

**UTILIZAÇÃO DO TANINO DA MADEIRA DE *Mimosa
caesalpiniaeefolia* Bentham (SABIÁ) COMO MATÉRIA-
PRIMA ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE
ADESIVOS**

CELSO DE ALMEIDA GONÇALVES

SEROPÉDICA

ABRIL DE 2000

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE FLORESTAS

CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

UTILIZAÇÃO DO TANINO DA MADEIRA DE *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham
(SABIÁ) COMO MATÉRIA-PRIMA ALTERNATIVA NA PRODUÇÃO DE
ADESIVOS

CELSO DE ALMEIDA GONÇALVES

ORIENTADOR: PROFESSOR DR. ROBERTO CARLOS COSTA LELIS

Tese submetida como requisito parcial

para a obtenção do grau de Mestre em Ciências

Ambientais e Florestais.

SEROPÉDICA, RJ

ABRIL DE 2000

UTILIZAÇÃO DO TANINO DA MADEIRA DE *Mimosa caesalpiniaeefolia* Bentham
(SABIÁ) COMO MATÉRIA-PRIMA ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE
ADESIVOS

CELSO DE ALMEIDA GONÇALVES

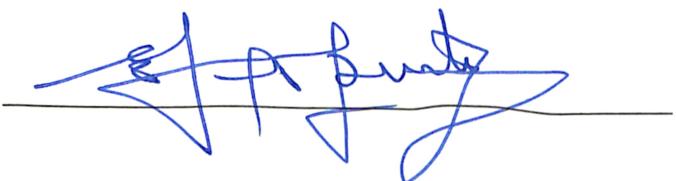
APROVADA EM: 26/04/00

Dr. Roberto Carlos Costa Lelis

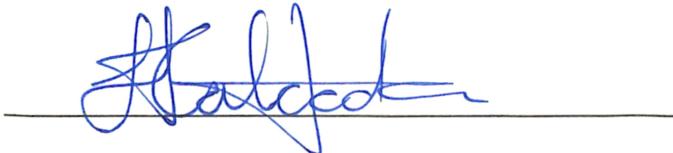
Orientador



Dr. Edvá Oliveira Brito



Dr. Luis Américo Calçada



Dedico este trabalho a Mirtes Maria Gomes Junqueira

AGRADECIMENTOS

Aos Professores do Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Roberto Carlos Costa Lelis, Azarias Machado de Andrade, Edvá Oliveira Brito, Acácio Geraldo de Carvalho, João Vicente Latorraca e Heber dos Santos Abreu, pela ajuda nas diferentes fases deste trabalho.

Aos funcionários da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que contribuíram para a execução deste trabalho.

À empresa ALBA QUÍMICA pelo fornecimento das resinas sintéticas utilizadas neste projeto.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela cessão das árvores de *Mimosa caesalpiniaefolia*.

À coordenação do Curso de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela confiança depositada.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos nas diferentes fases de elaboração deste trabalho.

BIOGRAFIA

CELSO DE ALMEIDA GONÇALVES, filho de Sebastião Gonçalves e de Joaquina de Almeida Gonçalves, nasceu no Estado do Rio de Janeiro, em 9 de março de 1945.

É professor de Física formado pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Fundação Rosemar Pimentel, Barra do Piraí, RJ em março de 1972 e Engenheiro Florestal formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em agosto de 1997.

Obteve o título de especialista em Ciências Ambientais na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 1998, tendo sido Professor Substituto da mesma Universidade nos anos de 1998 e 1999.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE QUADROS.....	xv
LISTA DE TABELAS.....	xxii
RESUMO.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
ZUSAMMENFASSUNG.....	xxv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 A espécie <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> Bentham.....	4
2.2 Extrativos polifenólicos (taninos).....	7
2.3 Chapas de partículas.....	10
2.4 Adesivos.....	12
2.4.1 Resina Uréia-Formaldeído (UF).....	12
2.4.2 Resina Fenol-Formaldeído (FF).....	14
2.4.3 Polifenóis naturais (taninos) como fonte de adesivo (Resina Tanino-Formaldeído - TF).....	16

3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Coleta e preparação da madeira de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	21
3.2 Determinação da densidade básica da madeira de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	22
3.3 Determinação da proporção alburno-cerne de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	23
3.4 Determinação do teor de polifenóis em extratos aquosos obtidos por refluxo sob adição de diferentes produtos químicos.....	24
3.5 Determinação do teor de polifenóis na madeira do alburno e do cerne.....	26
3.6 Obtenção do extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> em autoclave.....	26
3.7 Determinação das propriedades físicas e químicas dos extratos.....	28
3.7.1 Viscosidade.....	29
3.7.2 Teor de polifenóis (Reação de Stiasny).....	29
3.7.3 Solubilidade.....	30
3.7.4 Tempo de formação de gel dos extratos.....	30
3.7.5 pH.....	31
3.8 Determinação das propriedades das resinas sintéticas e das resinas modificadas com os extratos.....	31
3.8.1 Teor de sólidos.....	31
3.8.2 Viscosidade.....	32
3.8.3 Tempo de formação de gel.....	32
3.9 Fabricação das chapas de madeira aglomerada.....	33
3.9.1 Origem e preparo da madeira.....	33
3.9.2 Condições de fabricação das chapas.....	34
3.10 Determinação das propriedades físicas e mecânicas das chapas.....	37

3.10.1 Propriedades físicas.....	38
3.10.1.1 Densidade das chapas.....	38
3.10.1.2 Inchamento em espessura (IE).....	38
3.10.1.3 Absorção em água (AA).....	39
3.10.2 Propriedades mecânicas das chapas.....	39
3.10.2.1 Ensaio de flexão estática.....	39
3.10.2.2 Ensaio de tração perpendicular ao plano da chapa (Ligaçāo Interna –LI)	40
4. RESULTADOS E DISCUSSĀO	41
4.1 Densidade básica da madeira.....	41
4.2 Proporção alburno-cerne.....	43
4.3 Teor de polifenóis em extratos aquosos obtidos por refluxo.....	44
4.4 Teor de polifenóis na madeira do alburno e do cerne.....	46
4.5 Extração em autoclave.....	47
4.5.1 Propriedades físicas e químicas dos extratos obtidos em autoclave.....	49
4.5.1.1 Densidade e Viscosidade.....	49
4.5.1.2 Teor de polifenóis (Reação de Stiasny).....	50
4.5.1.3 Solubilidade, Tempo de formação de gel e pH dos extratos.....	51
4.6 Propriedades das resinas sintéticas e das resinas modificadas com os extratos..	52
4.7 Propriedades físicas e mecânicas das chapas.....	55
4.7.1 Densidade das chapas.....	56
4.7.2 Inchamento em Espessura (IE).....	57
4.7.3 Absorção em água (AA).....	58
4.7.4 Módulo de Elasticidade à Flexão Estática (MOE).....	59

4.7.5 Módulo de Ruptura à Flexão Estática (MOR).....	61
4.7.6 Resistência à tração perpendicular ao plano da chapa (Ligaçāo Interna – LI)	62
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	64
6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	68
7. APÊNDICE	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Exemplares de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (Sabiá), no Campus da UFRRJ.....	5
FIGURA 2 – Detalhe do tronco de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	5
FIGURA 3 – Seção transversal do tronco de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	5
FIGURA 4 – Estruturas de taninos hidrolisáveis.....	9
FIGURA 5 – Estruturas de taninos condensados.....	10
FIGURA 6 – Modelo de uma resina Uréia-Formaldeído segundo Vollmert, 1980; citado por ROFFAEL (1982).....	13
FIGURA 7 – Estrutura da ligação Fenol-Formaldeído (DIX e MARUTZKY, 1982)	15
FIGURA 8 – Estrutura da ligação Tanino-Formaldeído (TF).....	18
FIGURA 9 – Autoclave utilizado para a obtenção dos extratos de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	27
FIGURA 10 – Prensa hidráulica e tambor rotativo utilizados na confecção das chapas de madeira aglomerada.....	34

FIGURA 11 – Disposição dos corpos-de-prova nas chapas.....	37
FIGURA 12 – Variação axial da densidade básica da madeira de <i>Mimosa caesalpiniae-folia</i>	42
FIGURA 13 – Variação de alburno e cerne ao longo do fuste de <i>Mimosa caesalpiniae-folia</i>	44
FIGURA 14 – Distribuição dos teores de extractivos e tanino na madeira de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> (extração com água quente).....	47
FIGURA 1A – Comparação dos valores médios observados para o inchamento em espessura (24h) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com o valor máximo admitido pela norma CS-236-66.....	97
FIGURA 2A – Comparação dos valores médios observados para o inchamento em espessura (24h) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor máximo admitido pela norma CS-236-66.....	97
FIGURA 3A – Comparação dos valores médios observados para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.....	98
FIGURA 4A – Comparação dos valores médios observados para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.....	98
FIGURA 5A – Comparação dos valores médios obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.....	99
FIGURA 6A – Comparação dos valores médios obtidos para o Módulo de Elasticidade	

(MOE) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.....	99
FIGURA 7A – Comparaçao dos valores médios obtidos para a ligação interna (LI) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com o valor mí- nimo admitido pela norma CS-236-66.....	100
FIGURA 8A – Comparaçao dos valores médios obtidos para a ligação interna (LI) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor mí- nimo admitido pela norma CS-236-66.....	100

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Plano experimental para as chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações.....	35
QUADRO 2 – Plano experimental para as chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações.....	36
QUADRO 3 – Descrição dos tratamentos.....	36
QUADRO 4 – Valores médios da densidade básica (g/cm^3) de <i>Mimosa casalpini-aefolia</i> em função da posição relativa no fuste.....	41
QUADRO 5 – Resultados médios obtidos para os percentuais de alburno e cerne nas árvores de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	43
QUADRO 6 – Variação da relação alburno-cerne ao longo do fuste de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	43
QUADRO 7 – Valores médios obtidos para o teor de extrativo, para o número de Sti - asny e para o rendimento em taninos condensáveis na madeira de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	45
QUADRO 8 – Média dos valores obtidos para os teores de extractivos, n° de Stiasny e para o rendimento em tanino no cerne e no alburno de <i>Mimosa caesalpi-</i>	

<i>niaefolia</i>	46
QUADRO 9 – Valores obtidos para a massa seca de extratos de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> obtidos em autoclave.....	48
QUADRO 10 – Valores médios obtidos para a densidade e viscosidade dos extratos de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> (solução a 40%).....	49
QUADRO 11 – Valores médios para o teor de extratos, n° de Stiasny e teor de polifenóis (taninos) contido nos extratos de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> obtidos em autoclave.....	50
QUADRO 12 – Valores médios observados para a solubilidade em água, para o tempo de formação de gel e para o pH dos extratos de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	51
QUADRO 13 – Valores médios obtidos para a densidade, viscosidade, teor de sólidos e tempo de formação de gel da resina sintética Fenol-Formaldeído (FF) e de suas modificações com os extratos de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> ...	53
QUADRO 14 – Valores médios obtidos para densidade, viscosidade, teor de sólidos e tempo de formação de gel da resina sintética Uréia-Formaldeído (UF) e de suas modificações com os extratos de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> ...	54
QUADRO 15 – Valores médios obtidos para a densidade (g/cm^3), medida a 12% de teor de umidade, das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e UF e com suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> ...	56
QUADRO 16 – Valores médios para Inchamento em espessura (%) observado nas chapas Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e suas modificações com extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	57

QUADRO 17 – Valores médios da absorção em água -AA (%) pelas chapas Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e suas modificações com extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	59
QUADRO 18 – Valores médios obtidos para o Módulo de Elasticidade à Flexão Estática (MOE – kgf/cm ²) das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e UF e com suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	60
QUADRO 19 – Valores médios obtidos para o Módulo de Ruptura à Flexão Estática (MOR – kgf/cm ²) das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e FF e com suas modificações com os extratos de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	61
QUADRO 20 – Valores médios obtidos para a Ligação Interna (LI), em kgf/cm ² , das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e UF e com suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	62
QUADRO 1A – Valores obtidos para a absorção em água – AA (%) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	78
QUADRO 2A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	78
QUADRO 3A – Valores obtidos para a absorção em água - AA (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	79

QUADRO 4A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	79
QUADRO 5A – Valores obtidos para a absorção em água – AA (%) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	80
QUADRO 6A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	80
QUADRO 7A – Valores obtidos para a absorção em água – AA (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	81
QUADRO 8A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	81
QUADRO 9A – Valores obtidos para o inchamento em espessura – IE (%) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	82
QUADRO 10A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 2 horas, para as chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	82
QUADRO 11A – Valores obtidos para o inchamento em espessura - IE (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o	82

extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	83
QUADRO 12A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 24 horas, para as chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações.....	83
QUADRO 13A – Valores obtidos para o inchamento em espessura - IE (%) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	84
QUADRO 14A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 2 horas, para as chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	84
QUADRO 15A – Valores obtidos para o inchamento em espessura – IE (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	85
QUADRO 16A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 24 horas, para as chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com e extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	85
QUADRO 17A – Valores obtidos para a densidade (g/cm^3), das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> , ao teor de umidade de 12%.....	86
QUADRO 18A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a densidade das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> , ao teor de umidade de 12%.....	86
QUADRO 19A – Valores obtidos para a densidade (g/cm^3) das chapas fabricadas com	

a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> ao teor de umidade de 12%.....	87
QUADRO 20A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a densidade das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> , ao teor de umidade de 12%	87
QUADRO 21A – Valores obtidos para o Módulo de Ruptura – MOR (kgf/cm ²) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	88
QUADRO 22A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	88
QUADRO 23A – Valores obtidos para o Módulo de Ruptura – MOR (kgf/cm ²) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato do <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	89
QUADRO 24A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	89
QUADRO 25A – Valores obtidos para o Módulo de Elasticidade – MOE (kgf/cm ²) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	90
QUADRO 26A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	90

QUADRO 27A – Valores obtidos para o Módulo de Elasticidade – MOE (kgf/cm ²) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	91
QUADRO 28A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	91
QUADRO 29A – Valores obtidos para a Ligação Interna – LI (kgf/cm ²) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	92
QUADRO 30A – Resumo da análise estatística dos dados obtidos para a Ligação Interna (LI) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	92
QUADRO 31A – Valores obtidos para a Ligação Interna – LI (kgf/cm ²) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	93
QUADRO 32A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Ligação Interna (LI) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	93
QUADRO 33A – Valores obtidos para a densidade básica média (g/cm ³), ao longo do fuste de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> , para cada uma das 6 árvores analisadas.....	94
QUADRO 34A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para densidade básica média de <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i>	94

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Valores mínimos estabelecidos para o Módulo de Ruptura (MOR), para o Módulo de Elasticidade (MOE), para a Ligação Interna (LI) e para o inchamento em espessura (IE-24 horas), de chapas de partículas, de acordo com a norma CS-236-66.....	95
TABELA 2 – Valores calculados para a densidade (g/cm^3) da madeira de <i>Eucalyptus pellita</i> ao teor de umidade de 12%.....	96

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estudar a viabilidade da utilização dos polifenóis (taninos) da madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham, como substituto parcial de resinas sintéticas à base de Fenol-Formaldeído e Uréia-Formaldeído. Foram testadas três formas de extração (água destilada, água/sulfito de sódio, água/carbonato de sódio) e dois níveis de modificação de resina sintética com o extrato da madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* (90:10 e 80:20). Foram avaliados o teor de sólidos, a densidade, a viscosidade e o tempo de formação de gel de soluções de extratos e das resinas modificadas. Chapas de partículas de madeira (aglomerado) foram fabricadas com as resinas modificadas e suas propriedades físicas e mecânicas foram avaliadas. As resinas obtidas com a substituição de até 20% de extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia* mostraram-se adequadas para a fabricação das chapas de partículas. Os resultados obtidos para Inchamento em Espessura (IE), Módulo de Ruptura (MOR), Módulo de Elasticidade (MOE) e Ligação Interna (LI) das chapas fabricadas mostraram-se de acordo com a norma comercial americana CS-236-66, utilizada para a avaliação da qualidade deste tipo de chapa.

ABSTRACT

The aim of this research was to study the viability of the utilization of the polyphenols (tannins) of the wood of *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham, as a modifier of synthetic resins based on Phenol-Formaldehyde and Urea-Formaldehyde. Three ways of extraction (water, water/sodium sulphate, water/sodium carbonate) and two levels of synthetic resins substitution with the wood extract of *Mimosa caesalpiniaefolia* were tested (90:10 ; 80:20). Amount of solids, density, viscosity and gel time of the extracts solutions and modified resins were evaluated. Particleboards were made with modified resins and their physical and mechanical properties were measured. Modified resins made with up to 20% substitution by the extracts from *Mimosa caesalpiniaefolia* showed to be suitable for particleboard production. Results for Thickness Swelling, Modulus of Elasticity and Modulus of Rupture on Static Bending and Internal Bond were in accordance with the Wood Particleboard Commercial Standard CS-236-66.

ZUSAMMENFASSUNG

Hauptziel dieser Arbeit war die Untersuchung der Nutzungsmöglichkeit der Polyphenole (Tannine) des Holzes von *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham als Modifizierungsmittel in Harnstoff-Formaldehydharzen (UF) und Phenol-Formaldehydharzen (PF). Es wurden drei Extraktionsformen (Wasser, Wasser/Natriumsulfit, Wasser/Natriumcarbonat) und zwei Mischungsverhältnisse (90:10; 80:20) getestet. Für die Extraktlösung sowie die modifizierten UF - und PF – Harze wurden der Feststoffgehalt, die Dichte, die Viskosität und die Gelierzeit bestimmt. Mit den modifizierten Harzen wurden Spanplatten hergestellt und ihre physikalisch-mechanischen Eigenschaften geprüft. Die Harze, denen bis zu 20% der Extrakte aus *Mimosa caesalpiniaefolia* zugesetzt wurde, erwiesen sich für die Herstellung von Spanplatten als geeignet. Die Werte für die Dickenquellung, Biegefestigkeit und Querzugfestigkeit der Platten stimmten mit der amerikanischen Norm CS-236-66 überein.

1. INTRODUÇÃO

Na fabricação de painéis de madeira são empregados, na maioria das vezes, adesivos sintéticos tais como Uréia-Formaldeído (UF), Melamina-Formaldeído (MF), Fenol-Formaldeído (FF) e Diisocianato, como também suas combinações. Adesivos minerais como cimento Portland, cimento magnésia e gesso são também empregados industrialmente. A colagem com matérias-primas vegetais como albumina ou caseína também é possível, mas alcançou até agora pouca importância prática.

Nos países em desenvolvimento o custo da cola é muito alto em relação ao custo total das chapas porque a maioria das matérias-primas para fabricação de adesivos é elaborada à base de produtos derivados do petróleo. Assim, pesquisas que visam a introduzir alterações na formulação dos adesivos sintéticos tais como Uréia-Formaldeído e Fenol-Formaldeído, são de relevada importância para a produção de painéis a um custo menor.

