny-reaction for the precipitation of polyphenols in Pine bark extractives. **Svensk Papperstidning**, V.58, n. 20, p. 745-750, 1955

ANEXOS – ANOVA DOS TRATAMENTOS

Tabela 1: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o teor de polifenóis pelo método Ultra-Violeta dos extratos tânicos da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	6	2585,718	430,9530	11,535 ^(*)	0,00001	9,384
RESIDUO	21	784,5605	37,36002			
TOTAL	27	3370,2785	468,31302			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 2: Resumo da análise estatística dos valores médios obtidos para viscosidade da solução tânica de Acácia Negra à 45%, do adesivo FF e de suas modificações com solução de tanino de Acácia (90:10; 80:20).

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	3	2461389	820462,9	477,12 ^(*)	0,00000	10,632
RESIDUO	16	27513,64	1719,603			
TOTAL	19	2488902,6	822182,5			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 3: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o tempo de formação de gel da solução tânica de Acácia Negra à 45%, do adesivo FF e de suas modificações com solução de tanino de Acácia (90:10; 80:20).

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	3	0,1476E+08	4922202	589,30 ^(*)	0,00000	8,270
RESIDUO	16	133641,6	8352,600			
TOTAL	19	14893641,6	4930554,6			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 4: Resumo da análise estatística da densidade dos corpos-de-prova da flexão estática dos painéis OSB fabricados com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	0,01720	0,00245	1,384 ^(NS)	0,22200	5,636
RESIDUO	88	0,15626	0,00177			
TOTAL	95	0,17346	0,00422			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 5: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Elasticidade dos painéis OSB fabricadas com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	0,2863E+10	0,4090E+09	13,51 ^(*)	0,00000	10,387
RESIDUO	88	0,2663E+10	0,3027E+08			
TOTAL	95	0,5526E+10	0,4392E+09			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 6: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Ruptura dos painéis OSB fabricadas com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	634221,2	90603,02	12,326 ^(*)	0,00000	15,523
RESIDUO	88	646870,2	7350,797			
TOTAL	95	1281091,3	97953,81			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 7: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Ligação Interna dos painéis OSB fabricadas com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	344,5790	49,22557	20,284 ^(*)	0,00000	23,238
RESIDUO	88	213,5648	2,426872			
TOTAL	95	558,1438	51,65244			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 8: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Inchamento em Espessura após 2 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	948,3634	135,4805	16,973 ^(*)	0,00000	22,554
RESIDUO	64	510,8435	7,981930			
TOTAL	71	1459,206	143,4624			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 9: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Inchamento em Espessura após 24 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	930,9845	132,9978	18,845 ^(*)	0,00000	16,332
RESIDUO	64	451,6841	7,057564			
TOTAL	71	1382,668	140,0553			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 10: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Absorção de Água após 2 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	5727,533	818,2190	10,491 ^(*)	0,00000	22,225
RESIDUO	64	4991,492	77,99206			
TOTAL	71	10719,025	896,21106			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 11: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Absorção de Água após 24 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos FF, TF de acácia e FF modificado com tanino de acácia.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	7	3257,063	465,2947	10,642 ^(*)	0,00000	11,930
RESIDUO	64	2798,252	43,72269			
TOTAL	71	6055,315	509,0173			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 12: Resumo da análise estatística da densidade dos corpos-de-prova da flexão estática dos painéis OSB fabricados com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*. (grupo 2)

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	0,1281521	0,025630	8,713 ^(NS)	0,00000	6,962
RESIDUO	66	0,1941498	0,002941			
TOTAL	71	0,3223019	0,028571			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 13: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Elasticidade dos painéis OSB fabricadas com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	0,3455E+10	0,6911E+09	16,78 ^(*)	0,00000	11,092
DEN Linear	1	0,2066E+09	0,2066E+09	5,018	0,02850	
RESIDUO	65	0,2676E+10	0,4117E+08			
TOTAL	71	0,63385E+10	0,7159E+09			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 14: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Ruptura dos painéis OSB fabricadas com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	212608,8	42521,75	5,728 ^(*)	0,00020	17,386
DEN Linear	1	53823,82	53823,82	7,251	0,00900	
RESIDUO	65	482513,2	7423,279			
TOTAL	71	748945,82	103768,84			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 15: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Ligação Interna dos painéis OSB fabricadas com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	56,04501	11,20900	9,611 ^(*)	0,00000	38,240
DEN Linear	1	0,8311115	0,8311115	0,713		
RESIDUO	62	72,31087	1,166304			
TOTAL	68	129,1869	13,20641			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 16: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Inchamento em Espessura após 2 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	2373,023	474,6046	13,717 ^(*)	0,00000	24,382
RESIDUO	48	1660,820	34,60041			
TOTAL	53	4033,843	509,20501			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 17: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Inchamento em Espessura após 24 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	2864,598	572,9195	15,165 ^(*)	0,00000	21,406
RESIDUO	48	1813,420	37,77958			
TOTAL	53	4678,018	610,6990			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 18: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Absorção de Água após 2 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	4801,955	960,3909	4,884 ^(*)	0,00109	23,860
RESIDUO	48	9438,357	196,6324			
TOTAL	53	14240,312	1157,0233			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Tabela 19: Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Absorção de Água após 24 horas de imersão em água dos painéis fabricados com adesivos TF de acácia e suas modificações com tanino da madeira de *Eucalyptus pellita*.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF	CV
TRATAMENTO	5	3202,201	640,4402	4,957 ^(*)	0,00097	16,292
RESIDUO	48	6201,296	129,1937			
TOTAL	53	9403,497	769,6339			

* = SIGNIFICATIVO AO NIVEL DE 5% DE PROBABILIDADE; NS = NÃO SIGNIFICATIVO