

MÁRCIO TORREÃO INTERAMNENSE

**UTILIZAÇÃO DAS MADEIRAS DE *Eucalyptus cloeziana*  
(F. MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) E *Eucalyptus punctata*  
DC var. *punctata* PARA PRODUÇÃO  
DE PAINÉIS COMPENSADOS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Ph. D. Sidon Keinert Junior

CURITIBA/PR

1998



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **MÁRCIO TORREÃO INTERAMNENSE**, sob o título "**UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus cloeziana* (F.MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) E *Eucalyptus punctata* DC var *punctata* PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS**", para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com média final: (8,7), correspondente ao conceito: (A).

Curitiba, 19 DE FEVEREIRO DE 1998

Pesq. Dr. José Carlos Duarte Pereira  
Primeiro Examinador  
EMBRAPA

Prof. Dr. Setsuo Iwakiri  
Segundo Examinador  
UFPR

Prof. Dr. Sidon Keinert Junior  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR



A minha mãe

pelo amor e dedicação na minha formação

e aos meus irmãos

Rosângela e

Irumuara

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Sidon Keinert Junior, pela orientação e amizade.

Ao Professor Setsuo Iwakiri, pela co-orientação e sugestões apresentadas.

Ao Professor Henrique Soares Koehler, pela co-orientação e valiosas contribuições.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela aceitação no referido curso.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte financeiro para a realização do curso.

Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo, que generosamente cedeu o material para o desenvolvimento deste trabalho.

À Indústria Karson Ltda, por permitir a utilização de suas instalações.

À Alba Química Indústria e Comercio Ltda por ter cedido gentilmente as resinas para produção dos adesivos.

Ao Funcionário Ademir Cavalli, pela valiosa contribuição na coleta do material.

Aos Funcionários Antonio Perin e Vitor Herrera pelo empenho na produção dos corpos de prova.

A todos aqueles que emprestaram sua amizade e apoio durante a realização deste curso, em particular a Carlos Roberto Rincoski, Geraldo Bortoletto, João Vicente Latorraca, Márcio Pereira da Rocha, Nilton José de Souza, Ricardo Jorge Klitzke, Roberto Rochadelli.

Às pessoas que, de uma forma ou de outra, colaboraram para realização deste trabalho e tiveram seus nomes aqui omitidos.

**MUITO OBRIGADO**

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi	
LISTA DE FIGURAS.....	viii	
RESUMO.....	ix	
ABSTRACT.....	x	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS.....	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1	AS TENSÕES DE CRESCIMENTO.....	5
2.1.1	Distribuição das Tensões de Crescimento nas Árvores.....	5
2.1.2	Avaliação das Tensões de Crescimento.....	8
2.4	Neutralização das Tensões de Crescimento e Redução das Rachaduras de Topos nas Toras.....	9
2.2	FATORES RELEVANTES NA PRODUÇÃO DE LÂMINAS.....	12
2.2.1	O Processo de Aquecimento de Toras.....	13
2.2.2	O Controle da Qualidade de Laminação em Tornos.....	15
2.2.3	Aspectos Gerais sobre Secagem de Lâminas.....	18
2.3	PRODUÇÃO DE COMPENSADOS.....	21
2.3.1	Características das Lâminas.....	21
2.3.2	Condições de Colagem.....	23
2.3.3	Controle da Qualidade de Colagem.....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E METODOS.....</b>	<b>27</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	27
3.2	AMOSTRAGEM E COLETA DO MATERIAL.....	29
3.3	TRATAMENTOS DE TOPO.....	30

3.4	AQUECIMENTO DE TORAS.....	31
3.5	O PROCESSO DE LAMINAÇÃO.....	32
3.6	SECAGEM DE LÂMINAS.....	32
3.7	DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DE LAMINAÇÃO.....	33
3.8	PRODUÇÃO DE COMPENSADOS.....	34
3.9	AValiação DOS PAINÉIS.....	37
3.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>40</b>
4.1	DENSIDADE BÁSICA.....	40
4.2	RENDIMENTO NA LAMINAÇÃO.....	41
4.3	QUALIDADE DAS LÂMINAS.....	44
4.4	PROPRIEDADES DOS PAINÉIS.....	46
4.4.1	Recuperação da Espessura e Inchamento.....	46
4.4.2	Peso Específico.....	51
4.4.3	Flexão Estática.....	52
4.4.4	Resistência da Linha de Cola.....	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>67</b>
	ANEXOS	
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