Na indústria de aglomerados dos países em desenvolvimento que não possuem indústria química própria, os custos de aquisição de resinas sintéticas podem representar até 40% dos custos totais (JUNG, 1988). Por essa razão, tornam-se necessárias, também, novas

pesquisas, a fim de se encontrar matérias-primas alternativas para a produção de adesivos. Nesse esforço estão em primeiro plano as resinas obtidas a partir de matérias-primas naturais.

Dentre os materiais pesquisados para substituir as resinas sintéticas, destaca-se o tanino, polifenol obtido de várias fontes renováveis, como por exemplo da casca de Acácia Negra (*Acacia mearnsii* De Wild), *Pinus radiata* e da madeira do cerne do Quebracho (*Schinopsis sp*), entre outras.

O emprego de tanino na fabricação de resinas é, desde 1950, objeto de várias pesquisas (DALTON, 1953; PLOMLEY et al., 1964). Entretanto, o uso do tanino não pôde estabelecer-se devido à concorrência dos adesivos sintéticos de alta qualidade. Com a crise do petróleo em 1973, houve um aumento considerável no preço dos adesivos e com isso surgiram novas pesquisas sobre a possibilidade de utilização de tanino como adesivo. Com os adesivos de Tanino-Formaldeído podem ser fabricadas chapas de madeira aglomerada com altas propriedades tecnológicas (ROFFAEL e DIX, 1994).

Na África do Sul, por exemplo, o emprego de tanino de Acácia Negra em colagem de madeira ocorre desde 1973. Em 1981 foram produzidas 100.000 toneladas de tanino da casca dessa planta e desta produção utilizou-se aproximadamente 10% na fabricação de colas (WEISSMANN e AYLA, 1982). Na indústria de compensado da Finlândia empregou-se cerca de 1000 toneladas/ano de tanino da madeira de Quebracho como agente endurecedor de resinas do tipo Fenol-Formaldeído (LONG, 1991).

Extratos da casca de *Pinus radiata* são utilizados industrialmente desde 1981 na Nova Zelândia em indústrias de painéis de madeira (JENKIN, 1982) e na Alemanha e

Argentina já é utilizado o tanino na produção de chapas MDF (Medium Density Fiberboard – Chapas de Fibras de Densidade Média) (ROFFAEL e DIX, 1994).

O emprego de polifenóis vegetais como adesivos pode ser de interesse em países como o Brasil, considerando-se que os produtos químicos fundamentais para a fabricação de resinas comerciais como Uréia-Formaldeído e Fenol-Formaldeído são relativamente caros. Por exemplo, o preço do metanol, matéria-prima primordial para a fabricação de formaldeído, costuma ser três vezes mais caro do que na Alemanha (ROFFAEL e DIX, 1989).

No Brasil são relativamente escassos os trabalhos envolvendo a utilização de tanino como adesivo (COPPENS, 1979; COPPENS et al., 1980; SANTANA et al., 1981).

Estudos preliminares (GONÇALVES e LELIS, 1999) realizados com a madeira de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaeefolia* Bentham), mostraram que a madeira desta espécie é rica em extrativos polifenólicos (taninos). A busca de um melhor aproveitamento da matéria-prima oriunda desta espécie levou à investigação do uso de sua madeira para a obtenção de tanino. O uso do tanino de Sabiá apresenta-se como uma nova possibilidade de aproveitamento desta espécie, ampliando dessa forma a sua utilização.

O principal objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade de utilização dos polifenóis extraídos da madeira de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaeefolia* Bentham) como substituto parcial em resinas à base de Uréia-Formaldeído (UF) e Fenol-Formaldeído (FF). Para isso, chapas de madeira aglomerada foram fabricadas com as resinas sintéticas modificadas com extractos da madeira e as suas propriedades físicas e mecânicas foram avaliadas. A meta era obter adesivos com viscosidade, durabilidade e poder de ligação que correspondessem às resinas comerciais UF e FF.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A espécie *Mimosa caesalpiniaeefolia* Bentham

A espécie denominada *Mimosa caesalpiniaeefolia* Bentham, da família Leguminosae e da subfamília Mimosoideae (JOLY, 1991), é uma árvore em geral de pequeno porte, que não alcança grandes diâmetros e na maioria das vezes apresenta-se em forma de touceiras. O nome popular mais conhecido desta espécie é Sabiá. O tronco é escuro, rugoso, freqüentemente irregular, e um corte transversal ao eixo de uma árvore adulta mostra o cerne bem distinto do alburno, apresentando cor rosa forte (Figuras 1, 2 e 3). Planta com acúleos e lactascente é capaz de fixar nitrogênio através da simbiose entre as suas raízes e as bactérias do gênero *Rhizobium*. Nativa do Maranhão e mais adaptada ao nordeste do Brasil, com maior índice de ocorrência no Ceará, a espécie se desenvolve bem no Estado do Rio de Janeiro; sua folhagem constitui forragem para o gado e a madeira apresenta alto poder calorífico (SOBRINHO, 1995). A espécie é considerada pioneira, característica de caatinga (LIMA, 1989) e suas flores são melíferas; a madeira é dura, compacta e de grande durabilidade mesmo quando exposta ao tempo ou enterrada, sendo apropriada para usos tais

como moirões, estacas, esteios (LORENZI, 1992) e apropriada para produção de carvão vegetal devido a algumas características associadas, como alta densidade básica e alto teor de lignina (GONÇALVES et al., 1999).



FIGURA 1: Exemplares de *Mimosa caesalpiniaefolia* (Sabiá), no Campus da UFRRJ.



FIGURA 2: Detalhe do tronco de *Mimosa Caesalpiniaefolia*.



FIGURA 3: Seção transversal do tronco de *Mimosa caesalpiniaefolia*.

Trabalhos publicados pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) recomendam esta espécie, junto com outras leguminosas arbóreas, para a recuperação de áreas degradadas principalmente tendo em vista a sua característica de produzir nódulos com bactérias fixadoras de nitrogênio e pelo seu vasto sistema radicular com capacidade de deslocar nutrientes das camadas mais profundas do solo para o horizonte superficial (CUNHA et al., 1988). Também é indicada como quebra-ventos no cerrado (GUIMARÃES et al., 1990) e considerada uma boa proteção como cerca viva tendo em vista, entre outras características, a sua resistência ao fogo (AUGUSTO, S. G. et al., 1995).

Em experimentos de campo com leguminosas noduladas e micorrizadas, realizados nas cidades de Seropédica e Pirai, no Estado do Rio de Janeiro, *Mimosa caesalpiniaefolia* foi testada, junto com outras espécies, na revegetação de solos degradados. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pelo rápido recobrimento do solo com folhas mortas e proteção das voçorocas com folhas e raízes (FRANCO et al., 1992). Também para reflorestamento de encostas foi testada, junto com outras espécies, proporcionando a redução de processos erosivos, desenvolvendo-se bem devido à sua rusticidade, boa deposição de matéria orgânica e crescimento rápido, entre outras características (SANTOS, 1991).

Experimentos preliminares feitos com cinco espécies da subfamília Mimosoideae (*Acacia mangium*, *Albizia guachapele*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Piptadenia gonoacantha* e *Samanea saman*) revelaram a presença de tanino na casca e na madeira (GONÇALVES e LELIS, 1999). O teor de tanino na madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* correspondeu a 8,5%.

Com base nos exemplos citados anteriormente, pode-se constatar que a espécie em questão é bastante conhecida silviculturalmente. O mesmo não se pode dizer com relação às características tecnológicas (físicas e químicas), em razão da escassez de informações.

2.2 Extrativos polifenólicos (taninos)

A palavra tanino comprehende as substâncias que têm como característica a combinação com proteínas da pele animal evitando a sua putrefação e convertendo-a em couro (GNAMM, 1933; EVANS, 1991). Trata-se de substâncias fenólicas que aparecem em quase todas as plantas superiores, em diferentes quantidades. São freqüentes nas famílias das Rosáceas, Leguminosas, Mirtáceas, Rubiáceas, Anacardiáceas, entre outras. Entre as leguminosas, a presença de tanino na sub-família Mimosoideae (*Mimosa*, *Albizia*, *Acacia*, *Piptadenia* e outras) é muito comum em todas as partes da planta (folha, fruto, casca e raiz) (METCALFE e CHALK, 1965). Os frutos de diferentes espécies do gênero *Terminalia* (chamados de Myrobalanes) da família Combretácea possuem aproximadamente 38% de polifenóis.

Em soluções aquosas, os polifenóis podem penetrar na pele formando pontes de hidrogênio com os colágenos. As pontes de hidrogênio são formadas entre os grupos polifenólicos dos taninos e os grupos “uréia” dos colágenos. A reação tânica provoca um endurecimento e um enrijecimento da fibra da pele. Além da ação tanante, os polifenóis apresentam um grande poder de ligação e podem condensar com formaldeído sob um determinado valor de pH, formando, desse modo, uma resina ou adesivo. Na África do Sul,

a utilização de taninos como matéria-prima para a produção de adesivos fenólicos atingiu escala industrial (PIZZI e SCHARFETTER, 1978).

Soluções de tanino têm ação dispersante e desfloculante, e são utilizadas para facilitar perfurações em poços de petróleo; também são utilizados na fabricação de pisos e azulejos, como quelantes de micronutrientes e seqüestrantes de O₂, no tratamento de água de caldeiras, além de utilização farmacológica (POSER e GOSMANN, 1990). Outras utilizações para o tanino são na clarificação de bebidas e em tinturaria; os compostos de cor escura obtidos com sais de ferro são usados na fabricação de tinta de escrever. Em medicamentos, a ação é antidiarréica e anti-hemorrágica com aplicação nos casos de catarros crônicos e nas conjuntivites (CASAMADA, 1968) mas absorvidos em grande quantidade podem provocar lesões hepáticas (CAMARA, 1967).

No tecido vivo do vegetal estão presentes sobretudo em soluções nos vacúolos. No processo de envelhecimento da célula, o tanino é absorvido na parede celular e no tecido morto, onde se acumula em quantidade considerável. Também em tecidos lesados patologicamente é alta a concentração de tanino o que demonstra a sua função de defesa e proteção do vegetal. Em razão do seu caráter adstringente, os taninos impedem o ataque de herbívoros às folhas e ao lenho (POSER e GOSMANN, 1990).

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. As madeiras das zonas temperadas possuem, de modo geral, pequenos teores de polifenóis. Porém, nos trópicos e subtrópicos, encontra-se com freqüência um número muito grande de espécies ricas em polifenóis. Na casca de *Picea abies* pode-se encontrar até 15% de tanino. Em algumas espécies provenientes de manguezais o teor de tanino na casca pode

chegar a 35% e no caso da madeira de Quebracho (*Schinopsis balansae* Engl.), o teor de tanino varia entre 30% e 35% (ROFFAEL e DIX, 1994). Os extractivos da madeira de Quebracho têm importância econômica na Argentina e no Paraguai, onde são obtidos do cerne de árvores com idade entre 80 e 120 anos que crescem na região do Chaco (LONG, 1991).

O gênero *Acacia* compreende um grande número de espécies ricas em taninos. A maioria das espécies é originária da Austrália; no Brasil a *Acácia mearnsii* (Acácia Negra) foi introduzida em 1928 e representa uma das grandes reservas de florestas homogêneas do Rio Grande do Sul (POSER e GOSMANN, 1990). A casca de Acácia Negra apresenta um teor médio de tanino de 35% e é utilizada principalmente no curtimento de peles.

De acordo com a natureza dos seus constituintes, os taninos classificam-se em hidrolisáveis e condensados (FREUNDENBERG, 1920). Os primeiros constituem-se em fenóis simples como o pirogalol, o ácido elágico na forma de dilactona e os ácidos gálico e digálico, esterificados com açúcares, que sofrem hidrólise ácida, alcalina ou enzimática. Como exemplos de taninos hidrolisáveis têm-se aqueles provenientes da madeira do Castanheiro (*Castanea sativa*) e do *Quercus suber*. A figura 4 mostra a estrutura de alguns componentes dos taninos hidrolisáveis.

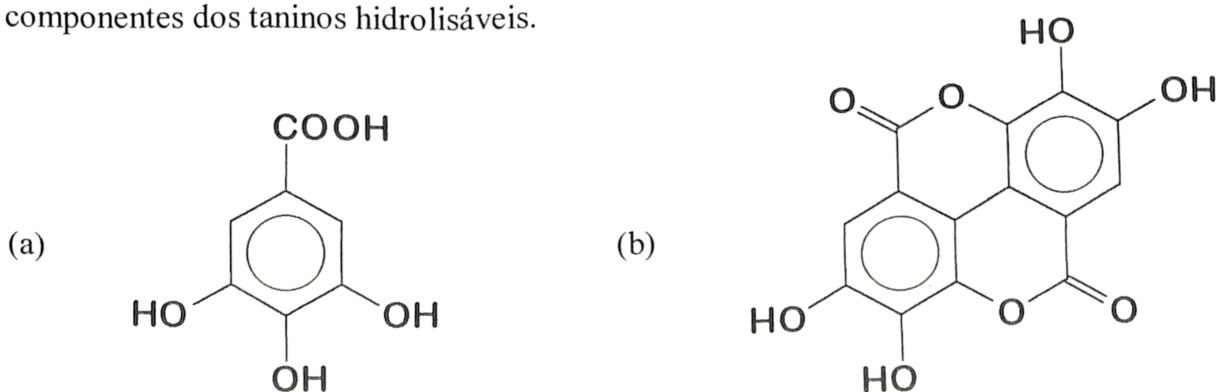
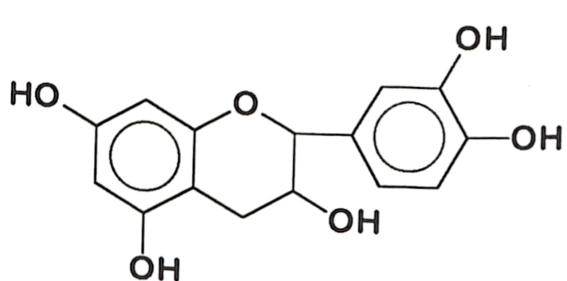
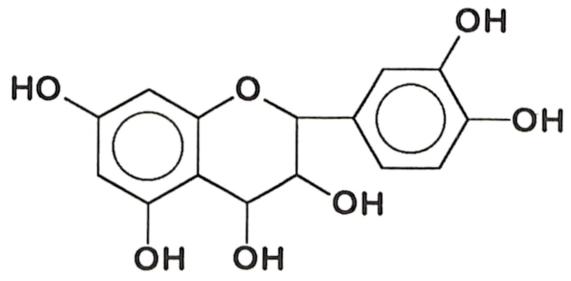


FIGURA 4: Estruturas de taninos hidrolisáveis: (a) Ácido gálico (b) Ácido elágico.

Os taninos não-hidrolisáveis ou condensados são formados por unidades de flavonóides, flavan 3-ol (Catequina) e flavan 3-4 diol (Leucoantocianidina), em vários graus de condensação (HASLAM, 1966). São estruturas que não sofrem hidrólise e a característica típica desse grupo é a precipitação dos mesmos com formaldeído e ácido clorídrico, segundo a metodologia de Stiasny (WISSING, 1955). A Figura 5 ilustra a estrutura de alguns componentes de taninos condensados. Os extrativos da casca das diferentes espécies de Acácia e da madeira do Quebracho são os mais importantes taninos condensados produzidos industrialmente.



(a)



(b)

FIGURA 5: Estruturas de taninos condensados: a) Flavan 3-OL b) Flavan 3-4-DIOL.

2.3 Chapas de Partículas

Chapa de partícula ou chapa de madeira aglomerada é um painel formado por madeira previamente picada, ou por resíduos de madeira, transformados em pequenas partículas com granulometria variada ou homogênea. A seguir, o material é secado, aglutinado, em geral com resinas sintéticas, e submetido a prensagem sob temperatura e tempo controlados. A tecnologia para a produção de chapas de partículas desenvolveu-se

na Europa para compensar a escassez de madeira e reduzir as perdas na indústria madeireira e na exploração florestal. No Brasil, a produção iniciou-se em 1966. Devido ao seu custo competitivo teve grande aceitação na indústria moveleira.

Uma das formas mais eficientes de fabricação de painéis desse tipo é o sistema de prensagem contínua que permite um aumento na produtividade, diminuição de mão-de-obra e possibilidade de produzir painéis em comprimentos variados (FONSECA, 1998). Aos painéis produzidos pode-se agregar diferentes acabamentos como lixamento, revestimento com Finish Foil ou com lâmina de papel impregnada com resina melamínica.

De acordo com VITAL (1979), entre os fatores que afetam a qualidade dos painéis estão: a espécie utilizada, a taxa de compressão (diretamente relacionada com a densificação do painel produzido), a geometria das partículas, o tipo de adesivo e a quantidade de adesivo utilizada.

A qualidade das chapas de partículas é verificada através de diferentes ensaios relativos a inchamento em espessura, tração perpendicular ao plano da chapa (ligação interna), flexão estática e arrancamento de parafusos, entre outros. De acordo com SZABO e GAUDERT (1978), o teste de ligação interna é o mais significativo para indicar a qualidade de uma chapa de partículas porque expressa o grau de adesão existente entre as partículas e indica a região mais fragilizada no interior da chapa.

No Brasil, cerca de 30% da produção de painéis de madeira referem-se a chapas de partículas e a produção brasileira vem crescendo continuamente desde 1975 (FAO, 1997). A última informação sobre a capacidade instalada para esse tipo de produto é 1.200.000 m³/ano (FONSECA, 1998). No mercado mundial a liderança é dos Estados Unidos com cerca de 24% do total produzido (dados de 1995).

2.4 Adesivos

As primeiras colas para madeira eram baseadas em produtos naturais como caseínas e fécula. Apesar de alguns adesivos naturais como caseínas formarem um adesivo de moderada resistência à água, não havia uma linha de adesivo verdadeiramente impermeável à água até o desenvolvimento das resinas sintéticas baseadas em petróleo a partir de 1930. Estes adesivos, conhecidos genericamente como Uréia, Melamina, Fenol, incrementaram enormemente a quantidade e variedade de produtos adesivos que puderam ser fabricados. Emulsões de resinas polivinílicas foram agregadas posteriormente aos adesivos sintéticos e na década de 80 surgiram os polímeros de Isocianato.

Na colagem de madeira e seus subprodutos são largamente utilizados os adesivos sintéticos, principalmente os de Uréia-Formaldeído e Fenol-Formaldeído. Uma das vantagens do adesivo fenólico decorre da sua resistência à ação da umidade sendo dessa forma recomendado para a colagem de produtos expostos ao ambiente. O adesivo uréico, por sua vez, tem um custo mais baixo mas apresenta a desvantagem de liberar formaldeído para o ambiente, quando em presença de umidade (MOSLEMI, 1974).

2.4.1 Resina Uréia-Formaldeído (UF)

A matéria-prima usada na produção (Uréia e Formaldeído) não contém benzeno ou componentes aromáticos. Como resultado, estas resinas apresentam baixo custo quando comparadas com a maioria das emulsões e outras resinas sintéticas. As resinas de Uréia-Formaldeído são condensadas através da ação de catalisadores ácidos e na presença de

calor. Na sua forma final, são consideradas como polímeros de articulação altamente cruzada, rígidos e de aspecto cristalino (Figura 6). São fabricados somente pré-condensados possibilitando um maior tempo de armazenamento da solução e garantindo a condensação final durante a prensagem.

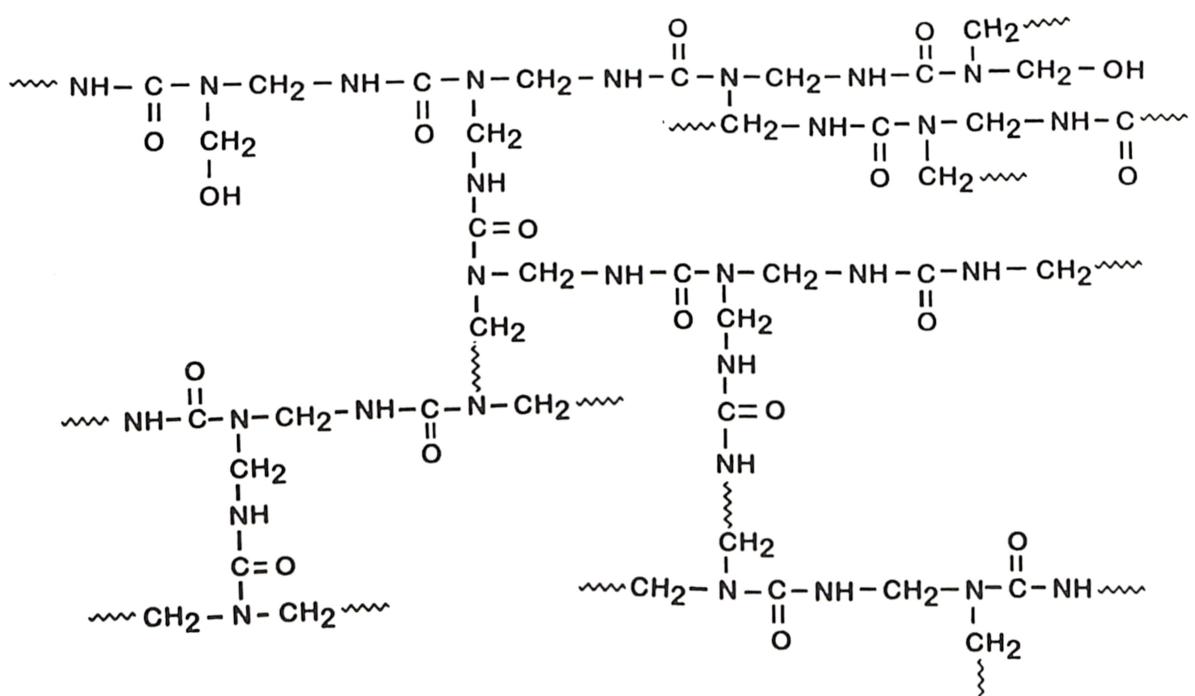


FIGURA 6: Modelo de uma resina Uréia-Formaldeído segundo Vollmert, 1980; citado por ROFFAEL (1982).

O formaldeído necessário na condensação final também não se encontra totalmente condensado na resina. Existe na solução de pré-condensados uma pequena quantidade de formaldeído. Este formaldeído será liberado durante a prensagem das chapas. Essa emissão de formaldeído é determinada pela relação molar Uréia:Formaldeído. No início da fabricação de chapas utilizou-se resinas com relação molar de 1:1,6 a 1:2,0. No começo

da década de 80 reduziu-se a relação molar até 1:1,15 diminuindo, assim, o potencial de emissão de formaldeído. Porém, a ligação de resinas UF com baixa relação molar é reduzida, afetando as propriedades tecnológicas das chapas. Para superar esta desvantagem adicionou-se à resina UF, resina à base de melamina. Devido à sua versatilidade e baixo custo são amplamente usadas na produção de chapas de partículas, tanto de madeira de coníferas (softwood) como de folhosas (hardwood). Porém, as resinas UF não são resistentes à umidade; à 60° C e 60% de umidade relativa já se inicia a degradação da resina. Portanto, os painéis fabricados com resinas UF são indicados para locais com umidade relativa baixa ou seja, ambientes interiores (SELLERS et al., 1995).

Os adesivos de Uréia-Formaldeído são os preferidos na indústria de produtos de madeira. Mais de 85% das chapas aglomeradas no mundo todo são fabricadas com resinas à base de Uréia-Formaldeído. Entretanto, devido à possível toxidez do formaldeído, restrições vêm sendo impostas à utilização dos adesivos uréicos em produtos de madeira para interiores (SCHROEDER e THOMPSON, 1990).

2.4.2 Resina Fenol-Formaldeído (FF)

A resina Fenol-Formaldeído (FF) é derivada do benzeno, que por sua vez se origina da destilação do petróleo. Estes polímeros vêm sendo empregados na colagem de produtos estruturais de madeira adequados para uso exterior.

A resina Fenol-Formaldeído (FF) é fabricada através da condensação de formaldeído com fenol. Assim, há o surgimento de pontes de metileno e metileno-éter formando macromoléculas tridimensionais de elevada estabilidade frente à hidrólise

(Figura 7). A condensação do fenol com formaldeído acontece na presença de NaOH. Através da adição de álcali, o pré-condensado torna-se bastante solúvel em água. Além disso um alto teor de álcali atua positivamente sobre a estabilidade da resina durante o armazenamento.

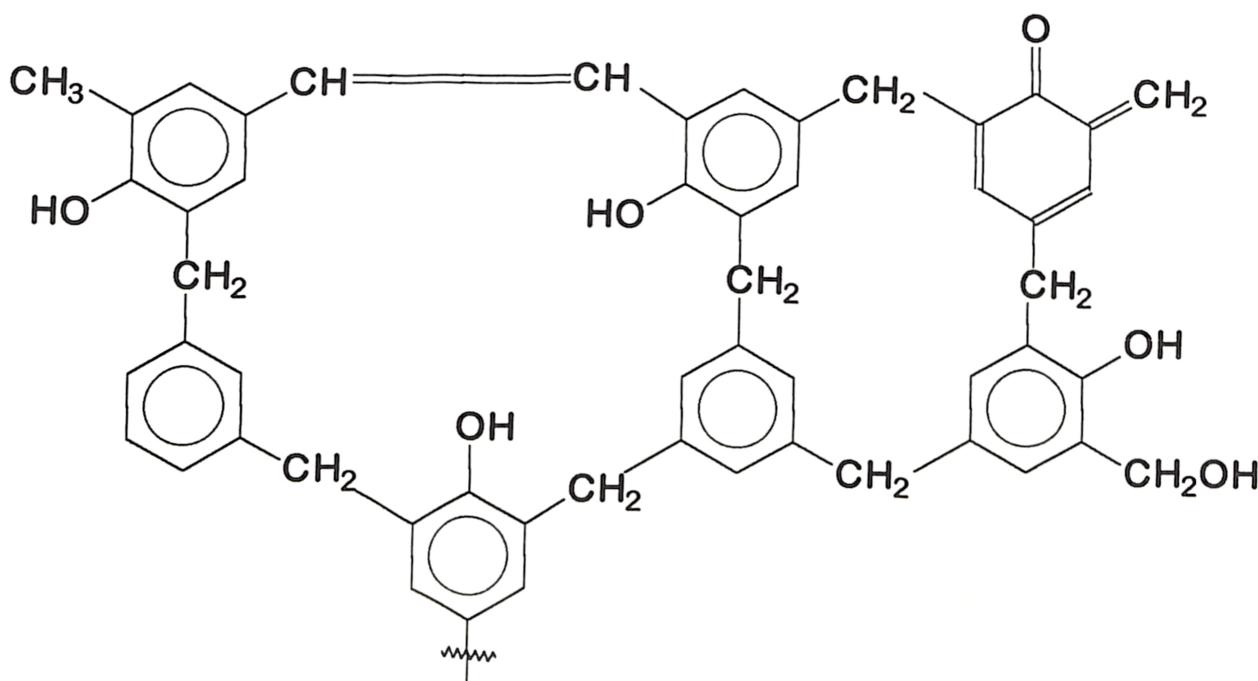


FIGURA 7: Estrutura da ligação Fenol-Formaldeído (DIX e MARUTZKY, 1982).

Em geral, o teor de álcali em resina fenólica empregada na confecção de chapas varia de 5 a 13% (ROFFAEL, 1982). Um alto teor de álcali na resina influencia negativamente as propriedades das chapas fabricadas, uma vez que o hidróxido de sódio é muito higroscópico. Os painéis de madeira fabricados com a resina FF não apresentam o problema de emissão de formaldeído. Maiores informações sobre as resinas fenólicas podem ser encontradas nos trabalhos de ROFFAEL et al., (1988) assim como ROFFAEL e DIX (1991).

2.4.3 Polifenóis naturais (taninos) como fonte de adesivo (Resina Tanino-Formaldeído -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 80 o interesse no emprego de polifenóis naturais (taninos) como adesivos em chapas 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 e ROFFAEL, 1991). 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 (Figura 8). Com as resinas à base de Tanino-Formaldeído (TF) podem ser fabricadas chapas de madeira aglomerada com boas propriedades tecnológicas (ROFFAEL e DIX, 1994) e pode-se conseguir uma colagem resistente à umidade. Dessa forma, é possível o emprego do painel fabricado com tanino em áreas exteriores.

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 e MARUTZKY, 1982).

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, isto é, a precipitação dos taninos do tipo flavanol através de condensação com formaldeído em meio ácido.

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 e MARUTZKY, 1987).

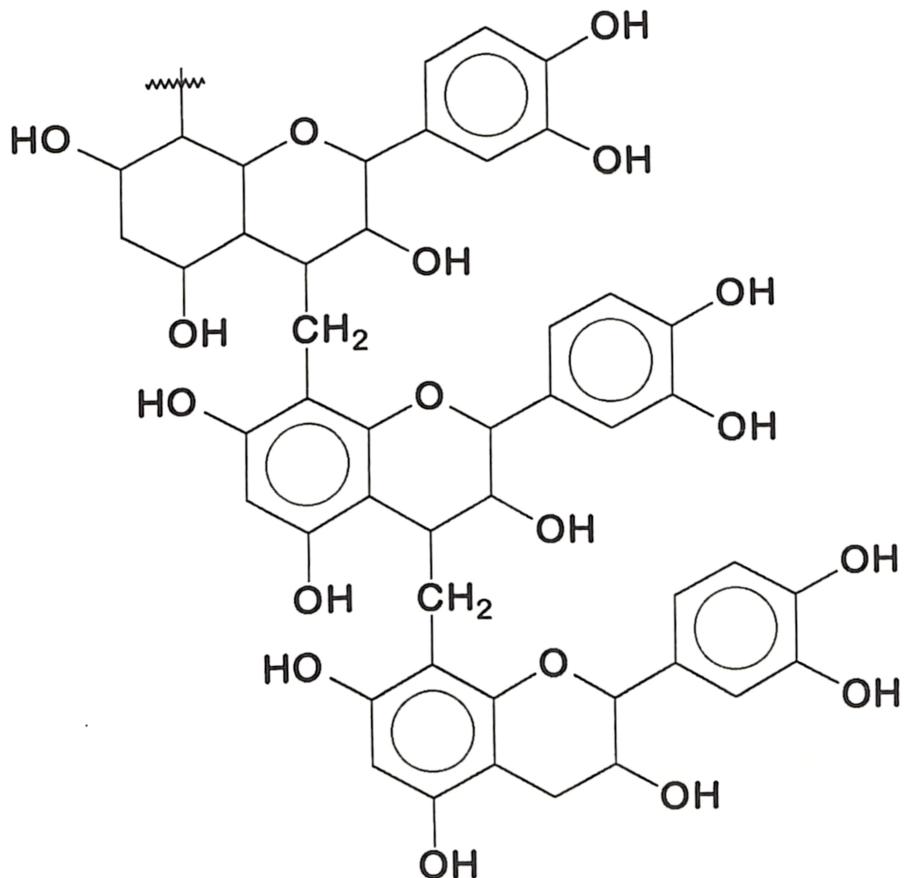


FIGURA 8: Estrutura da ligação Tanino-Formaldeído (TF).

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.

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.

Adesivos à base de taninos não modificados quase não são empregados. As moléculas de tanino reagem tão rapidamente com o formaldeído que logo depois de uma baixa condensação elas não se movimentam 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:

- 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 chapas 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.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e preparação da madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia*

A madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* é oriunda de um talhão de 14m x 150m, com 7 anos de idade, localizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na cidade de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro. O talhão foi plantado com espaçamento 1,5 m x 3,5 m, totalizando 2100 m². O plantio foi feito por mudas inoculadas com rizóbio e o talhão recebeu apenas adubação inicial à base de fósforo e potássio, tendo sido constituído para estudo de bifurcações, comuns nessa espécie. Do talhão foram coletados ramos, folhas, flores, casca e frutos para confecção de exsicata e a mesma foi enviada para o Herbário do Departamento de Botânica do Instituto de Biologia da UFRRJ (RBR), onde se encontra registrada sob o nº 4286.

A grande maioria das árvores deste talhão era formada por árvores bifurcadas, em geral desde a sua base. Seis árvores foram sorteadas e cortadas e em cada árvore sorteada foi amostrado o tronco mais grosso. O fuste comercial foi considerado até o diâmetro final

de aproximadamente 5 a 6 cm e os valores dos diâmetros à altura do peito (DAP) foram inferiores a 15 cm.

Os fustes obtidos foram fragmentados em 4 toretes e de cada fuste foram retirados 10 discos com aproximadamente 2 cm de espessura, sendo dois discos a cada uma das posições relativas a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do comprimento total do fuste, totalizando 60 discos, sendo 30 destinados às determinações da densidade básica e 30 destinados à determinação relativa ao percentual alburno-cerne. Cada torete teve seu volume (sem casca) determinado pela expressão $V = \pi H(d^2 + D^2) / 8$ (Expressão elaborada a partir da fórmula de Smallian), onde d e D são os diâmetros inferior e superior da parte considerada e H a altura correspondente. Após identificados, os 60 discos e 24 toretes foram enviados para o Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para análises e demais procedimentos.

3.2 Determinação da densidade básica da madeira de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Cada um dos trinta discos destinados à determinação da densidade básica da madeira teve a casca retirada e foi fragmentado radialmente em 8 partes, sendo que seis dessas partes constituíram as 180 amostras para a determinação da densidade básica da madeira. Inicialmente, as amostras foram mergulhadas em água durante oito dias para a completa saturação. Na etapa seguinte, um Becker com água destilada foi colocado sobre uma balança e o volume saturado foi determinado por imersão. A seguir, as amostras foram colocadas em estufa à temperatura de $105^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$, até completa secagem. A densidade

básica de cada amostra foi determinada pela expressão: $D_B = M_S / V_{SAT}$, sendo D_B a densidade básica, M_S a massa da amostra seca em estufa e V_{SAT} o volume da amostra saturada em água. Para cada disco foi determinada a densidade básica a partir da média aritmética dos seis valores obtidos das amostras. A seguir, foi determinada a densidade básica média ponderada de cada fuste, utilizando-se como fator de ponderamento o volume sem casca de cada uma das quatro partes em que foi dividido o fuste. Os procedimentos utilizados para a determinação da densidade básica e da densidade básica média ponderada foram anteriormente descritos por VITAL (1984).

3.3 Determinação da proporção alburno-cerne de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Para a determinação do percentual entre alburno e cerne, os 30 discos sem casca destinados a essa determinação (ver item 3.1), foram inicialmente lixados e colocados em estufa a 60° C por cerca de 12 horas, para secagem prévia e melhor distinção do cerne.

Utilizou-se papel vegetal para a avaliação da proporção alburno-cerne, traçando-se com caneta bem fina, o contorno externo de cada disco e recortando-o com tesoura. Tomando-se como base a relação existente entre a área do papel vegetal e a sua massa determinada em balança de precisão, (para isso foram pesadas várias folhas de papel vegetal com área conhecida e calculada a relação área/massa), calculou-se, por regra de três, a área da seção reta do disco, que corresponde à soma alburno + cerne. Em seguida, repetiu-se o procedimento traçando-se o contorno do cerne. Determinou-se desse modo a área correspondente ao cerne e, por diferença, a área do alburno. Desse modo, obteve-se para cada disco, a proporção alburno-cerne.

Para a avaliação dos volumes de alburno e cerne correspondentes a cada torete, calculou-se o volume total do torete (V_T) e o volume de cerne (V_C) através das expressões $V_T = (A_1 + A_2) H / 2$ e $V_C = (a_1 + a_2) H / 2$ onde A_1 e A_2 são as áreas totais dos discos inferior e superior, a_1 e a_2 são as áreas dos cernes correspondentes e H é a altura do torete. O volume de alburno, para cada torete, foi calculado por diferença. A partir dos volumes de alburno e cerne dos toretes foram avaliados os volumes de alburno e cerne das seis árvores amostradas.

3.4 Determinação do teor de polifenóis em extratos aquosos obtidos por refluxo sob adição de diferentes produtos químicos

A fim de se avaliar a melhor forma de extração dos polifenóis foram elaborados 17 tratamentos, utilizando-se água destilada, carbonato de sódio (Na_2CO_3), sulfito de sódio (Na_2SO_3), etanol, e hidróxido de sódio ($NaOH$) de acordo com a discriminação abaixo:

T1: Extração com 100 ml de água destilada.

T2: Extração com 100 ml de água destilada + 0,2% de Na_2CO_3 .

T3: Extração com 100 ml de água destilada + 0,5% de Na_2CO_3 .

T4: Extração com 100 ml de água destilada + 1,0% de Na_2CO_3 .

T5: Extração com 100 ml de água destilada + 5,0% de Na_2CO_3 .

T6: Extração com 100 ml de água destilada + 0,2% de Na_2SO_3 .

T7: Extração com 100 ml de água destilada + 0,5% de Na_2SO_3 .

T8: Extração com 100 ml de água destilada + 1,0% de Na_2SO_3 .

T9: Extração com 100 mililitros de água destilada + 5,0% de Na₂SO₃.

T10: Extração com 40 ml de água destilada + 60 ml de etanol.

T11: Extração com 40 ml de água destilada + 60 ml de etanol + 1,0% de NaOH.

T12: Extração com 40 ml de água destilada + 60 ml de etanol + 2,0% de NaOH.

T13: Extração com 40 ml de água destilada + 60 ml de etanol + 3,0% de NaOH.

T14: Extração com 100 ml de água destilada + 0,5% de NaOH.

T15: Extração com 100 ml de água destilada + 1,0% de NaOH.

T16: Extração com 100 ml de água destilada + 2,0% de NaOH.

T17: Extração com 100 ml de água destilada + 3,0% de NaOH.

Em todos os tratamentos acima os percentuais dos reagentes Na₂CO₃, Na₂SO₃ e

NaOH, incidem sobre a massa de madeira (base seca) colocada em refluxo.