## LISTA DE TABELAS

1	CICLO DE PRENSAGEM.....	36
2	FORMULAÇÃO DOS ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	36
3	NÚMERO DE CORPOS DE PROVA POR ENSAIO.....	38
4	FATORES, NÍVEIS E VALORES APLICADOS NOS TRATAMENTOS POR ADESIVO.....	39
5	TRATAMENTOS MANUFATURA NA CONFECÇÃO DOS PAINÉIS.....	39
6	VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE BÁSICA ( $\text{g/cm}^3$ ) POR ESPÉCIE.....	40
7	DIÂMETROS EM (cm) DAS TORAS MEDIDO NOS TOPOS MAIOR E MENOR.....	41
8	DIÂMETROS DAS TORAS ARREDONDADAS E ROLO RESTO APÓS A LAMINAÇÃO.....	42
9	VOLUMES MÉDIOS POR ESPÉCIE ENTRE AS DIFERENTES OPERAÇÕES INDUSTRIAIS.....	42
10	PERDAS PERCENTUAIS MÉDIAS NAS DIFERENTES OPERAÇÕES INDUSTRIAIS.....	43
11	COMPARAÇÃO DE RENDIMENTO MÉDIOS DA LAMINAÇÃO COM OUTROS AUTORES.....	44
12	NÚMERO DE LÂMINAS OBTIDAS DAS DIFERENTES QUALIDADES SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DA ABIMCE. VALORES AGRUPADOS POR ESPÉCIE E EM PORCENTAGEM.....	45
13	VALORES DE VISCOSIDADE E pH POR TRATAMENTO.....	46
14	VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA <i>Eucalyptus cloeziana</i> EM (%) ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	48
15	VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA <i>Eucalyptus maculata</i> ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	49
16	COMPARAÇÃO DOS VALORES DE INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA E RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA OBTIDOS NESTE TRABALHO, COM VALORES ENCONTRADOS NA LITERATURA.....	50

17	PESO ESPECÍFICO MÉDIO DOS PAINÉIS POR ESPÉCIE, TRATAMENTO E ADESIVO.....	51
18	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR À GRÃ PARA O <i>Eucalyptus cloeziana</i> EM (Kgf/cm <sup>2</sup> ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	52
19	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR À GRÃ PARA O <i>Eucalyptus maculata</i> EM (Kgf/cm <sup>2</sup> ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	55
20	COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA, ADESIVO FENOL-FORMOL DESTE TRABALHO COM VALORES OBTIDOS POR DIFERENTES AUTORES.....	59
21	COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA, ADESIVO URÉIA-FORMOL DESTE TRABALHO COM VALORES OBTIDOS POR DIFERENTES AUTORES.....	60
22	VALORES MÉDIOS DE RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO, ÚMIDO E FERVURA PARA O <i>Eucalyptus cloeziana</i> EM (Kgf/cm <sup>2</sup> ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	62
23	ESTATÍSTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO SECO PARA O <i>Eucalyptus cloeziana</i> E <i>Eucalyptus maculata</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	63
24	VALORES MÉDIOS DE RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO, ÚMIDO E FERVURA PARA O <i>Eucalyptus maculata</i> EM (Kgf/cm <sup>2</sup> ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	64
25	ESTATÍSTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO ÚMIDO E FERVURA PARA O <i>Eucalyptus cloeziana</i> E <i>Eucalyptus maculata</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	64
26	COMPARAÇÃO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA OBTIDOS NESTE TRABALHO, COM OUTROS ENCONTRADOS NA LITERATURA.....	65



## LISTA DE FIGURAS

1	DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM ÁRVORES E TORAS.....	7
2	TÉCNICAS DE CORTE UTILIZANDO O ANELAMENTO COM MOTOSERRA VISANDO O ALÍVIO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO NO TOPO DAS TORAS.....	10
3	ELEMENTOS CONSTITUÍNTES DE UM TORNO LAMINADOR.....	18
4	ANELAMENTO COM MOTOSERRA DA ÁRVORE EM PÉ.....	30
5	TRAÇAMENTO, TRATAMENTOS E POSIÇÃO DE RETIRADA DOS DISCOS DAS TORAS.....	31
6	ESQUEMA DE RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA, FLEXÃO ESTÁTICA; LINHA DE COLA; INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO DA ESPESSURA; PESO ESPECÍFICO.....	38
7	MÓDULO DE RUPTURA PARALELO À GRÃ ADESIVO URÉIA-FORMOL <i>Eucalyptus cloeziana</i> .....	53
8	MÓDULO DE ELASTICIDADE PARALELO À GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL <i>Eucalyptus cloeziana</i> .....	54
9	MÓDULO DE ELASTICIDADE PARALELO À GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL <i>Eucalyptus maculata</i> .....	56
10	MÓDULO DE RUPTURA PARALELO À GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL <i>Eucalyptus maculata</i> .....	57
11	MÓDULO DE ELASTICIDADE PERPENDICULAR À GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL <i>Eucalyptus maculata</i> .....	58