Para cada tratamento utilizou-se 5,0 g de madeira, sendo que o material foi extraído sob refluxo por um período de 2 horas (LELIS, 1995).

Após cada extração foram separadas uma alíquota de 50 ml para a determinação dos taninos condensáveis através da reação de Stiasny (WISSING, 1955; DIX e MARUTZKY, 1983) e uma alíquota de 25 ml para a determinação do teor de extrativos. A alíquota de 25 ml foi colocada em estufa para a determinação da massa de extrativos totais e à alíquota de 50 ml foram adicionados 5 ml de ácido clorídrico fumegante e 10 ml de formaldeído. Esse material foi então colocado em refluxo por 30 minutos sendo a seguir filtrado e lavado com água quente em cadinho filtrante previamente tarado. O resíduo (tanino) foi colocado em estufa a 105° C ± 3° C até a obtenção de peso constante. O percentual de tanino condensado

contido nos extractivos totais (Número de Stiasny) foi determinado pela razão entre a massa de tanino e a massa dos extractivos totais extrapolada para 50 ml e o resultado convertido em porcentagem. Para a obtenção do percentual de tanino na madeira multiplicou-se o Número de Stiasny pelo teor de extractivos totais determinado e converteu-se o resultado em porcentagem. Foram feitas três repetições de cada tratamento e foi calculada a média das três repetições.

3.5 Determinação do teor de polifenóis na madeira do alburno e do cerne

Duas partes (cunhas) de cada um dos 30 discos selecionados para a determinação da densidade básica (ver item 3.1), tiveram o alburno separado do cerne e os mesmos foram fragmentados em moinho de martelo para obtenção de partículas. A determinação do teor de polifenóis seguiu a metodologia descrita acima. O objetivo foi verificar a distribuição dos taninos no lenho da madeira. Foram feitas três repetições para cada parte do lenho (alburno e cerne) e calculada a média das três determinações.

3.6 Obtenção do extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia* em autoclave

O objetivo da extração em autoclave foi obter extractos em quantidades suficientes para as modificações das resinas sintéticas. Com base nos resultados obtidos com os 17 tratamentos (item 3.4), optou-se por escolher três tratamentos. A extração com água pura serviu como testemunha e as outras duas formas de extração foram escolhidas com base nos maiores valores de taninos condensáveis encontrados nas amostras.

Inicialmente, os 24 toretes de madeira foram picados, reduzidos a cavacos e transformados em partículas no moinho de martelos com malha de 1,0 cm. A extração foi feita em um autoclave elétrico rotativo de 3 rpm (Figura 9), com capacidade volumétrica para 20 litros e tampa dotada de manômetro e termômetro, do Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Produtos Florestais (Instituto de Florestas), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

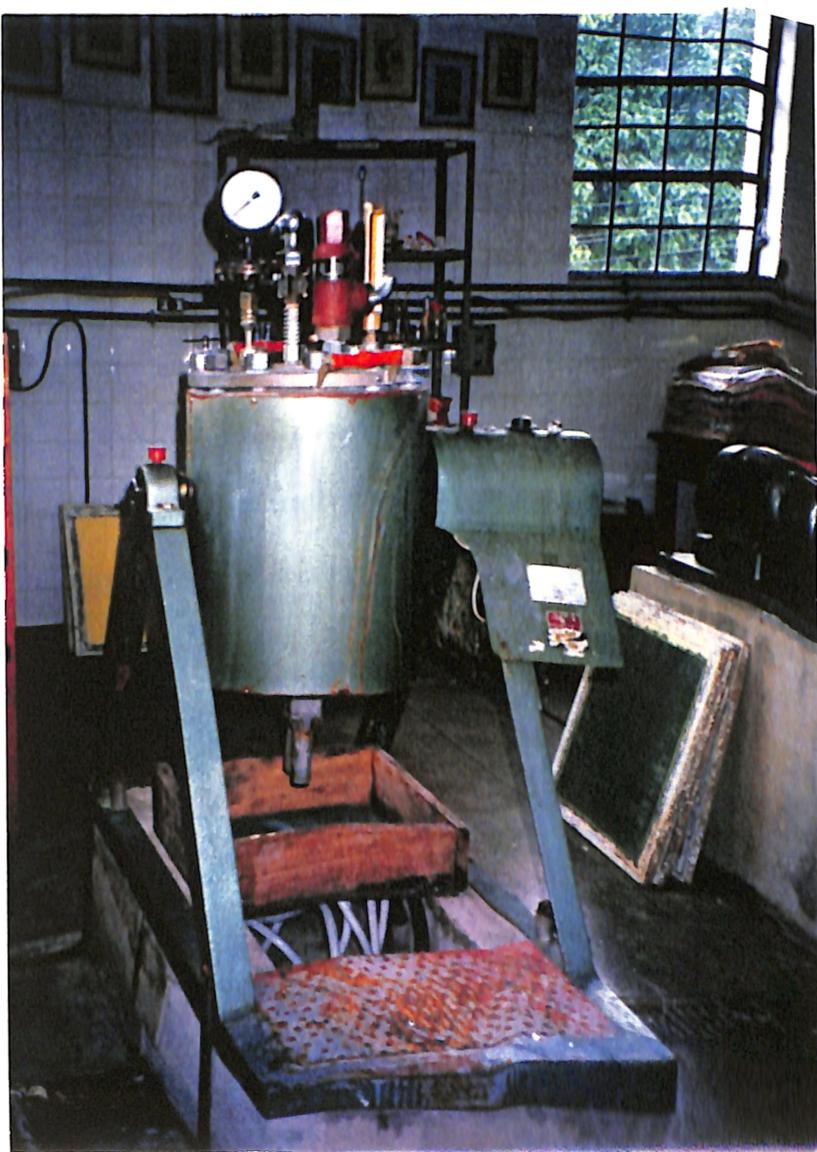


FIGURA 9: Autoclave utilizado para a obtenção dos extratos de *Mimosa caesalpiniaefolia*.

A extração foi feita por 2 horas a uma temperatura de 80° C. A cada extração utilizou-se 2 kg de material (base seca) e 12 litros de água destilada. As três modalidades de extração escolhidas constituíram três tratamentos:

T1: Extração com água destilada.

T2: Extração com água destilada acrescida de 10,0 g de sulfito de sódio (0,5% em relação à massa seca de madeira).

T3: Extração com água destilada acrescida de 10,0 g de carbonato de sódio (0,5% em relação à massa seca de madeira).

Após cada extração a solução foi coada e parte da água foi vaporizada em panelas de alumínio colocadas em fogão a gás por aproximadamente 3 horas. A seguir, o extrato concentrado foi vertido em bandejas de vidro e posto em estufa a 105° C ± 3° C até a completa secagem. O material foi pesado e o percentual de extrativo foi determinado pela razão entre a massa seca do extrativo e a massa seca de madeira processada em cada extração e o resultado foi expresso em porcentagem.

3.7 Determinação das propriedades físicas e químicas dos extratos

Dos extratos obtidos em autoclave, obteve-se amostras para a determinação das propriedades químicas relevantes para os objetivos pretendidos com esse trabalho. As determinações de viscosidade foram feitas no Laboratório de Painéis de Madeira e as demais determinações foram feitas no Laboratório de Química da Madeira, ambos do

Departamento de Produtos Florestais (Instituto de Florestas), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

3.7.1 Viscosidade

A viscosidade dos extratos obtidos foi determinada utilizando-se o viscosímetro Rheo Viskometer (Haake Medingen). Para isso, empregou-se uma solução de extrato a 40% (base seca). Determinou-se a densidade da solução utilizando-se uma balança de precisão e um recipiente de volume conhecido. Ajustou-se o aparelho à densidade encontrada e determinou-se a viscosidade do extrato em centipoises. Foram feitas 3 repetições e determinada a média aritmética dos resultados obtidos.

3.7.2 Teor de Polifenóis (Reação de Stiasny)

Tomou-se 0,25 g de extrato (base seca) e diluiu-se em 50 ml de água destilada. Adicionando-se em seguida 5 ml de ácido clorídrico fumegante e 10 ml de formaldeído. Manteve-se em refluxo por 30 minutos. Ao final filtrou-se e lavou-se o material com água destilada e determinou-se a massa de tanino após a secagem em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. O percentual de taninos condensados (Número de Stiasny) foi calculado dividindo-se a massa de tanino pela massa seca de extrato colocada em refluxo, e o resultado foi expresso em porcentagem. Foram feitas três repetições e foi determinada a média dos resultados.

3.7.3 Solubilidade

Adicionou-se 5,0 g de extrato (base seca), a 1 litro de água destilada quente (temperatura de 50° C). A seguir a solução foi homogeneizada e filtrada. Utilizou-se cadrinho filtrante (previamente tarado), de porosidade nº 3, para reter o resíduo não solubilizado. Ao final, colocou-se o cadrinho com o resíduo em estufa a 105° C ± 3° C até a obtenção de massa constante. A solubilidade do extrato em água destilada foi determinada pela expressão: $S(\%) = 100 \cdot (M_E - M_R) / M_E$, sendo S a solubilidade, M_E a massa do extrativo (5,0 g) e M_R a massa do resíduo. Foram feitas três repetições e foi calculada a média das três determinações.

3.7.4 Tempo de formação de gel

A 15 ml de uma solução de extrato a 40% adicionou-se uma solução de formaldeído a 37% na proporção de 20% sobre a massa de sólidos contidos na solução de extrato. O teor de sólidos foi obtido colocando-se uma amostra da solução de extrato a 40% em estufa a 105° C ± 3° C. O procedimento será descrito no item 3.8.1. Após a homogeneização, colocou-se a solução em um tubo de ensaio e manteve-se em banho-maria a 90° C mexendo-se continuamente. O tempo decorrido entre a adição do preparado endurecedor e a obtenção do estado de gel forneceu o tempo de gelatinização. Foram feitas três repetições e a média dos três resultados obtidos foi calculada.

3.7.5 pH

O pH das soluções de extrato a 40% foi determinado pela utilização de pH-metro a 20º C.

3.8 Determinação das propriedades das resinas sintéticas e das resinas modificadas com os extratos

Foram determinadas as propriedades das resinas sintéticas Uréia-Formaldeído (PB-2346) e Fenol-Formaldeído (HL-2080) bem como as propriedades das resinas modificadas com os extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia*. As resinas sintéticas foram fornecidas pela empresa ALBA QUÍMICA. As modificações das resinas sintéticas foram feitas pela substituição de parte da resina por extractos oriundos das três modalidades de extração, conforme discriminado no item 3.6. Na modificação das resinas sintéticas empregou-se uma solução de extrato a 40%.

3.8.1 Teor de sólidos

O conteúdo de resina mencionado nos planos experimentais refere-se aos sólidos totais nelas contidos ou seja, o resíduo seco do adesivo após secagem em estufa na qual se evaporaram as substâncias voláteis (MACIEL et al., 1996). Inicialmente, separou-se uma amostra da resina modificada e verificou-se sua massa em balança de precisão. A seguir, a amostra foi colocada em estufa a 105º C ± 3º C até obtenção de peso constante. O teor de

sólidos foi obtido dividindo-se a massa seca obtida após a secagem em estufa pela massa inicial e o resultado foi expresso em porcentagem. O mesmo procedimento foi utilizado para a determinação do teor de sólidos das resinas sintéticas UF e FF. Foram feitas três repetições para cada uma das formulações e foi calculada a média aritmética das determinações.

3.8.2 Viscosidade

A viscosidade das resinas sintéticas UF e FF e das resinas modificadas com os diferentes extratos foi determinada utilizando-se o Viscosímetro Rheo-Viskometer (veja item 3.7.1). Os resultados foram expressos em centipoises. Foram feitas 3 repetições para cada resina e foi calculada a média aritmética das determinações.

3.8.3 Tempo de formação de gel

O tempo de formação de gel está associado à velocidade de formação das ligações tridimensionais que transformam a resina em uma estrutura rígida. Após a determinação dos respectivos teores de sólidos das resinas sintéticas e das resinas modificadas com os extratos, separou-se uma amostra de aproximadamente 15 ml e adicionou-se o catalisador de acordo com a seguinte formulação:
a) Para a resina Uréia-Formaldeído (UF) e suas modificações adicionou-se 2% de uma solução de sulfato de amônia a 24%, sobre a massa total de sólidos da resina.

- b) Para a resina Fenol-Formaldeído (FF) e suas modificações adicionou-se 6% de uma solução de carbonato de potássio a 60%, sobre a massa total de sólidos da resina.

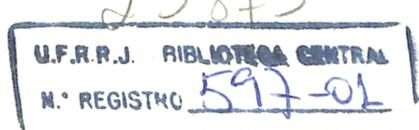
Após a homogeneização, a mistura foi colocada em banho-maria a 90º C e mexeu-se continuamente utilizando-se bastão de vidro. Ocorrendo a gelatinização da mistura, anotou-se o tempo decorrido. Em todas as determinações foram feitas três repetições e calculou-se a média aritmética dos resultados obtidos. A determinação do tempo de formação de gel seguiu a orientação de BRITO (1995).

3.9 Fabricação de chapas de madeira aglomerada

Foram fabricadas chapas de madeira aglomerada com as resinas sintéticas e com as resinas modificadas com a finalidade de avaliar a qualidade dos adesivos modificados. As principais etapas na confecção das chapas foram a coleta da madeira, preparação das partículas, determinação da umidade, cálculo da densidade e fabricação das chapas.

3.9.1 Origem e preparo da madeira

A espécie escolhida para a confecção das chapas de madeira aglomerada foi *Eucalyptus pellita*, coletada num talhão pertencente à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Galhos, folhas e frutos foram coletados constituindo a exsicata que se encontra registrada sob o nº EFC-8916 no Herbário da Escola de Florestas da Universidade Federal do Paraná. Três árvores com 8 anos de idade foram derrubadas.



Os toretes foram posteriormente reduzidos a discos e estes a cavacos, sendo então transformados em partículas em moinho de martelo. As partículas foram classificados em peneiras vibratórias sendo utilizadas aquelas que passaram pela peneira de 4,37 mm e ficaram retidas na peneira de 0,61 mm. As partículas foram colocadas para secar ao ar e a umidade foi determinada ao final de 14 dias.

3.9.2 Condições de fabricação das chapas

Aplicou-se o adesivo às partículas por aspersão, através de uma pistola pneumática, dentro de um tambor rotativo (Figura 10).

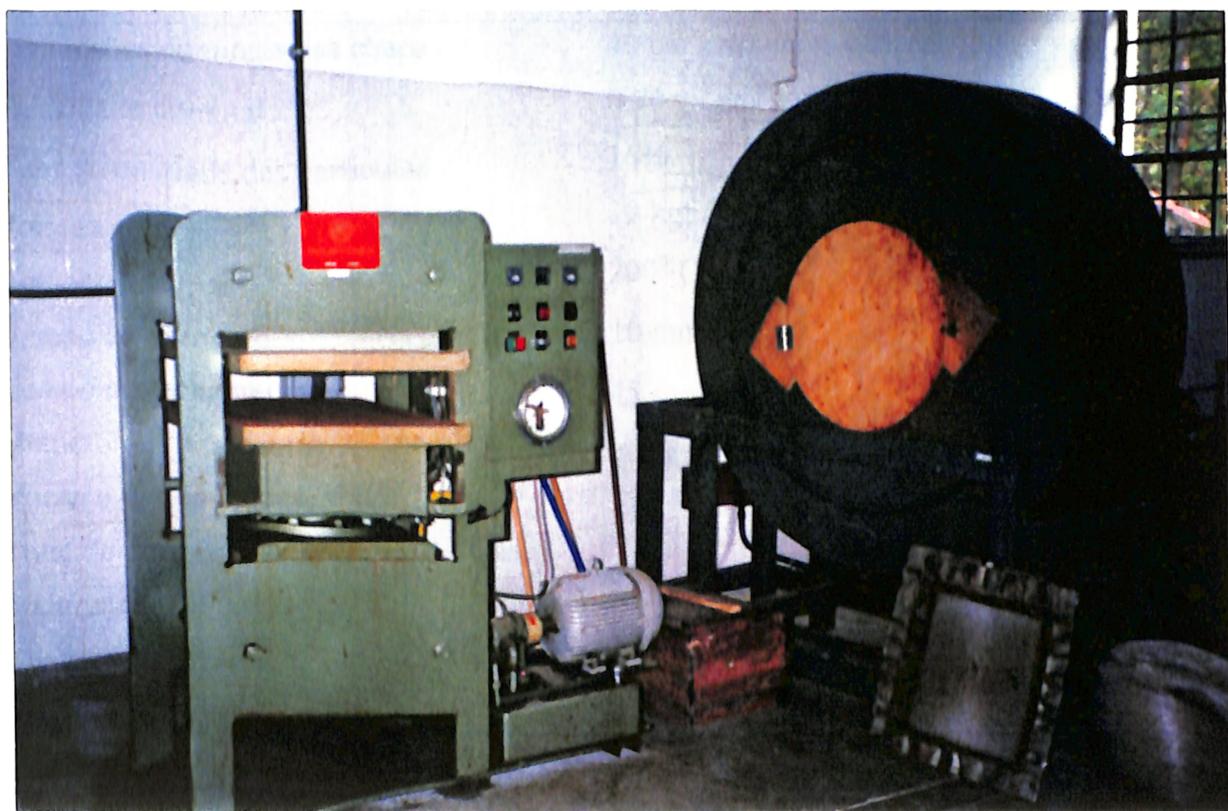


FIGURA 10: Prensa hidráulica e tambor rotativo utilizados na confecção das chapas de madeira aglomerada

As partículas foram distribuídas aleatoriamente em uma caixa formadora com base de 40 cm x 40 cm e altura de 30 cm e realizou-se uma pré-prensagem. O colchão formado foi colocado entre dois batentes de aço de 1,27 cm de espessura e nas faces inferior e superior foram postas duas chapas planas de alumínio. A seguir o conjunto foi colocado entre os pratos da prensa hidráulica (veja Figura 10).

A metodologia utilizada para a confecção das chapas foi baseada em BRITO (1995) e os planos experimentais para as diferentes combinações de resinas sintéticas e extratos e a descrição dos tratamentos são apresentados nos Quadros 1, 2 e 3.

QUADRO 1: Plano experimental para as chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações

Dimensões nominais das chapas:	40 cm x 40 cm x 1,27 cm
Densidade nominal:	0,70 g / cm ³
Teor de umidade das partículas:	15%
Pressão:	30 kgf / cm ²
Temperatura:	200° C
Tempo de prensagem:	10 min
Tempo de fechamento:	45 s
Número de tratamentos:	7
Número de repetições:	5
Total de chapas:	35
Endurecedor: Solução de K ₂ CO ₃ a 60%	6% sobre o total de sólidos da resina
Conteúdo da resina:	10% sobre o total de partículas (base seca)

QUADRO 2: Plano experimental para as chapas fabricadas com resina UF e suas modificações

Dimensões nominais das chapas:	40 cm x 40 cm x 1,27 cm
Densidade nominal:	0,70 g / cm ³
Teor de umidade das partículas:	15%
Temperatura:	170º C
Pressão:	30 kgf / cm ²
Tempo de fechamento:	45 s
Tempo de prensagem:	9 minutos
Número de Tratamentos:	7
Número de repetições:	5
Total de chapas:	35
Endurecedor: Solução de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a 24%	2% sobre o total de sólidos da resina
Conteúdo de resina:	10% sobre a massa das partículas (base seca)

QUADRO 3: Descrição dos tratamentos

Resina	Tratamento	Forma de extração	% solução de extrato a 40%	% resina sintética
F F	T1 (Testemunha)	-	-	100%
	T2	Água	10%	90%
	T3	Água	20%	80%
	T4	Sulfito de sódio	10%	90%
	T5	Sulfito de sódio	20%	80%
	T6	Carbonato de sódio	10%	90%
	T7	Carbonato de sódio	20%	80%
U F	T8 (Testemunha)	-	-	100%
	T9	Água	10%	90%
	T10	Água	20%	80%
	T11	Sulfito de sódio	10%	90%
	T12	Sulfito de sódio	20%	80%
	T13	Carbonato de sódio	10%	90%
	T14	Carbonato de sódio	20%	80%

Após a prensagem, as chapas foram colocadas em sala climatizada onde permaneceram por 21 dias à temperatura de 20º C ± 1º C e à umidade relativa de 65% ± 2%. Após o condicionamento, foram então recortados os corpos-de-prova para os diferentes ensaios estabelecidos neste trabalho.

A análise estatística utilizada foi a covariância para o delineamento inteiramente casualizado, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste “F”. O objetivo da análise da covariância é ajustar, se necessário, os valores das propriedades em torno de uma densidade média, uma vez que existe dificuldade de um controle rigoroso da densidade das chapas durante sua produção.

3.10 Determinação das propriedades físicas e mecânicas das chapas

Os corpos de prova para os diferentes ensaios foram recortados das chapas de acordo com a norma da American Society for Testing and Materials (ASTM, 1982). As dimensões dos corpos de prova foram as seguintes:

- a) Para ensaios de flexão estática: 35,5 cm x 7,5 cm x 1,27 cm.
- b) Para ensaios de inchamento e absorção em água: 15 cm x 15 cm x 1,27 cm.
- c) Para ensaios de tração perpendicular ao plano da chapa: 5,0 cm x 5,0 cm x 1,27 cm.

A figura 11 apresenta a disposição de corte das amostras para os ensaios.

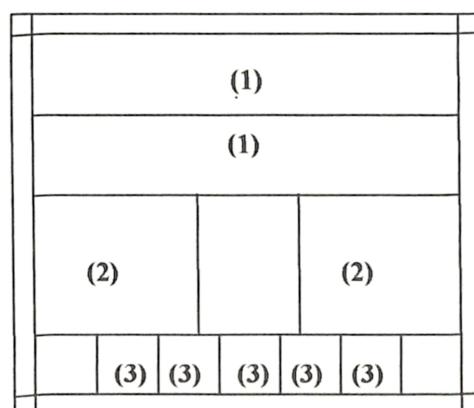


FIGURA 11: Disposição dos corpos-de-prova nas chapas: (1) Flexão estática; (2) Inchamento e absorção em água (2h e 24h); (3) Tração perpendicular às fibras (Ligaçāo interna).

3.10.1 Propriedades físicas

3.10.1.1 Densidade das chapas

A densidade das chapas, para cada tratamento, foi determinada pelo método estereométrico, à umidade de equilíbrio observada na câmara climatizada ($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\% \pm 5\%$ U.R.).

3.10.1.2 Inchamento em espessura (IE)

Para a determinação do inchamento em espessura, quatro pontos foram marcados em cada corpo-de-prova a cerca de 1 cm de cada uma das bordas e as espessuras nesses pontos foram medidas com micrômetro. A seguir, cada corpo-de-prova foi imergido em água por 2 h sendo em seguida novamente medido. Após a medição, cada corpo-de-prova foi novamente imergido em água até totalizar 24 horas e a seguir procedeu-se a medição final. A determinação do inchamento foi feita, em cada caso, pela utilização da expressão: $I_E = 100 \cdot (E_F - E_I) / E_I$ sendo I_E o inchamento em espessura, E_F a espessura após inchamento e E_I a espessura antes do inchamento. Para cada chapa fabricada, foi determinada a média dos resultados encontrados.

3.10.1.3 Absorção em água (AA)

A absorção em água por 2 horas e por 24 horas, respectivamente, foi determinada registrando-se, em cada caso, a massa dos corpos-de-prova, antes e após a absorção em água, e a diferença entre as massas correspondeu à água incorporada. Dividindo-se a massa d'água pela massa inicial do corpo-de-prova determinou-se a água absorvida, e o resultado foi expresso em porcentagem. A seguir determinou-se, para cada chapa fabricada, a média dos resultados encontrados.

3.10.2 Propriedades mecânicas das chapas

Os ensaios para a determinação das propriedades mecânicas das chapas fabricadas foram realizados em uma máquina universal de ensaios marca EMIC-10.000, do Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas do Departamento de Produtos Florestais (Instituto de Florestas), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

3.10.2.1 Ensaio de Flexão Estática

Os resultados dos ensaios de resistência à flexão estática das chapas fabricadas foram obtidos utilizando-se as informações contidas no diagrama carga x deformação fornecido pelo equipamento.

O módulo de ruptura (MOR) foi determinado pela aplicação da fórmula abaixo:

$$\text{MOR} = 3.P.L / 2.b.d^2$$

sendo MOR o módulo de ruptura em (kgf/cm^2), P a carga máxima de flexão suportada pelo corpo-de-prova (kgf), L a distância entre os apoios (cm), b a largura real do corpo-de-prova (cm) e d a espessura real do corpo-de-prova (cm). Para cada chapa foram preparados dois corpos de prova e calculada a média dos resultados.

O módulo de elasticidade (MOE) foi determinado pela aplicação da fórmula

$$\text{MOE} = P_i \cdot L^3 / 4 \cdot b \cdot d^3 \cdot \Delta_x$$

Sendo MOE o módulo de elasticidade (kgf/cm^2), P_i a carga no limite de proporcionalidade (kgf), L a distância entre os apoios (cm), b a largura real do corpo-de-prova (cm), d a espessura real do corpo-de-prova e Δ_x a deflexão no limite de proporcionalidade (cm).

3.10.2.2 Ensaio de tração perpendicular ao plano da chapa (Ligaçāo Interna – LI)

Este ensaio, destinado a testar a resistência da ligação interna das resinas sintéticas e suas modificações foi feito preparando-se suportes de madeira nos quais as amostras foram coladas e prensadas, constituindo-se então nos corpos-de-prova destinados às determinações. Para cada chapa foram preparados 5 cinco corpos-de-prova e calculada a média dos resultados para representar a resistência à ligação interna da chapa.

A resistência da ligação interna foi determinada pela fórmula $L_I = P / A$, sendo L_I a ligação interna (kgf/cm^2), P a carga de ruptura (kgf) e A a área real da seção reta do corpo-de-prova (cm^2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade básica da madeira

A densidade básica média ponderada da madeira de *Mimosa caesalpiniaeefolia* ficou em 0,78 g/cm³. Esse valor está em concordância com o valor encontrado por GONÇALVES et al., (1999) para a espécie, que foi de 0,80 g/cm³. Esses valores indicam que a densidade básica de *Mimosa caesalpiniaeefolia* é alta quando comparada aos valores associados às outras folhosas.

No Quadro 4 estão os valores médios da densidade básica de *Mimosa caesalpiniaeefolia* em função das diferentes posições em relação ao comprimento do fuste.

QUADRO 4 – Valores médios da densidade básica (g/cm³) de *Mimosa caesalpiniaeefolia* em função da posição relativa no fuste

Posição relativa	Densidade Básica
0%	0,82
25%	0,79
50%	0,77
75%	0,76
100%	0,74

Os valores mostrados no Quadro 4 indicam que a densidade básica decresceu ao longo do fuste. A Figura 12 ilustra a variação axial da densidade básica.

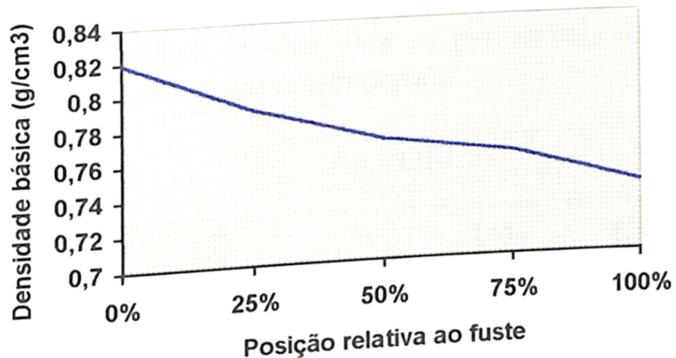


FIGURA 12: Variação axial da densidade básica da madeira de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

Como é conhecido na literatura, a densidade básica da madeira de uma árvore não é homogênea; ela varia na direção radial e na direção axial do tronco. A variação da densidade da madeira de *Mimosa caesalpiniaeefolia* seguiu a um dos modelos de variação da densidade básica no sentido longitudinal segundo PANSIN e ZEEUW (1970), ou seja: decrescente uniformemente com a altura. A densidade é uma variável importante por interferir na eficiência da extração dos polifenóis devido à maior ou menor impregnação da madeira pelas soluções utilizadas.

4.2 Proporção alburno-cerne

No Quadro 5 estão apresentados os resultados médios obtidos para a proporção alburno-cerne das árvores analisadas.

QUADRO 5 – Resultados médios obtidos para os percentuais de alburno e cerne nas árvores de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

Componente	ÁRVORES					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Alburno	51,3%	61,9%	59,1%	49,6%	67,6%	63,6%
Cerne	48,7%	38,1%	40,9%	50,4%	32,4%	36,4%

Os resultados médios obtidos a partir da tabela acima indicam uma proporção de 41,1% de cerne e 58,9% de alburno. O Quadro 6 mostra a variação da relação alburno-cerne ao longo do fuste (média das seis árvores).

QUADRO 6 – Variação da relação alburno-cerne ao longo do fuste de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Posição no fuste	Alburno	Cerne
0%	44,4%	55,6%
25%	54,6%	45,4%
50%	64,1%	35,9%
75%	69,4%	30,6%
100%	82,4%	17,6%

A Figura 13 ilustra os valores apresentados na página anterior..

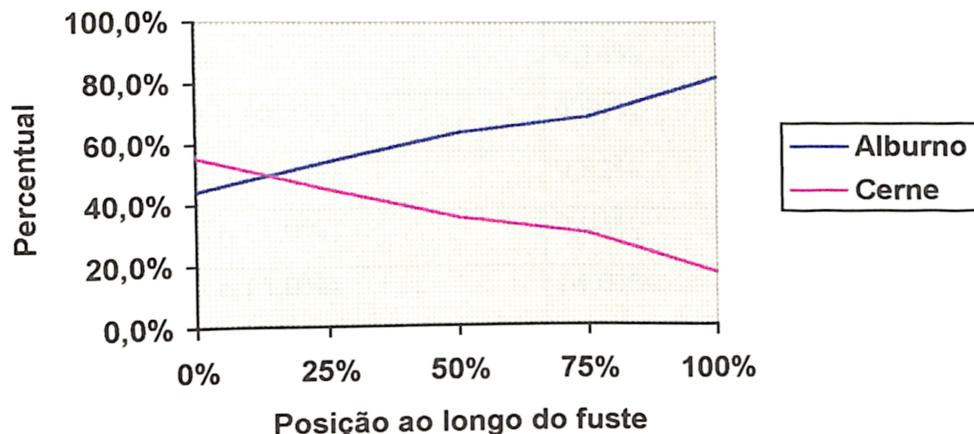


FIGURA 13: Variação de alburno e cerne ao longo do fuste de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

Observando-se a Figura 13, pode-se notar que a proporção de alburno aumenta consideravelmente à medida que se caminha para o topo do fuste. Com exceção da base, é grande a diferença na proporção alburno/cerne ao longo do eixo longitudinal da árvore. Essa diferença nas proporções de alburno e cerne irá interferir enormemente no teor de polifenóis da madeira (veja item 4.4).

4.3 Teor de polifenóis em extratos aquosos obtidos por refluxo

O Quadro 7 mostra os valores médios obtidos para os teores de extractivos e para o rendimento em polifenóis (taninos), da madeira de *Mimosa caesalpiniaeefolia* tendo em vista os diferentes tratamentos aplicados.

QUADRO 7 – Valores médios obtidos para o teor de extrativo, para o número de Stiasny e para o rendimento em taninos condensáveis na madeira de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Tratamento	Extrativos	Nº Stiasny	Taninos
T1: Água destilada quente	9,14%	70,16%	6,41%
T2: Água quente + Na ₂ CO ₃ (0,2%)	9,39%	70,04%	6,58%
T3: Água quente + Na ₂ CO ₃ (0,5%)	9,82%	68,09%	6,69%
T4: Água quente + Na ₂ CO ₃ (1,0%)	9,94%	54,40%	5,41%
T5: Água quente + Na ₂ CO ₃ (5,0%)	14,01%	40,52%	5,68%
T6: Água quente + Na ₂ SO ₃ (0,2%)	9,81%	63,62%	6,24%
T7: Água quente + Na ₂ SO ₃ (0,5%)	10,39%	63,85%	6,63%
T8: Água quente + Na ₂ SO ₃ (1,0%)	10,81%	58,46%	6,32%
T9: Água quente + Na ₂ SO ₃ (5,0%)	11,92%	42,43%	5,06%
T10: Etanol + Água quente	11,24%	40,66%	4,57%
T11: Etanol + Água quente + NaOH (1,0%)	12,59%	32,17%	4,05%
T12: Etanol + Água quente + NaOH (2,0%)	13,89%	29,09%	4,04%
T13: Etanol + Água quente + NaOH (3,0%)	14,70%	28,12%	4,13%
T14: Água quente + NaOH (0,5%)	9,21%	64,93%	5,98%
T15: Água quente + NaOH (1,0%)	9,56%	55,08%	5,27%
T16: Água quente + NaOH (2,0%)	10,87%	45,13%	4,90%
T17: Água quente + NaOH (3,0%)	12,18%	43,16%	5,26%

O aumento no percentual de Na₂CO₃, Na₂SO₃ e NaOH possibilitou uma maior solubilização dos extractos da madeira, mas não favoreceu a um aumento dos componentes polifenólicos como era almejado. O Nº de Stiasny diminuiu acentuadamente com a adição de maior quantidade de sal ou base, ocasionando menores rendimentos em taninos.

Além do tratamento correspondente à extração com água (T1) foram selecionadas mais duas formas de extração, referentes aos tratamentos T3 (extração com Na_2CO_3 a 0,5%) e T7 (extração com Na_2SO_3 a 0,5%), para a produção de extrato em autoclave. Estes dois últimos foram escolhidos por apresentarem maiores valores de taninos condensáveis.

4.4 Teor de polifenóis na madeira do alburno e do cerne

O Quadro 8 e a Figura 14 mostram a média dos valores encontrados para a distribuição entre cerne e alburno dos polifenóis de *Mimosa caesalpiniaeefolia* (extração com água quente).

QUADRO 8 – Média dos valores obtidos para os teores de extractivos, número de Stiasny e para o rendimento em tanino no cerne e no alburno de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Forma de extração	Material	Extractivos	Nº de Stiasny	Taninos
Água quente	Cerne	12,0%	95,8%	11,5%
	Alburno	6,4%	41,9%	2,7%

Da Figura 14 pode-se concluir que a maior parte do tanino de *Mimosa caesalpiniaeefolia* está presente no cerne. O alburno responde somente com um pequeno percentual de tanino. Isso demonstra que a madeira para a extração dos polifenóis deverá apresentar uma grande proporção de cerne, pois, assim, espera-se obter um aumento no rendimento de extrato e de taninos.

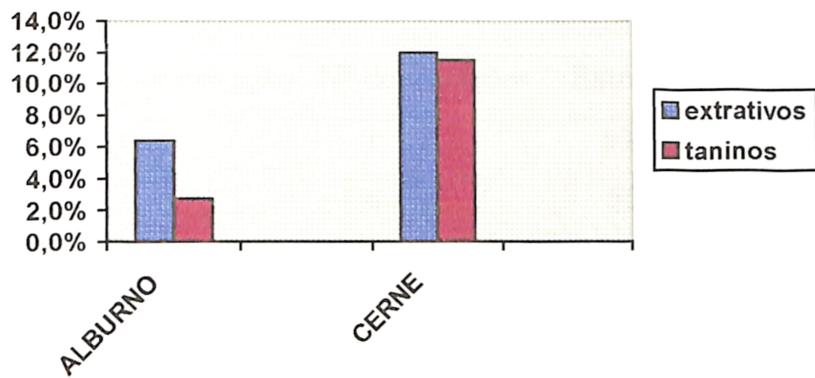


FIGURA 14: Distribuição dos teores de extractivos e tanino na madeira de *Mimosa caesalpiniaeefolia* (extração com água quente).

A madeira utilizada nesse experimento é relativamente jovem (≈ 7 anos) e apresenta uma grande proporção de alburno (ver item 4.2). Esse fato deverá ser decisivo no processo de obtenção dos polifenóis.

4.5 Extração em autoclave

O objetivo da extração em autoclave era obter grandes quantidades de extratos em pó para serem utilizados nas modificações das resinas sintéticas. O Quadro 9 mostra os valores obtidos para a massa seca de extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia*, nas três modalidades de extração em autoclave.

QUADRO 9 – Valores obtidos para a massa seca de extratos de *Mimosa caesalpiniaefolia* obtidos em autoclave

Tratamento	Material por extração	Nº de extrações	Extrato obtido	Rendimento
Água	2 kg	7	511,8 g	3,7%
Na ₂ SO ₃	2 kg	6	551,7 g	4,6%
Na ₂ CO ₃	2 kg	6	515,6 g	4,3%

Ao contrário da extração em refluxo, o rendimento em extratos ficou bem abaixo do esperado. A adição dos sais favoreceu positivamente no rendimento apesar da diferença ter sido pequena. A adição de produtos químicos como sulfito aumenta o rendimento porque os polifenóis de difícil dissolução são solubilizados. Além de influenciar no rendimento, esses produtos clareiam a cor do extrato e impedem processos de oxidação durante a extração. Para aumentar o rendimento seria necessário alteração em algumas variáveis do processo de extração como tempo de extração e temperatura.

A qualidade e a quantidade extraída depende da temperatura de extração. Uma temperatura muito alta pode provocar uma decomposição parcial dos polifenóis e uma menor temperatura provoca menores rendimentos em extratos. As condições ótimas de extração têm que ser determinadas para cada material empiricamente. Assim, por exemplo, na extração da madeira de Castanheiro e do Quebracho são empregadas temperaturas de 110° – 125° C e 120° – 130° C respectivamente.