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo a utilização da madeira de *Eucalyptus cloeziana* (F. MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) e *Eucalyptus punctata* DC var *punctata* na produção de lâminas e compensados. A madeira foi coletada em plantios experimentais do Instituto Florestal do Estado de São Paulo com aproximadamente 25 anos. O número total de árvores coletadas foi nove, três por espécie. Ainda no campo as toras receberam tratamento de topo, anelamento com motoserra, cintamento metálico e selador no sentido de minimizar as tensões de crescimento. O experimento foi completamente casualizado com arranjo fatorial dos dados, sendo a análise realizada por espécie. As lâminas foram produzidas na Indústria Karson Ltda à uma espessura de 2 mm. A qualidade das lâminas está de acordo com a ABIMCE. Foram estudados dois tempos de prensagem (7 e 13 minutos) e as temperaturas de prensagem foram divididas por resinas, uréia-formol (90 e 110° C) e fenol-formol (135 e 155° C) com um total de dezesseis tratamentos, sendo oito por espécie. Foram produzidos oitenta painéis de 0,50 x 0,50 m. Os valores de densidade básica para o *Eucalyptus cloeziana* foi de 0,80 (g/cm<sup>3</sup>), *Eucalyptus maculata* de 0,78 (g/cm<sup>3</sup>) e *Eucalyptus punctata* de 0,76 (g/cm<sup>3</sup>). As perdas observadas com laminação foram de 49,57% para o *Eucalyptus cloeziana*, 55,14% para o *Eucalyptus maculata* e de 82,43% para o *Eucalyptus punctata*, o que inviabilizou a produção de lâminas inteiras e compensados desta espécie. No ensaio de recuperação da espessura e inchamento mais recuperação de *Eucalyptus cloeziana* os fatores examinados não apresentaram diferenças significativas para ambos adesivos, para o *Eucalyptus maculata* no adesivo uréia-formol não apresentou diferença significativa, no adesivo fenol-formol a recuperação em espessura foi de 4,22% e o inchamento mais recuperação em espessura de 11,43%. O ensaio de flexão estática paralela à grã, *Eucalyptus cloeziana*, adesivo uréia-formol o MOE não apresentou diferença significativa e o MOR valores superiores à 883 kgf/cm<sup>2</sup>, no adesivo fenol-formol o MOE apresentou valores superiores 171103 kgf/cm<sup>2</sup>, na flexão estática perpendicular os fatores examinados não apresentaram diferenças significativas para ambos adesivos. Para o *Eucalyptus maculata*, paralela à grã adesivo uréia-formol o MOE apresentou valores superiores à 165647 kgf/cm<sup>2</sup> e o MOR superiores à 805 kgf/cm<sup>2</sup>, no adesivo fenol-formol o MOE e o MOR apresentaram valores acima de 160327 kgf/cm<sup>2</sup> e 706 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Na flexão estática perpendicular à grã, adesivo uréia-formol o MOE e o MOR não apresentaram diferenças significativas, no adesivo fenol-formol o MOE apresentou valores superiores à 44714 kgf/cm<sup>2</sup> e o MOR não apresentou diferenças significativas. No ensaio de resistência da linha de cola os fatores examinados não apresentaram diferenças significativas para ambas espécies e adesivos, e os valores de falha na madeira tanto para o ensaio seco, úmido e fervura apresentaram-se similares há outras espécies. Com base nos resultados obtidos, os painéis produzidos tem potencial para serem utilizados comercialmente.