4.5.1 Propriedades físicas e químicas dos extratos obtidos em autoclave

4.5.1.1 Densidade e Viscosidade

O Quadro 10 mostra os valores médios para umidade, densidade e viscosidade dos extratos obtidos a partir dos três diferentes tratamentos.

QUADRO 10 – Valores médios obtidos para a densidade e viscosidade dos extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia* (solução a 40%)

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	Viscosidade (centipoise)
ÁGUA	0,40	310
SULFITO	0,39	336
CARBONATO	0,69	4.943

Entre os tratamentos com água e sulfito não houve grandes diferenças nos valores de densidade e viscosidade. Porém, os extratos obtidos com a adição de carbonato de sódio apresentaram elevados valores de densidade e viscosidade. Geralmente, a adição de sais favorece a diminuição da viscosidade de extratos, o que não aconteceu com a adição de carbonato. LELIS e GONÇALVES (1998) encontraram um valor de 235 centipoises para uma solução de tanino a 50% de Acácia Negra. Segundo a literatura, a viscosidade de uma solução de tanino depende do teor de sólidos da mesma. Até um teor de sólidos de 40%, o aumento da viscosidade é pequeno; acima deste valor há um aumento significativo. Além do teor de sólidos, a viscosidade depende do peso molecular do extrato, bem como do teor de componentes não-fenólicos. Os extratos apresentam, além dos polifenóis, outros

componentes orgânicos e inorgânicos denominados de não-taninos. Eles englobam principalmente açúcares, carboidratos e pectinas e podem influenciar nas propriedades dos extratos, provocando por exemplo, aumento da viscosidade da solução de extrato (PIZZI, 1980). Ao contrário de resinas sintéticas, praticamente não há mudança de viscosidade de soluções de tanino, uma vez que elas não apresentam nenhum elemento de ligação. O armazenamento é ilimitado, caso elas não sejam atacadas por microorganismos.

4.5.1.2 Teor de polifenóis (Reação de Stiasny)

No Quadro 11 estão apresentados os valores médios do rendimento em extratos, o nível de condensação (Número de Stiasny) e o rendimento em taninos.

QUADRO 11 – Valores médios para teor de extratos, nº de Stiasny e teor de polifenóis (taninos) contido nos extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia* obtidos em autoclave

Tratamento	Rendimento em extratos	Número de Stiasny	Rendimento em tanino
Água	3,7%	65,2%	2,41%
Sulfato	4,6%	61,3%	2,81%
Carbonato	4,3%	64,5%	2,77%

Na reação de Stiasny são precipitados somente taninos do tipo flavanol através da condensação com formaldeído em meio ácido. Os produtos de condensação formados são de alto peso molecular e de difícil dissolução.

Nota-se que o n° de Stiasny variou pouco para os três diferentes tratamentos.

Quanto maior o n° de Stiasny, maior é a quantidade de polifenóis (taninos) presentes nos extratos. Apesar da grande quantidade de alburno na madeira (veja item 4.2), o n° de Stiasny ficou ainda em torno de 62 – 65%.

Na madeira de Quebracho, o n° de Stiasny pode alcançar mais do que 100%. O formaldeído pode se ligar nos polifenóis e ser quantificado também. Na verdade, o teor de polifenóis deve ser um pouco menor do que o n° de Stiasny encontrado.

4.5.1.3 Solubilidade, Tempo de formação de gel e pH dos extratos

Os resultados obtidos para a solubilidade em água, para o tempo de formação de gel e para o pH dos extratos, estão apresentados no Quadro 12.

QUADRO 12 – Valores médios observados para a solubilidade em água, para o tempo de formação de gel e para o pH dos extratos de *Mimosa caesalpiniaefolia*

TRATAMENTO	SOLUBILIDADE	TEMPO DE GELATINIZAÇÃO	pH
Água	89,3%	> 40 minutos	4,86
Sulfito	87,2%	> 40 minutos	5,02
Carbonato	99,9%	≈ 15 minutos	7,19

! Os extratos em água é importante uma vez que os mesmos serão

A solubilidade dos extratos em água é importante, uma vez que os mesmos serão empregados na forma de solução. O tratamento com carbonato possibilitou uma solubilidade de praticamente 100% ao contrário dos outros dois tratamentos. O tempo de

gelatinização é um fator importante para a caracterização do comportamento de uma resina. Ele expressa uma medida da velocidade de transformação emulsão-gel; não existe uma relação obrigatória entre tempo de gelatinização e as propriedades das resinas. O tempo de gelatinização dos tratamentos água e sulfito não pôde ser determinado. Até 40 minutos a gelatinização não foi observada. O tempo de formação de gel depende da estrutura da molécula do tanino. Por exemplo, os taninos de Acácia Negra reagem de 4 a 20 vezes mais lentamente do que os taninos encontrados na casca de Pinus (DIX e MARUTZKY, 1987).

Analizando-se o pH dos extratos, pode-se inferir que o mesmo desempenha um papel importante no tempo de gelatinização. De modo geral, menores tempos de gelatinização podem ser obtidos com extratos mais alcalinos.

4.6 Propriedades das resinas sintéticas e das resinas modificadas com os extratos

Nos Quadros 13 e 14 estão apresentados os valores médios obtidos para a densidade, viscosidade, teor de sólidos e tempo de formação de gel das resinas comerciais e das suas modificações com os extratos obtidos.

Observando-se os resultados mostrados no Quadro 13, nota-se que a adição do extrato à resina fenólica provocou uma redução na densidade e no teor de sólidos. Quanto à viscosidade, nota-se uma diminuição de seus valores à medida que se acrescenta o extrato à resina. Dentro de cada tratamento, o aumento da porcentagem de extrato provocou uma ligeira diminuição nos valores da viscosidade, com exceção do tratamento com sulfito.

Através da medição da viscosidade pode-se inferir algumas considerações sobre o comportamento de uma resina no agregado “cola”, mas não se tem nenhuma indicação

sobre as propriedades ligantes da resina. A viscosidade indica o grau de fluidez do adesivo, sendo que este não deve ser muito líquido nem muito viscoso. A adição do extrato à resina FF provocou um aumento no tempo de formação de gel entre os tratamentos mas não houve grandes diferenças entre os resultados encontrados.

O aumento do percentual de extrato em cada tratamento resultou em menores tempos de gelatinização, embora as diferenças não sejam significativas.

QUADRO 13 – Valores médios obtidos para a densidade, viscosidade, teor de sólidos e tempo de formação de gel da resina sintética Fenol-Formaldeído (FF) e de suas modificações com os extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	Viscosidade (centipoise)	Teor sólidos (%)	Tempo de gelatinização (min)
Resina sintética HL-2080 (testemunha)	1,21	1.274	49,5	33
90% HL-2080 + 10% extrato (água)	1,15	1.247	48,1	42
80% HL-2080 + 20% extrato (água)	1,14	1.111	46,4	38
90% HL-2080 + 10% extrato (sulfito)	1,12	639	47,1	45
80% HL-2080 + 20% extrato (sulfito)	1,06	1.039	46,5	40
90% HL-2080 + <i>10% extrato (carbonato)</i>	1,13	853	48,7	45
80% HL-2080 + 20% extrato (carbonato)	1,09	818	47,0	42

QUADRO 14 – Valores médios obtidos para densidade, viscosidade, teor de sólidos e tempo de formação de gel da resina sintética Uréia-Formaldeído (UF) e de suas modificações com os extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	Viscosidade (centipoise)	Teor sólidos (%)	Tempo gelificação
Resina sintética	1,31	497	64,6	2 min
PB-2346 (testemunha)				
90% PB-2346 + 10% extrato (água)	1,12	336	59,1	2 min 20 s
80% PB-2346 + 20% extrato (água)	0,97	283	57,4	2 min 25 s
90% PB-2346 + 10% extrato (sulfito)	0,96	408	60,3	2 min 15 s
80% PB-2346 + 20% extrato (sulfito)	0,90	372	58,7	2 min 20 s
90% PB-2346 + 10% extrato (carbonato)	1,18	309	59,9	3 min
80% PB-2346 + 20% extrato (carbonato)	1,08	603	56,3	3min 18 s

A análise dos dados do Quadro 14 mostra que a densidade e o teor de sólidos apresentaram o mesmo comportamento observado nas resinas fenólicas. Quanto à viscosidade, houve diminuição dos valores com a adição dos extratos, com exceção do

tratamento com carbonato, onde a adição de 20% de extrato provocou aumento da viscosidade. A viscosidade é uma grandeza importante para a resina; uma viscosidade alta prejudica a capacidade de esparramamento da resina, umectação e adesão (MACIEL et al., 1996). Uma baixa viscosidade facilita em muito a pulverização de uma resina; uma viscosidade maior do que 1500 centipoises dificulta a aplicabilidade da resina na fabricação de chapas de partículas.

O tempo de formação de gel aumentou com a adição do extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*, embora a diferença tenha sido pequena. O aumento da concentração de 10% para 20% de extrato, independentemente do tratamento, não acarretou grandes alterações no tempo de gelatinização da resina. O tempo de gelatinização não é dependente direto da cinética da reação. Uma resina gelatinizada não está completamente interligada; sob determinadas condições - por exemplo através da manutenção de temperatura - ela reage continuadamente até que o processo esteja completado. Analisando-se os quadros 13 e 14, e considerando-se que as resinas sintéticas endurecem em meio ácido (UF) e alcalino (FF), pode-se concluir que o pH influencia no tempo de formação de gel.

4.7 Propriedades físicas e mecânicas das chapas

Na análise dos resultados das propriedades físicas e mecânicas das chapas não foi necessário o emprego da covariância uma vez que não houve diferença significativa nos valores da densidade das chapas para os diferentes tratamentos realizados. Sendo assim, os dados foram comparados através da análise da variância (ANOVA). O teste de Tukey ao

nível de 5% de probabilidade foi utilizado para a comparação entre médias, assim que no teste “F” a hipótese de nulidade era rejeitada.

4.7.1 Densidade das chapas

O Quadro 15 mostra os valores médios da densidade das chapas obtidos ao teor de umidade de 12% (umidade de equilíbrio da câmara climatizada).

Nota-se que não houve diferença estatística entre os valores das densidades das chapas. Nota-se também que as chapas fabricadas com resina fenólica e suas modificações são mais densas que as chapas fabricadas com resina uréica e suas modificações.

QUADRO 15 – Valores médios obtidos para a densidade (g/cm^3), medida a 12% de teor de umidade, das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e UF e com suas modificações com extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Tratamento	Extração	FF	UF
Resina pura (testemunha)	-	0,639a	0,586a
Resina c/ 10% de extrato	Água	0,659a	0,603a
	Sulfito	0,664a	0,614a
	Carbonato	0,666a	0,608a
Resina c/ 20% de extrato	Água	0,639a	0,600a
	Sulfito	0,678a	0,604a
	Carbonato	0,619a	0,599a

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.7.2 Inchamento em Espessura (IE)

O Quadro 16 mostra os valores médios para o Inchamento em espessura (IE) observado nas chapas fabricadas com as resinas Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

QUADRO 16 – Valores médios para o Inchamento em espessura (%) observado nas chapas Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e suas modificações com extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

TRATAMENTO		RESINA			
Proporção de extrato	Forma de extração	FF		UF	
		2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
Resina pura	-	10,70 c	12,20 c	14,06 c	18,02 c
c/ 10% extrato	Água	14,41a	16,32a	19,55 b	25,80 b
	Sulfito	14,26a	15,96a	22,50ab	28,47ab
	Carbonato	11,95 bc	13,60 bc	19,55 b	24,11 b
c/ 20% extrato	Água	13,40ab	14,72ab	24,61a	32,75a
	Sulfito	13,42ab	15,19ab	23,12ab	28,98ab
	Carbonato	11,85 bc	13,14 bc	20,60ab	25,09 b

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as chapas fabricadas com a resina Fenol-Formaldeído e suas modificações observa-se que o inchamento em espessura não foi afetado pela adição de extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*. Pode-se concluir que o resultado obtido com carbonato de sódio, tanto para o inchamento em 2

horas como para o inchamento em 24 horas. Mesmo depois de 24 horas, o aumento percentual do inchamento em espessura (IE) para as chapas fenólicas foi pequeno.

Com relação às chapas fabricadas com a resina Uréia-Formaldeído e suas modificações, observou-se um aumento do inchamento em espessura em todos os tratamentos. Houve diferença significativa nos valores do inchamento entre as chapas testemunha (resina pura) e todos os outros tratamentos. Deve-se acrescentar, entretanto, que a quase totalidade dos resultados obtidos com os adesivos modificados estão de acordo com o máximo inchamento permitido para as chapas classificadas na Classe 1 da norma CS 236-66 (Tabela 1 do Apêndice). É de se acrescentar também que nenhum produto hidrofóbico como por exemplo a parafina foi adicionado durante a fabricação das chapas, o que poderia reduzir os valores de Inchamento em Espessura (IE) e Absorção em Água (AA).

4.7.3 Absorção em água (AA)

O Quadro 17 mostra os valores médios para o percentual de água absorvida pelas chapas UF, FF e suas modificações com extratos de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

Embora todas as chapas fabricadas com as resinas modificadas tenham apresentado valores ligeiramente superiores aos das chapas coladas com as resinas puras, os resultados mostram que não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto à absorção em água para ambas as resinas. Observa-se também que as chapas fabricadas com a resina à base de Uréia-Formaldeído e suas modificações apresentaram maiores valores de absorção em água (AA).

QUADRO 17 – Valores médios da absorção em água-AA (%) pelas chapas Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e suas modificações com extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

TRATAMENTO		RESINA			
Proporção de extrato	Forma de extração	FF		UF	
		2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
Resina pura	-	60,35a	72,51a	69,01a	81,36a
c/ 10% extrato	Água	64,80a	72,48a	72,70a	84,22a
	Sulfito	67,41a	73,22a	73,25a	85,47a
	Carbonato	60,76a	72,48a	70,66a	83,48a
c/ 20% extrato	Água	67,59a	76,74a	73,80a	85,24a
	Sulfito	61,11a	68,39a	74,37a	85,07a
	Carbonato	70,22a	78,47a	69,72a	85,46a

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.7.4 Módulo de Elasticidade à Flexão Estática (MOE)

O Quadro 18 mostra os valores médios obtidos para o Módulo de Elasticidade à Flexão Estática das chapas fabricadas com as resinas sintéticas Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

QUADRO 18 – Valores médios obtidos para o Módulo de Elasticidade à Flexão Estática (MOE – kgf/cm²) das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e UF e com suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Tratamento	Extração	FF	UF
Resina pura (testemunha)	-	21139a	19611a
Resina c/ 10% de extrato	Água	24604a	16591 b
	Sulfito	24481a	15859 bc
	Carbonato	19916a	14768 bc
Resina c/ 20% de extrato	Água	22832a	16508 b
	Sulfito	21776a	14840 bc
	Carbonato	20964a	13010 c

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise dos dados mostra que, para as chapas fabricadas com a resina Fenol-Formaldeído e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si, o que significa que a adição do extrato às resinas não afetou o Módulo de Elasticidade à Flexão. Os extratos obtidos com Água e Sulfito de Sódio proporcionaram um aumento no MOE e o extrato obtido com Carbonato de Sódio provocou uma pequena redução nessa característica da chapa.

Para as chapas fabricadas com a resina Uréia-Formaldeído e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*, a adição dos extratos provocou uma redução do Módulo de Elasticidade à Flexão sendo que o pior desempenho, nesse caso, também foi obtido com os extratos obtidos com carbonato. Houve diferença significativa entre a testemunha (resina pura) e todos os outros tratamentos.

Acrescente-se, todavia, que todos os tratamentos apresentaram valores para o MOE de acordo com a norma CS-236-66 referente às chapas da Classe 1 (Tabela 1 do apêndice).

4.7.5 Módulo de Ruptura à Flexão Estática (MOR)

O Quadro 19 mostra os valores médios encontrados para o Módulo de Ruptura à Flexão (MOR), das chapas fabricadas com as resina Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e de suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

QUADRO 19 – Valores médios obtidos para o Módulo de Ruptura à Flexão Estática (MOR – kgf/cm²) das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e UF e com suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Tratamento	Extração	FF	UF
Resina pura (testemunha)	-	110,4 b	114,8a
Resina c/ 10% de extrato	Água	140,8a	94,6ab
	Sulfito	150,2a	87,8 b
	Carbonato	127,8ab	90,2 b
Resina c/ 20% de extrato	Água	126,2ab	84,2 b
	Sulfito	126,4ab	79,0 b
	Carbonato	130,6ab	72,8 b

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se no *Quadro acima que as chapas* fabricadas com a resina Fenol-Formaldeído e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia* apresentam resultados divergentes daqueles encontrados com a resina Uréia-Formaldeído e suas

modificações. No caso da resina FF, o acréscimo de extrato promoveu um aumento dos valores do MOR para todos os tratamentos. Houve diferença significativa nos valores de MOR entre as chapas testemunha (resina pura) e as chapas produzidas com a adição de 10% de extratos obtidos através de extração em água e sulfito.

No caso da resina UF e suas modificações houve redução no Módulo de Ruptura para todos os tratamentos. Para a Classe 1, as chapas fabricadas com as resinas modificadas (exceto as chapas-testemunha fabricadas com a resina fenólica pura), satisfazem à norma CS-236-66 (ver apêndice).

4.7.6 Resistência à tração perpendicular ao plano da chapa (Ligaçāo Interna – LI)

O Quadro 20 mostra os valores médios encontrados para a ligação interna (LI), das chapas fabricadas com as resinas Fenol-Formaldeído, Uréia-Formaldeído e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*.

QUADRO 20 – Valores médios obtidos para a Ligação Interna (LI), em kgf/cm², das chapas fabricadas com as resinas comerciais FF e UF e com suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

Tratamento	Extração	FF	UF
Resina pura (testemunha)	-	9,18a	6,98 c
Resina c/ 10% de extrato	Água	9,24a	7,76 bc
	Sulfito	10,26a	6,66 c
	Carbonato	9,46a	9,80a
Resina c/ 20% de extrato	Água	7,74a	6,82 c
	Sulfito	9,14a	6,90 c
	Carbonato	11,20a	9,24ab

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A ligação interna é a propriedade que mede o grau de adesão entre as partículas no interior das chapas. A análise dos dados do Quadro 20 mostra que as chapas fabricadas com a resina Fenol-Formaldeído e suas modificações, não apresentaram diferenças estatísticas entre os diferentes tratamentos embora os resultados obtidos com as modificações da resina sintética tenham sido quase todos superiores aos resultados obtidos com as resinas puras.

Para as chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, os valores de Ligação Interna (LI) foram diferenciados. A resina uréica modificada com 10% e 20% de extrato, obtido por extração com carbonato, apresentou os melhores valores de LI, havendo diferença significativa para a testemunha.