## ABSTRACT

This work had as objective the use of the timber of *Eucalyptus cloeziana* (F. MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) and *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* in the production of blades and veneer. The timber was collected in experimental plantation in the Forest Institute of São Paulo State with approximately 25 years old. Nine trees were collected being one tree from each species. In the field the logs receive top treatment, girdling with chainsaw, metallic banding and sealer to minimize the growth stress. The experiment was totally casualized with factorial arrangement of data with the analysis made by species. The quality of the blades was made according to ABIMCE and they were produced at Industry Karson Ltd. with the thickness of 2 mm. Two times of press (7 and 13 minutes) and the temperatures of press were divided by resins, urea formaldehyde (90 and 110° C) and phenol formaldehyde (135 and 155° C) with a total of sixteen treatments, being eight by species. Eighty panels (0.50 x 0.50 m) were produced. The basic values of density for *E. cloeziana* were 0.80 (g.cm<sup>3</sup>), for *E. maculata* 0.78 (g.cm<sup>3</sup>) and for *E. punctata* 0.76 (g.cm<sup>3</sup>). The losses with the pilling were 49.57% for *E. cloeziana*, 55.14% for *E. maculata* and 82.43% for *E. punctata*, what unviable the production of whole blades and veneers of this species. In the assay of recovery of thickness and swelling plus recovery *E. cloeziana* the examined factors did not present significant difference for both adhesives, for *E. maculata* in the adhesive urea formaldehyde did not present significant difference, in the phenol formaldehyde adhesive the recovery in the thickness was 4.22% and the swelling plus recovery in the thickness was 11.43%. The assay of parallel flexure static to the grain, *E. cloeziana* adhesive urea formaldehyde the MOE did not show significant difference and the MOR values over 883 kgf/cm<sup>2</sup>, in the phenol formaldehyde adhesive the MOE presented values over 171103 kgf/cm<sup>2</sup>, in the perpendicular static flexure the examined factors did not present significant differences for both adhesives. For *E. maculata* parallel to the urea formaldehyde adhesive grain the MOE presented values over 165647 kgf/cm<sup>2</sup> and the MOR over 805 kgf/cm<sup>2</sup>, in the phenol formaldehyde adhesive MOE and MOR presented values over 160327 kgf/cm<sup>2</sup> and 706 kgf/cm<sup>2</sup> respectively. In the perpendicular static flexure to the grain, urea formaldehyde adhesive the MOE and the MOR did not present significant differences, in the phenol formaldehyde adhesive the MOE presented values over 44714 kgf/cm<sup>2</sup> and the MOR did not present significant differences. In the resistance assay of glue line the examined factors did not present significant differences for both species and adhesives, and the fail values in the timber for the wet, humid and boiling assay presented similar to the other species. With the obtained results, the produced panels have potential to be used commercially.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é uma das matérias-primas mais versáteis para o uso humano, sendo que a sua utilização é um campo amplo de pesquisa em florestas.

As condições climáticas, a extensão territorial e mão-de-obra disponível, permitem ao Brasil assumir uma posição mundial de elevado destaque na manutenção e rápido desenvolvimento de suas florestas.

A estrutura e a composição de seus elementos constituintes do lenho, determinam as suas propriedades físicas e mecânicas e sua aptidão para o uso comercial.

Existem madeiras para todos os fins e utilização, porém é indispensável conhecer as diferentes características e propriedades suas e de seus produtos derivados, e a otimizar aquelas que melhor se adaptam em um determinado serviço. A utilização efetiva se vê afetada pela sua heterogeneidade e variabilidade, e muitas vezes, pela falta de informação básica disponível sobre as propriedades.

As espécies do gênero *Eucalyptus* são de fundamental importância ao desenvolvimento sócio-econômico do setor industrial florestal, devido à grande capacidade de adaptabilidade, crescimento e ao fato de sua madeira apresentar características físicas e mecânicas favoráveis ao desenvolvimento de produtos, tais como: celulose, carvão, energia, faqueados, laminados, moirões, serrados ; pouco tem sido pesquisado no que diz respeito à produção de lâminas e compensados. Os motivos mais relevantes que impedem a sua utilização são a existência de certas características indesejáveis, sendo as mais importantes a ocorrência de colapso durante a secagem e a presença das tensões de crescimento.

O conhecimento dos fatores desfavoráveis e a busca de técnicas apropriadas na minimização destes, é um campo de pesquisa muito amplo àqueles que procuram espécies alternativas.

Os primeiros plantios do gênero *Eucalyptus* foram introduzidos por Edmundo Navarro de Andrade, funcionário da Companhia Paulista de Estrada de Ferro, de material oriundo da Austrália no ano de 1904 no Hôrto de Jundiaí, no Estado de São Paulo.

De acordo com PIO (1995), atualmente as pesquisas são desenvolvidas visando minimizar as tensões de crescimento através de técnicas como o anelamento do topo, cintamento metálico dos topos das toras, procura de material genético adequado, dentre outras, o que irá gerar um maior aproveitamento deste gênero, tanto no desdobro quanto na laminação de toras para a produção de painéis compensados.

O compensado por sua vez é um painel formado por lâminas delgadas de madeira, justapostas em camadas ímpares, coladas entre si de maneira que a direção da grã de camadas adjacentes formem ângulo de 90° entre si.

No Brasil os compensados foram introduzidos por volta de 1928 e 1945 nos estados de São Paulo e Paraná. Atualmente grande número de indústrias atende à demanda nacional deste produto (LARA PALMA, 1994).

A designação do uso final do compensado é função da espécie, da qualidade das lâminas, e do tipo de adesivo usado na fabricação da chapa.

O presente trabalho contém informações sobre a utilização da madeira de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus punctata*, na produção de compensados à base de adesivo uréia-formaldeído e fenol-formaldeído para a indústria laminadora e de painéis compensados.

## 1.1 OBJETIVOS

Avaliação da qualidade das madeiras de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus punctata*, como matéria-prima alternativa na produção de compensados.

### Objetivos Específicos

- Determinar o rendimento das etapas da laminação e classificação das lâminas produzidas;
- Análise dos ciclos de prensagem realizados e a sua influência sobre as propriedades dos compensados produzidos;
- Dar subsídios para a produção de compensados laminados a partir da madeira de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus punctata*.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

O gênero *Eucalyptus* pode ser considerado como um dos de maior possibilidade para produzir produtos alternativos na substituição de espécies nativas. No Brasil é plantado fundamentalmente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, sul do Maranhão, Bahia, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (KEINERT JUNIOR, 1982). Sua madeira pode ser utilizada na produção de serrados, laminados, celulose, carvão, moirões, energia e outros fins. Entretanto, as toras de *Eucalyptus* apresentam algumas características indesejáveis, destacando-se as tensões de crescimento, empenamentos, torções, contrações ocasionadas pela secagem, colapso e fibras reversas (FAO, 1981).

A grande variedade de espécies de *Eucalyptus* plantadas no Brasil permitirá a substituição do uso de várias folhosas nativas, sendo imprescindíveis a identificação de espécies apropriadas aos diversos fins. É importante destacar a importância do desenvolvimento de programas de melhoramento genético com vistas à redução das tensões de crescimento, permitindo um maior aproveitamento da matéria-prima durante o desdobro, possibilitando sua utilização em grande escala como madeira serrada, laminados, móveis, vigas laminadas, e produtos de maior valor agregado, entre outros (ROZAS MELLADO, 1993).

A utilização da madeira de eucalipto, permitirá substituir a madeira de folhosas nativas, sendo esta uma tendência recente e, aparentemente, irreversível, podendo vir a diminuir a possibilidade de continuar importando espécies do Paraguai, como é o caso, embora restrito, da peroba, cedro, marfim, entre outras.

## 2.1 AS TENSÕES DE CRESCIMENTO

LISBÔA (1993), comenta que as tensões de crescimento atuam longitudinalmente e transversalmente em relação ao tronco de uma árvore. Em folhosas podem alcançar níveis elevados, especialmente em madeira dos gêneros *Eucalyptus*, *Fagus* e *Populus* (NICHOLSON, 1973). Estão presentes nas árvores, vindo a se manifestar em toras no momento ou logo após a derrubada. MC COUBE *apud* MC MILLAN (1978), relata que na Austrália, são utilizadas diversas espécies de *Eucalyptus* na produção de compensados, alguns com os mais altos padrões de qualidade, mas apresentando um baixo rendimento em consequência das rachaduras de topo, ocasionadas devido a existência das tensões de crescimento. Segundo ROZAS MELLADO (1993), as primeiras tentativas de se explicar a origem das tensões de crescimento foram feitas por MARTLEY (1928); DINWOODIE (1966); BOYD (1972); CHAFE (1979) e CONRADIE (1980), que observaram que tábuas de Olmo (*Ulmus sp*) curvavam-se logo após o desdobro, como resultado de tensões causadas pelo aumento do peso da árvore durante o seu crescimento.

Imediatamente após a derrubada da árvore podem surgir rachaduras nos topos das toras, devido ao gradiente de tensão longitudinal que existe entre o lado interior e exterior do tronco, associada com o efeito das tensões transversais. As tensões de crescimento tangenciais são forças de compressão próximas a periferia da árvore, a tensão radial que é superior, está próxima a medula, estando balanceadas (ROZAS MELLADO, 1993).