Todos os resultados obtidos são superiores ao mínimo recomendado para as chapas classificadas na Classe 1, da norma CS-236-66.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Analisando-se os resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- Os polifenóis condensáveis estão presentes em grande quantidade na madeira do cerne. Aos 7 anos de idade as árvores apresentaram alta porcentagem de alburno, influenciando o baixo rendimento em polifenóis;
- A adição de produtos químicos ao processo de extração possibilitou uma maior solubilização dos componentes secundários da madeira (extrativos), mas, ao contrário do esperado, não favoreceu para uma maior solubilidade de componentes fenólicos;
- A análise do rendimento em extratos obtidos no autoclave demonstra que o processo de extração da madeira deverá ser otimizado. À temperatura de 80° C e tempo de extração de 2 horas o rendimento foi muito baixo;
- O teor de polifenóis dos extratos foi calculado através da reação de Stiasny. Mesmo com valores do Número de Stiasny em torno de 61 – 65% foi possível a utilização dos extratos na modificação das resinas sintéticas;

- A reatividade dos extratos frente ao formaldeído foi determinada através do tempo de formação de gel. Para os extratos obtidos com água destilada e água destilada mais sulfito, observou-se que a reação dos polifenóis com formaldeído é bastante lenta, pois, decorridos 40 minutos de adição do endurecedor não pôde ser obtido o estado de gel;

- A adição dos extratos às resinas sintéticas não alterou significativamente as suas propriedades.

- A análise da densidade das chapas revelou, que para um mesmo tipo de resina, não houve diferença significativa entre os tratamentos;

- As resinas sintéticas FF e UF modificadas com os extratos obtidos com água, água/sulfito e água/carbonato, em diferentes níveis de substituição (10% e 20%), mostraram-se adequadas para a fabricação de chapas de partículas. Os resultados obtidos para Módulo de Elasticidade (MOE) e Ligação Interna (LI), bem como a quase totalidade dos resultados para o Inchamento em Espessura (IE) e Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas mostraram-se de acordo com a norma americana para a avaliação da qualidade deste tipo de chapa, para as densidades obtidas e para a Classe 1 (Norma Comercial CS-236-66). Portanto, é viável a utilização dos extratos da madeira de *Mimosa caesalpiniaefolia* como substituto parcial de resinas sintéticas à base de Uréia-Formaldeído (UF) e Fenol-Formaldeído (FF);

- A utilização dos polifenóis de *Mimosa caesalpiniaefolia* se apresenta como uma *boa alternativa* para a produção de resinas, uma vez que as propriedades das chapas foram influenciadas positivamente. A utilização dos polifenóis desponta, então, como uma possibilidade real de diminuição do uso de resinas sintéticas na fabricação de chapas.

A realização da pesquisa permite enfocar alguns pontos como recomendação para futuros estudos, a saber:

- Na determinação da reatividade dos polifenóis frente ao formaldeído devem ser considerados outros métodos, como o método de Lemme (JUNG, 1988) e o método UV (ROFFAEL, 1982). Isso possibilitará a comparação dos valores e ajudará na escolha das melhores formas de extração;
- Uma vez que os componentes não-tânicos (principalmente açúcares) podem influenciar nas propriedades das resinas e com isso na ligação das mesmas, recomenda-se a análise dos açúcares solúveis nos extratos;
- Na determinação da aptidão de extratos no processo de colagem seria importante conhecimentos sobre a reação de condensação e sobretudo sobre a cinética da reação de endurecimento. Para isso, recomenda-se a análise dos extratos através da técnica denominada Calorimetria Diferencial Exploratória ou DSC (Differential Scanning Calorimetry);
 - Na otimização do processo de extração da madeira recomenda-se estudos envolvendo as variáveis de extração como tamanho das partículas, temperatura, tempo de extração e relação água/madeira;
 - Na extração dos polifenóis recomenda-se novos estudos com adição de novos *produtos químicos*, bem como estudos sobre a modificação química dos extratos *posteriormente à obtenção* dos mesmos com água;
 - Utilizando-se árvores de maior idade, espera-se obter uma maior porcentagem de extratos e consequentemente um maior teor de polifenóis. Portanto, recomenda-se novos estudos com árvores mais velhas e em caso de maior rendimento seria interessante também

estudos sobre a fabricação de uma resina "pura", à base de tanino de *Mimosa caesalpiniaefolia*. O Formaldeído poderia ser utilizado como endurecedor obtendo-se a resina Tanino-Formaldeído (TF);

- Recomenda-se também novos experimentos envolvendo a adição de maiores percentuais de extratos às resinas bem como a utilização de valores diferentes para a umidade das partículas, temperatura, pressão e tempo de prensagem durante a produção das chapas de partículas.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard methods of evaluation of the properties of wood-base fiber and particle panel materials. Annual book of ASTM Standards, ASTM D 1037 – 78 B. Philadelphia, 1982.

AUGUSTO, S. G.; SOUZA, C. A. S. Leguminosa sabiá como cerca viva no Estado do Espírito Santo. CEPEC (Centro de Pesquisas do Cacau). CEPLAC (Comissão executiva do plano de lavoura cacaueira). Estação experimental Filogênio Peixoto, 1995, 15p.

BRITO, E. O. Notas de Aula. Disciplina: Industrialização de Produtos Florestais, UFRRJ, 1995.

CAMARA, S. A. *Manual de farmacologia prática*. São Paulo: Ateneu, 1967, p.40-57.

CASAMADA, S. M. Farmacognosia com farmacodinâmica. Barcelona. Científico Medica, 1968, 1148p.

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

COPPENS, H.; SANTANA, M. A.; PASTORE JUNIOR, F. Tannin-formaldehyde adhesives for exterior-grade plywood and particleboard manufacture. **Forest products Journal**, 30(4):38-42, 1980.

CUNHA, C. O.; OLIVEIRA, E.; FRANCO, A. A. Seleção de leguminosas arbóreas e estirpes de Rizóbio para solos tropicais. IV Seminário Bienal de Pesquisa da UFRRJ, Resumos, p.163, 1988.

DALTON, L. K. Resins from sulphited tannins as adhesives for wood. **Australian J. Appl. Sci**; 4:136-145, 1953.

DIX, B.; MARUTZKY, R. Möglichkeiten der Verleimung von Holz mit Klebstoffen auf der Basis von natürlichen polyphenolen. **Adhäsion** 12:4-10, 1982.

DIX, B.; MARUTZKY, R. Untersuchungen zur Gerinnung von Polyphenolen aus Nadelholzrinden. **Holz als Roh-und Werkstoff** 41: 45-50, 1983.

DIX, B.; MARUTZKY, R. **Tanninformaldehydharze als Bindemittel für Holzwerkstoffe.** **WKI-Bericht 18, 1987, 131p.**

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

EVANS, W. C. **Farmacognosia.** 13.ed. Lisboa. Interamericana-McGraw-Hill, 1991, 901p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
FAO Yearbook – Forestry series, n.30, Roma, 1997, 332p.

FONSECA, P. C. B. **Aglomerados de eucalipto sobre sistema de prensagem contínua.** I SIMATEC – Seminário internacional sobre produtos sólidos de madeira de alta tecnologia. Anais. Belo Horizonte, p.157-161, 1998.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados.** EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia. Boletim técnico n° 9, out/dez, p.1-9, 1992.

FREUNDENBERG, K. **Die Chemie der Natürlichen Gerbstoffe.** Springer Verlag, Berlim, 1920.

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

GONÇALVES, C. A.; FERNANDES, M. M.; ANDRADE, A. M. Celulose e carvão vegetal de *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham (sabiá). **Floresta e Ambiente**. v.6, n.1, p.51-58, 1999.

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C. **Avaliação dos teores de extractivos e polifenóis em cinco leguminosas arbóreas**. Trabalho não publicado (1999).

GUIMARÃES, D. P.; FONSECA, C. E. L. da. **Considerações preliminares sobre o uso de quebra-ventos nos cerrados**. Centro de pesquisa agropecuária dos cerrados (EMBRAPA), Planaltina, DF, Brasil, Documentos, nº 34, 1990, 21p.

HASLAM, E. **Chemistry of Vegetable Tannins**. London: Academic Press, 1966, 179p.

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**, p.171-187, 1981.

JENKIN, D. J. **Adhesives from *Pinus radiata* bark extractives**. International Symposium on Adhesion and Adhesives for Structural Materials, WSU, Pulmann, September, 1982.

JOLY, A. B. **Botânica, Introdução à taxonomia vegetal.** 10^a Edição. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1991, 777p.

JUNG, B. **Beiträge zur Verwendung von pflanzlichen Extraktstoffen als Bindemittel in Holzwerkstoffen.** Dissertation an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, 1988.

LELIS, R. **Zur Bedeutung der Kerninhalsstoffe obligatorisch verkernter Nadelbaumarten bei der Herstellung von feuchtebeständigen und biologisch resistenten Holzspanplatten, am Beispiel der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco).** Dissertation an der Forstlichen Fakultät de Universität Göttingen, 1995. Tese de Doutorado.

LELIS, R. C. C.; GONÇALVES, F. G. **Avaliação da qualidade de duas resinas sintéticas após a adição de tanino de Acácia Negra (*Acacia mearnsii* De Wild).** Fifth International Congress and Exhibition on Forest. FOREST 99. CDROM Bio2048, 1999.

LIMA, D. A. **Plantas das Caatingas.** Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 1989, 243p.

LONG, R. **Quebracho based polyphenols for use in wood panel adhesive system. Holz als Roh-und Werkstoff** 49: 485-487, 1991.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1992, 368p.

MACIEL, A. DA S.; ANDRADE, A. M. DE; ALBUQUERQUE, C. E. C. DE. Procedimentos para a extração e utilização de fenóis de alcatrão na produção de adesivos fenólicos. **Floresta e Ambiente**, n° 3, p. 86-95, 1996.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons.** Oxford. Claredon Press, v.1, 1965, p.476-535.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard: materials.** Carbondale, Southern. Illinois. University Press, v.1, 1974, 240p.

OKUM, J.; ROFFAEL, E.; DIX, B. Eigenschaften von MitteldichtenFaserplatten (MDF), hergestellt mit Natürlichen Polyphenolen (Tannine, Technische Lignine) als Bindemittel. **Holz als Roh-und Werkstoffe** 56:330, 1998.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology.** 4.ed. New York: McGraw- Hill, 1970.

PIZZI, A.; SCHARFETTER, S. The chemistry and development of tannin-based adhesives for exterior plywood. **J. Applied Polym. Sci.**, 22:1745-1761, 1978.

PIZZI, A. **Tannin-Based Adhesives.** J. Macromol. Sci.- Ver. Macromol Chem. C. 18 (2), 247-315, 1980.

PIZZI, A. Natural Phenolic Adhesives I: Tannin. IN: **Handbook of Adhesive Technology.** Marcel Dekker, New York, 347-358, 1994.

PLOMLEY, K. F.; GOTTSSTEIN, J. W. HILLIS, W. E. Tannin-formaldehyde adhesives for wood . I. Mangrove tannin adhesives. **Australian J. Appl. Sc.** 15:171-182, 1964.

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

PRASETYA, B. **Beiträge zum Verhalten extraktstoffreicher Rinden, am Beispiel der Fichtenrinde, in chemisch-technologischen Prozessen.** Dissertation an der Forstlichen Fakultät Universität Göttingen, 1992.

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

ROFFAEL, E. Die Formaldehyd-Abgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen. DRW-Verlag, Stuttgart, 154p. 1982.

ROFFAEL, E.; DIX, B.; BUCHHOLZER, P. Untersuchungen über den Einfluss des Alkalis in PF-Spanplatten. **Adhäsion** 32 (12) : 21-29, 1988.

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

ROFFAEL, E.; DIX, B. Neuere Entwicklungen bei Holzbindeitteln. Teil 1. **Adhäsion** 35 (10): 36-39, 1991.

ROFFAEL, E.; DIX, B. Tannine als Bindemittel für Holzwerkstoffe. **Holz-Zentralblatt**, 120 (6): 90-93, 1994.

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

SANTOS, C. J. F. Avaliação do projeto piloto de reflorestamento do Morro São José Operário – Rio de Janeiro. **Anais do I Workshop sobre recuperação de áreas degradadas**. UFRRJ, IF/DCA, Anais, p.108-116, 1991.

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

SCHROEDER, H. A.; THOMPSON, G. E. Substituting phenol in adhesive with demethylated kraft lignin. In: **International particleboard/composite materials proceedings**. Washington, p.27-42, 1990.

SELLERS, T.; McSWEEN, J. R.; NEARN, W. T. La adherencia en la madera y los adhesivos. **Revista VETAS**, 74-77, 1995.

SOBRINHO, J. A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), uma espécie florestal de uso múltiplo. **Floresta e Ambiente** n.2, p.125, 1995.

SZABO, T; GAUDERT, P. C. L. Fast internalbond test for waferboard. **Forest Product Journal**, 28:38-40, 1978.

VITAL, B. R. Dimensional stability and water absorption of flakewood and particleboards as related to furnish geometry, board specific gravity, and resin type. Corvallis: Oregon State University, 1979, 149p. Thesis (PhD) – Oregon State University, 1979.

VITAL B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, Boletim Técnico n° 1, 1984, 21p.

WEISSMANN, G.; AYLA, C. Duroplastische Holzleime aus Rindenextrakten von *Pinus radiata* D. Don aus Chile. **Adhäsion**, Heft 6/7:16-23, 1982.

WEISSMANN, G. Untersuchung der Rindenextrakt von Lärchen. **Holzforschung und Holzverwertung** 37 (4): 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**, 58(20):45-750, 1955.

7. APÊNDICE

QUADRO 1A – Valores obtidos para a absorção em água - AA (%) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	66,19	55,60	55,43	59,03	65,49
FF 90 A	65,80	63,79	64,93	67,78	61,71
FF 80 A	68,76	69,53	65,16	69,81	64,23
FF 90 S	64,15	64,02	67,53	70,19	71,18
FF 80 S	67,51	54,53	52,14	68,75	62,60
FF 90 C	64,10	56,45	57,84	55,38	70,01
FF 80 C	58,52	75,75	68,65	71,60	76,57

QUADRO 2A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	1256,65				
TRATAMENTO	6	467,57	77,93	2,76	2,45	0,082
RESÍDUO	28	789,08	28,18			

QUADRO 3A – Valores obtidos para a absorção em água - AA (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	78,57	68,09	65,77	71,27	78,85
FF 90 A	72,70	71,75	73,04	75,58	69,35
FF 80 A	76,23	78,54	74,26	81,50	73,17
FF 90 S	71,77	69,20	72,85	74,62	77,68
FF 80 S	74,75	62,44	60,26	76,69	67,81
FF 90 C	74,83	66,82	67,34	64,04	78,65
FF 80 C	66,69	85,20	75,45	80,98	84,05

QUADRO 4A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	1204,45				
TRATAMENTO	6	363,33	60,56	2,02	2,45	0,070
RESÍDUO	28	841,12	30,04			

QUADRO 5A – Valores obtidos para a absorção em água - AA (%) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
UF	70,69	68,65	68,65	68,19	68,89
UF 90 A	75,10	76,60	70,09	72,70	69,02
UF 80 A	78,11	75,98	73,75	73,11	68,08
UF 90 S	78,13	74,47	70,84	71,31	71,52
UF 80 S	76,24	75,30	73,20	73,26	73,89
UF 90 C	71,38	72,47	70,51	66,96	72,01
UF 80 C	72,27	71,88	70,70	69,29	64,46

QUADRO 6A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	340,21				
TRATAMENTO	6	134,22	22,37	3,04	2,45	0,037
RESÍDUO	28	205,99	7,35			

QUADRO 7A – Valores obtidos para a absorção em água - AA (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
UF	83,64	83,42	80,57	80,53	78,67
UF 90 A	85,68	85,93	81,98	85,58	81,94
UF 80 A	88,17	86,50	85,43	85,75	80,39
UF 90 S	91,32	86,66	82,69	84,00	82,71
UF 80 S	86,06	85,26	84,07	84,44	85,54
UF 90 C	85,36	83,54	84,16	81,57	82,79
UF 80 C	89,33	87,62	86,74	84,36	79,26

QUADRO 8A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a absorção em água (AA) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	261,45				
TRATAMENTO	6	67,52	11,25	1,62	2,45	0,031
RESÍDUO	28	193,93	6,93			

QUADRO 9A – Valores obtidos para inchamento em espessura - IE (%) em água por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	11,29	10,70	11,06	10,64	9,83
FF 90 A	16,59	13,39	15,08	13,35	13,63
FF 80 A	14,41	13,38	14,28	11,57	13,35
FF 90 S	13,66	13,63	15,23	14,79	13,97
FF 80 S	14,25	13,46	13,46	13,10	12,85
FF 90 C	13,50	12,42	11,93	10,83	11,07
FF 80 C	12,23	11,72	11,50	11,32	12,50

QUADRO 10A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	80,39				
TRATAMENTO	6	57,21	9,53	11,52	2,45	0,070
RESÍDUO	28	23,18	0,83			

QUADRO 11A – Valores obtidos para o inchamento em espessura – IE (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	12,54	12,55	12,71	12,25	10,96
FF 90 A	18,44	15,32	17,10	14,85	15,87
FF 80 A	17,25	15,08	14,07	11,95	15,24
FF 90 S	15,24	15,24	16,72	16,58	16,00
FF 80 S	15,85	15,20	15,37	14,54	14,99
FF 90 C	15,23	14,40	13,66	12,13	12,58
FF 80 C	13,85	12,43	12,99	12,42	14,03

QUADRO 12A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	106,43				
TRATAMENTO	6	69,25	11,54	8,69	2,45	0,080
RESÍDUO	28	37,18	1,33			

QUADRO 13A – Valores obtidos para o inchamento em espessura – IE (%) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
UF	14,64	13,30	13,78	14,60	14,00
UF 90 A	21,74	18,68	17,51	18,00	21,84
UF 80 A	23,96	24,67	25,47	22,46	26,49
UF 90 S	18,57	23,29	24,25	25,46	20,95
UF 80 S	24,57	21,62	23,37	22,81	23,23
UF 90 C	24,61	20,07	17,88	17,87	18,67
UF 80 C	17,93	21,43	24,02	20,25	19,40

QUADRO 14A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 2 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	468,15				
TRATAMENTO	6	352,38	58,73	14,20	2,45	0,098
RESÍDUO	28	115,77	4,13			

QUADRO 15A – Valores obtidos para o inchamento em espessura - IE (%) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
UF	18,20	15,88	18,36	18,78	18,89
UF 90 A	28,79	24,64	23,29	23,00	29,30
UF 80 A	31,36	31,66	35,46	29,97	35,34
UF 90 S	25,28	28,34	32,37	30,00	26,38
UF 80 S	31,70	27,78	29,19	27,93	28,31
UF 90 C	32,11	23,89	20,89	21,72	21,96
UF 80 C	21,35	25,52	30,05	24,57	23,98

QUADRO 16A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o inchamento em espessura (IE) por 24 horas, das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	877,84				
TRATAMENTO	6	642,63	107,10	12,75	2,45	0,110
RESÍDUO	28	235,21	8,40			

QUADRO 17A – Valores obtidos para a densidade (g/cm^3) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*, ao teor de umidade de 12%

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	0,613	0,659	0,680	0,645	0,600
FF 90 A	0,674	0,671	0,667	0,616	0,665
FF 80 A	0,654	0,630	0,644	0,601	0,665
FF 90 S	0,670	0,681	0,667	0,649	0,654
FF 80 S	0,657	0,718	0,726	0,615	0,672
FF 90 C	0,653	0,689	0,683	0,691	0,614
FF 80 C	0,688	0,580	0,630	0,598	0,600

QUADRO 18A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a densidade das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*, ao teor de umidade de 12%

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	0,042				
TRATAMENTO	6	0,012	0,002	1,93	2,45	0,050
RESÍDUO	28	0,030	0,001			

QUADRO 19A – Valores obtidos para a densidade (g/cm^3) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*, ao teor de umidade de 12%

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
UF	0,584	0,573	0,605	0,583	0,584
UF 90 A	0,612	0,598	0,602	0,594	0,609
UF 80 A	0,614	0,602	0,638	0,602	0,614
UF 90 S	0,587	0,600	0,631	0,611	0,613
UF 80 S	0,601	0,584	0,600	0,611	0,604
UF 90 C	0,643	0,580	0,582	0,611	0,606
UF 80 C	0,598	0,590	0,605	0,600	0,601

QUADRO 20A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a densidade das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaefolia*, ao teor de umidade de 12%

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	0,0082				
TRATAMENTO	6	0,0023	0,00039	1,86	2,45	0,024
RESÍDUO	28	0,0059	0,00021			

QUADRO 21A – Valores obtidos para o Módulo de Ruptura – MOR (kgf/cm²) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	108	110	101	125	108
FF 90 A	122	142	145	144	151
FF 80 A	125	138	110	122	136
FF 90 S	150	141	154	165	141
FF 80 S	152	109	140	130	101
FF 90 C	125	119	124	123	148
FF 80 C	128	129	141	132	123

QUADRO 22A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	8931,89				
TRATAMENTO	6	4703,09	783,85	5,19	2,45	0,094
RESÍDUO	28	4228,80	151,00			

QUADRO 23A – Valores obtidos para o Módulo de Ruptura (MOR) (kgf/cm^2) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
UF	113	97	113	114	137
UF 90 A	74	100	100	110	89
UF 80 A	86	80	77	86	92
UF 90 S	98	75	89	77	100
UF 80 S	75	89	75	88	68
UF 90 C	93	101	90	95	72
UF 80 C	75	61	57	90	81

QUADRO 24A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	9235,89				
TRATAMENTO	6	5426,69	904,45	6,64	2,45	0,130
RESÍDUO	28	3809,20	136,00			

QUADRO 25A – Valores obtidos para o Módulo de Elasticidade – MOE (kgf/cm²) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	20747	21655	21313	22165	19815
FF 90 A	16964	29935	24971	25157	25994
<i>FF 80 A</i>	17750	24407	24198	20534	27273
FF 90 S	24893	22564	26171	26385	22391
FF 80 S	23912	19639	22137	24243	18951
FF 90 C	17815	18714	20305	21108	21640
FF 80 C	20204	21068	21970	21593	19984

QUADRO 26A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	$2,96 \cdot 10^8$				
TRATAMENTO	6	$9,71 \cdot 10^7$	$1,62 \cdot 10^7$	2,27	2,45	0,119
RESÍDUO	28	$1,98 \cdot 10^8$	$7,1 \cdot 10^6$			

QUADRO 27A – Valores obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) (kgf/cm^2) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
UF	19914	19013	18014	19222	21892
UF 90 A	14326	16885	17054	18283	16406
UF 80 A	15189	15506	14555	18188	19103
UF 90 S	15311	16606	16163	15126	16089
UF 80 S	14235	15240	15295	15727	13701
UF 90 C	15628	16235	15049	14448	12481
UF 80 C	12652	11331	10874	15105	15087

QUADRO 28A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	$1,89 \cdot 10^8$				
TRATAMENTO	6	$1,27 \cdot 10^8$	$2,12 \cdot 10^7$	9,6	2,45	0,09
RESÍDUO	28	$6,16 \cdot 10^7$	$2,20 \cdot 10^6$			

QUADRO 29A – Valores médios obtidos para a Ligação Interna (LI) (kgf/cm^2) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	R E P E T I Ç Ã O				
	1	2	3	4	5
FF	10,8	7,2	8,2	10,2	9,5
FF 90 A	9,6	8,6	9,2	9,6	9,2
FF 80 A	5,5	11,6	6,6	5,9	9,1
FF 90 S	12,0	8,7	9,0	10,3	11,3
FF 80 S	8,6	10,1	7,7	12,6	6,7
FF 90 C	10,1	7,0	7,3	9,5	13,4
FF 80 C	9,4	11,3	10,2	14,2	10,9

QUADRO 30A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a Ligação Interna (LI) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	139,38				
TRATAMENTO	6	34,27	5,71	1,52	2,45	0,204
RESÍDUO	28	105,11	3,75			

QUADRO 31A – Valores obtidos para a Ligação Interna (LI) (kgf/cm^2) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

RESINA	REPETIÇÃO				
	1	2	3	4	5
UF	6,4	6,2	6,5	8,2	7,6
UF 90 A	7,4	8,3	7,6	8,1	7,4
UF 80 A	6,6	6,2	6,4	8,2	6,7
UF 90 S	6,4	5,9	6,3	6,4	8,3
UF 80 S	6,1	7,4	6,9	6,9	7,2
UF 90 C	7,8	8,5	11,8	11,2	9,7
UF 80 C	9,8	9,9	8,2	9,7	8,6

QUADRO 32A – Resumo da análise estatística dos dados obtidos para a Ligação Interna (LI) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações com o extrato de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	Ft	Fc	CV
TOTAL	34	73,84				
TRATAMENTO	6	48,94	8,15	9,2	2,45	0,12
RESÍDUO	28	24,90	0,89			

QUADRO 33A – Valores obtidos para a densidade básica média (g/cm^3), ao longo do fuste de *Mimosa caesalpiniaeefolia*, para cada uma das 6 árvores analisadas

POSIÇÃO	Á	R	V	O	R	E	S
	1	2	3	4	5	6	
0%	0,83	0,82	0,79	0,81	0,78	0,81	
25%	0,82	0,83	0,76	0,81	0,77	0,76	
50%	0,80	0,82	0,73	0,79	0,72	0,73	
75%	0,80	0,79	0,72	0,76	0,70	0,72	
100%	0,77	0,79	0,73	0,75	0,69	0,70	

QUADRO 34A – Resumo da análise estatística dos valores obtidos para a densidade básica média de *Mimosa caesalpiniaeefolia*

FONTE	GL	SQ	QM	FC	FT	CV
TOTAL	29	0,0522				
TRAT	4	0,0198	0,0049	3,84	2,76	0,0471
RESÍDUO	25	0,0324	0,0013			

TABELA 1 – Valores mínimos estabelecidos para o Módulo de Ruptura (MOR), para o Módulo de Elasticidade (MOE), para a Ligação Interna (LI) e para o Inchamento em Espessura (IE – 24 horas), de chapas de partículas, de acordo com a norma CS 236-66

Tipo	Densidade ⁽¹⁾ (g/cm ³)	Classe	MOR	MOE	LI	IE
			(kgf/cm ²) média max.	(kgf/cm ²) média min.	(kgf/cm ²) média min.	(%) média max.
1	A	1	168	24.500	14,0	55
		2	236	24.500	9,8	55
	B	1	112	24.500	4,9	35
		2	168	28.000	4,2	30
	C	1	56	10.500	1,4	30
		2	98	17.500	2,1	30
2	A	1	168	24.500	8,75	55
		2	238	35.000	28,00	55
	B	1	126	17.500	4,55	35
		2	175	31.500	4,20	25

Tipo: 1- Adesivo à base de Uréia-Formaldeído; 2 - Adesivo à base de Fenol- Formaldeído.

Densidade: A - Densidade alta (acima de 0,8 g/cm³).

B - Densidade média (de 0,6 g/cm³ a 0,8 g/cm³).

C - Densidade baixa (abaixo de 0,6 g/cm³).

Notas: ⁽¹⁾ A densidade na qual foram feitas as medições constantes desta tabela é a densidade medida à umidade de 12%, correspondente à umidade de equilíbrio da câmara de climatização.

TABELA 2 – Valores calculados para a densidade (g/cm^3) da madeira de *Eucalyptus pellita* ao teor de umidade aproximado de 12%

0,692	0,652	0,644	0,623	0,648	0,655
0,606	0,661	0,534	0,643	0,629	0,620
0,646	0,583	0,548	0,565	0,541	0,581
0,651	0,632	0,598	0,651	0,593	0,626
0,543	0,621	0,645	0,650	0,645	0,603
0,554	0,627	0,638	0,584	0,654	0,617

$$\Sigma x = 22,203 \quad \Sigma x^2 = 13,749 \quad \text{Média: } 0,617 \quad \text{Desvio padrão: } 0,0397 \quad \text{CV} = 6,43\%$$

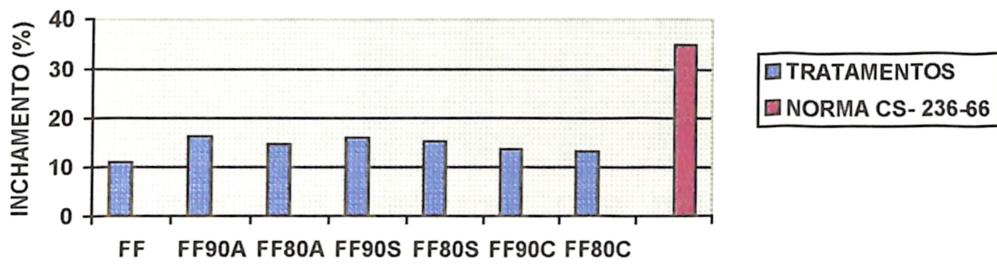


FIGURA 1A – Comparação dos valores médios observados para o inchamento em espessura (24 h) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com valor o máximo admitido pela norma CS-236-66.

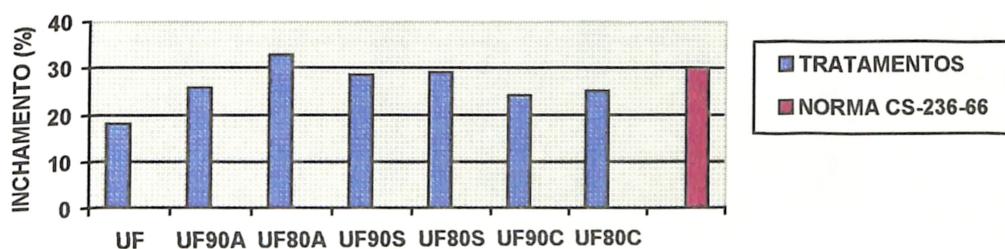


FIGURA 2A – Comparação dos valores médios observados para o inchamento em espessura (24h) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor máximo admitido pela norma CS-236-66.

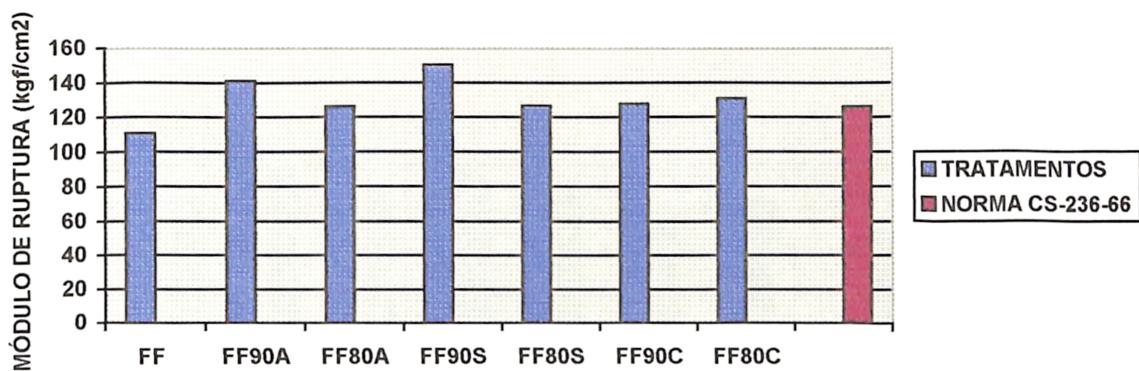


FIGURA 3A – Comparação dos valores médios observados para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.

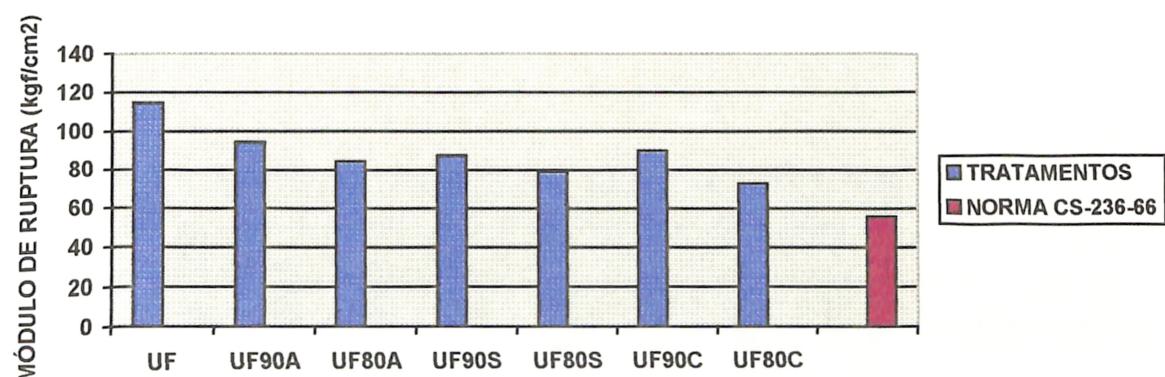


FIGURA 4A – Comparação dos valores médios observados para o Módulo de Ruptura (MOR) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.

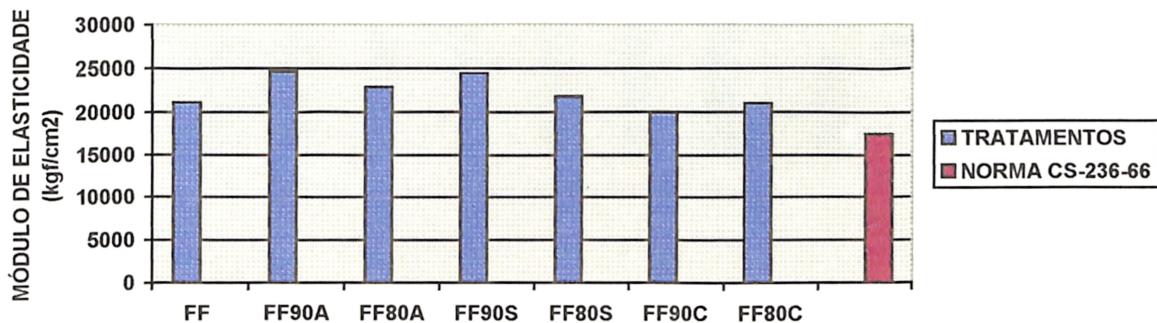


FIGURA 5A – Comparação dos valores médios obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.

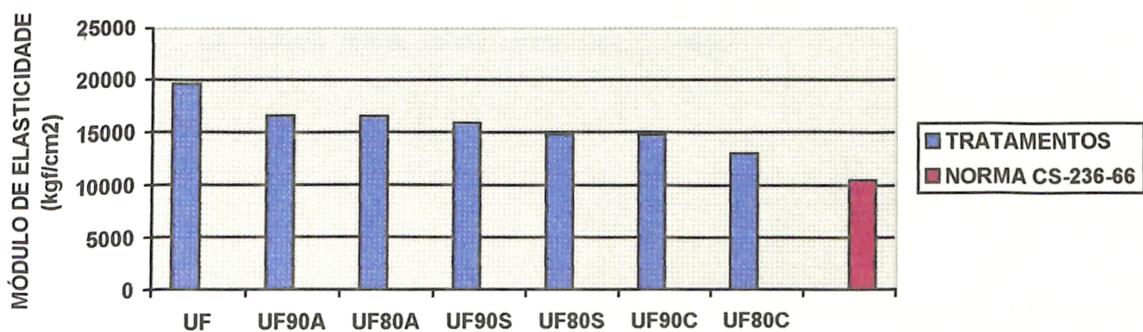


FIGURA 6A - Comparação dos valores médios obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.

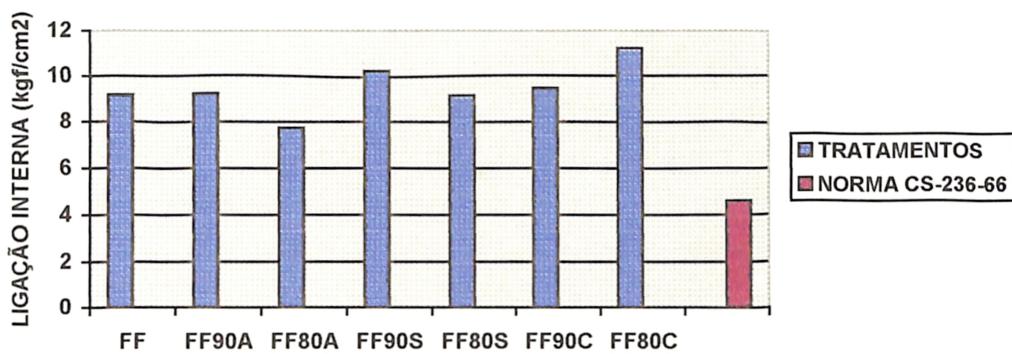


FIGURA 7A - Comparação dos valores médios obtidos para a Ligação Interna (LI) das chapas fabricadas com a resina FF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.

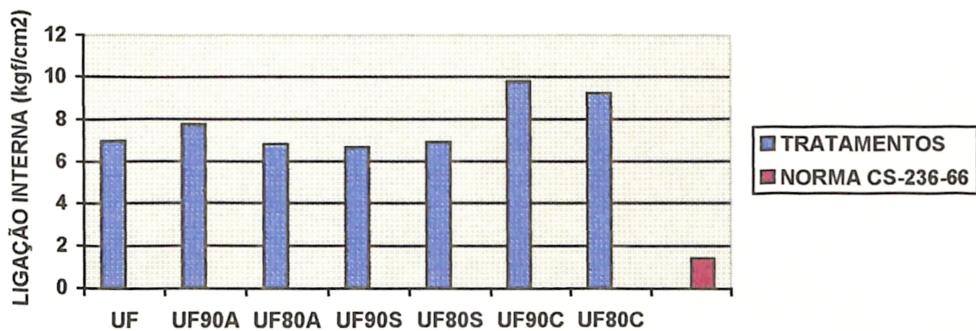


FIGURA 8A - Comparação dos valores médios obtidos para a Ligação Interna (LI) das chapas fabricadas com a resina UF e suas modificações, com o valor mínimo admitido pela norma CS-236-66.