### 2.1.1 Distribuição das Tensões de Crescimento nas Árvores

Segundo NICHOLSON (1973), citado por ROZAS MELLADO (1993), demonstra que a magnitude e distribuição das tensões de crescimento resultam da fisiologia e das



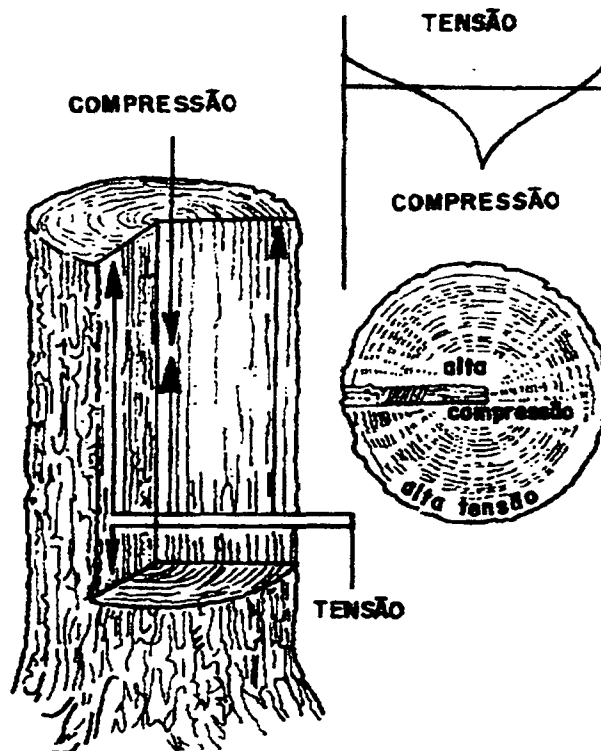
propriedades da madeira, que são tanto genéticas como modificadas pelo meio ambiente. JACOBS (1965), estudando a distribuição das tensões internas de crescimento, observou que este fenômeno de deformação ocorre nos troncos, galhos e raízes de eucalipto.

De acordo com MALAN (1984), em algumas espécies o aumento do diâmetro da árvore e o efeito acumulativo das camadas sucessivas de crescimento em estado de tração, induz a uma compressão na parte central do tronco, superior ao seu limite elástico, causando o desenvolvimento de inúmeras fendas de compressão tanto na madeira como na parede das células, fenômeno denominado de madeira quebradiça (brittleheart).

Segundo SALES (1982), não há nenhuma variação apreciável entre a primeira e segunda tora. CHAFE (1981), observou um aumento das tensões de crescimento longitudinais com a altura da árvore em madeira de *Eucalyptus regnans*, embora não estatisticamente significativo, concluindo, portanto, que as toras obtidas das regiões mais altas das árvores, podem ser mais propensas a rachaduras. MALAN (1984), observou que as rachaduras em madeira de *Eucalyptus grandis* foram consideravelmente maiores nos primeiros 2-3 metros, diminuindo de intensidade com a altura da árvore, concluindo que as toras acima de três metros podem ser mais adequadas para serraria ou laminação, contradizendo o trabalho de (CHAFE, 1981).

De acordo com JACOBS (1965), os troncos das árvores quando crescem em diâmetro, são submetidos a um ligeiro encurtamento entre dois pontos quaisquer, próximo a periferia e no sentido longitudinal, o que impõe uma compressão axial na madeira interna em direção à medula e uma progressiva tração na periferia da árvore, o que é mostrado na FIGURA 01.

FIGURA 01 - DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM ÁRVORES E TORAS



Fonte: Maeglin *et al.* (1983)

Este fenômeno deve-se à incorporação da lignina nos espaços inter-microfibrilares da parede secundária o que induz a uma contração longitudinal da célula como resultado da expansão no plano transversal nas camadas de crescimento (PIO, 1995). De acordo com BOYD (1950,1972) e WATANABE (1965), a quantidade de lignina polimerizada é diferente em diferentes áreas das tensões periféricas.

JANKOWSKI & AGUIAR (1983), estudaram o comportamento e distribuição das tensões de crescimento nos troncos das árvores de *Eucalyptus spp*, onde observaram mudanças em extensão e tendências a curvaturas das amostras retiradas de pranchões. De suas observações concluíram que a madeira próxima à periferia da árvore estava sob tração longitudinal e no centro, próximo à medula, estava sob compressão.

### 2.1.2 Avaliação das Tensões de Crescimento

Segundo NICHOLSON (1973), a partir do momento que as árvores são cortadas, as tensões de crescimento são liberadas e podem provocar três principais defeitos:

- fendas ou rachaduras nos extremos das toras, após o corte das árvores;
- cerne quebradiço, resultado da excessiva tensão de compressão, limitando o uso desta madeira.

Dentre os defeitos citados, as rachaduras de topo são as mais evidentes manifestações das tensões de crescimento.

Nenhum dos métodos utilizados até agora para avaliar os níveis das tensões de crescimento contempla a medição direta destas tensões. Todos eles se baseiam no princípio da liberação parcial das tensões de crescimento, seja num ponto ou ao redor da tora, onde são medidas as tensões. Vários métodos de medição de superfície têm sido utilizado nos últimos anos, onde as deformações podem ser obtidas através de medidores de deformação, convenientemente ajustados em pontos pré-selecionados (ROZAS MELLADO 1993).

NICHOLSON (1971), desenvolveu um método rápido para determinar as tensões longitudinais de crescimento na superfície das toras ou árvores. O método consiste em medir a tensão de deformação longitudinal de pequenos segmentos extraídos da superfície da madeira. Os segmentos são retirados de vários pontos ao redor da tora, seguindo como referência uma linha pré-desenhada ao redor da tora. Em amostras localizadas na superfície, foram medidos três pontos no sentido axial da tora, sendo retiradas posteriormente as amostras contendo estes três pontos. Antes e após a remoção dos segmentos os pontos foram medidos, e determinadas as deformações através da diferença em comprimento que estes segmentos apresentam.

### 2.1.3 Neutralização das Tensões de Crescimento e Redução das Rachaduras de Topos das Toras..

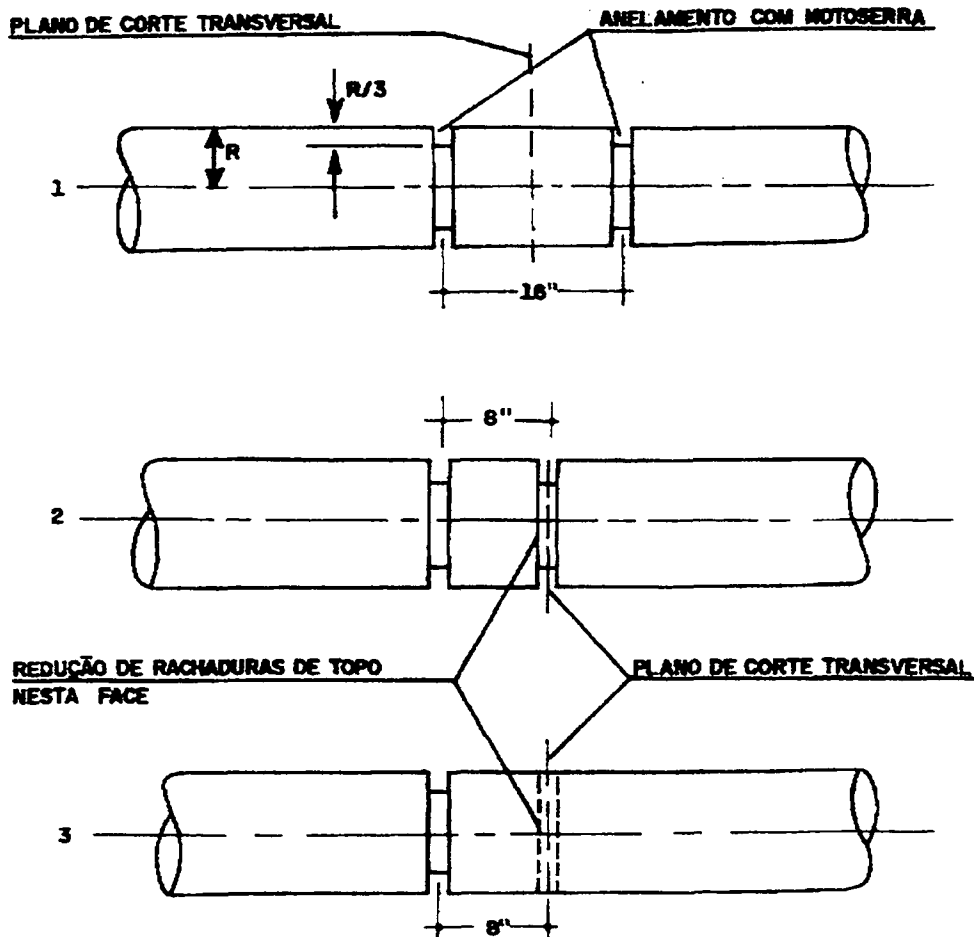
Um dos métodos utilizados por WILHELMY & KUBLER (1973) citados KUBLER (1987), KUBLER & CHEN (1975), DE VILLIERS (1973), é a utilização de fitas metálicas plásticas, que são colocadas ao redor do tronco das árvores antes da sua derrubada.

VILLIERS (1973) e NICHOLSON (1973) , utilizaram a técnica de secagem de árvore em pé pelo anelamento do alburno, obtiveram bons resultados na diminuição das rachaduras de topo, mas devido a necessidade de um longo período de espera da árvore no campo pode trazer alguns inconvenientes para o processamento das toras, como a secagem superficial do tronco e ataque de fungos e insetos.

MALAN (1984) e AGUIAR (1986), comentam sobre os trabalhos de TISSEVERAISEQUE (1967), MAYER-WEGEGLIN (1955), que a utilização de peças metálicas na face do topo das toras como Gang Nail e ganchos na forma de S ou C, após o corte transversal, não reduzem as tensões internas de crescimento, porém restringem o crescimento das rachaduras, deixando o topo intacto até que o processo de secagem aumente a resistência a tração radial e contrabalance a tensão interna.

BARNACLE & GOTTSTEIN (1968), após analisarem teoricamente as várias formas de avaliar as tensões de crescimento antes do corte transversal das toras, testaram três técnicas de anelamento circunferencial com motosserra em toras de *Eucalyptus crypelloarpa* e *Eucalyptus regnans*, conforme FIGURA 02. Chegaram a conclusão que a primeira técnica resulta em proteção para as faces de ambos os topos expostos pelo corte transversal, e tanto a segunda quanto a terceira protegem somente uma das faces.

FIGURA 02 - TÉCNICAS DE CORTE UTILIZANDO O ANELAMENTO COM MOTOSERRA VISANDO O ALÍVIO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO NO TOPO DAS TORAS



Fonte: Barnacle & Gottstein, (1968)

VAN WIK (1978), utilizando-se do anelamento com motosserra a uma profundidade variando entre 2,5 a 4,0 cm e a uma distância do corte transversal correspondente a 1/3 do diâmetro, determinou uma redistribuição das tensões.

CONRADIE (1980), *apud* KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994), estudando a possibilidade da neutralização das tensões de crescimento nos topos das toras de *Eucalyptus grandis*, visando a utilização desta madeira na indústria de compensados, testou o

anelamento superficial com três profundidades de corte e três distâncias entre o anelamento e o corte transversal. Concluiu que os valores das rachaduras diminuíram com o aumento da profundidade para o topo da tora.

SKOLMEM (1965), a fim de reduzir rachaduras de topo em toras, aplicou uma emulsão de cera no topo, concluindo que este tratamento não era tão eficiente quanto aspersão d'água.

AGUIAR (1986), estudando métodos para controle das rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis*, concluiu que:

- o anelamento com motosserra antes da derrubada das árvores diminui sensivelmente as rachaduras de topo provenientes das tensões internas de crescimento;
- o armazenamento de toras sob aspersão d'água ou imersas em água não permitem a secagem externas das toras e, conseqüentemente, não há formação de tensões ocasionadas pela secagem;
- a proteção de topo do tipo Gang Nail apresenta uma boa eficiência para toras armazenadas sob imersão ou aspersão d'água, contribuindo para minimizar as rachaduras provenientes de tensões internas de crescimento, porém não são suficientes para conter as tensões de secagem;
- há uma diminuição significativa das tensões internas de crescimento com o aumento do tempo de armazenamento das toras sob imersão total.

KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994), em seu trabalho visando a diminuição das rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus spp*, concluíram que tratamento dos topos utilizando a técnica de anelamento é fundamental para minimizar o problema das tensões de crescimento.

PIO (1995), aplicou técnicas conjugadas de tratamento de topo para *Eucalyptus robusta* e *Eucalyptus scabra*; anelamento com motosserra, cintamento metálico e utilização de

cera no topos. Esses tratamentos aliados ao aquecimento das toras minimizaram as rachaduras de topo e contribuíram para melhora no rendimento de laminação.

## 2.2 FATORES RELEVANTES NA PRODUÇÃO DE LÂMINAS

Geralmente as latifoliadas são mais facilmente transformadas em lâminas que as coníferas. Isto é explicado ao fato de que as latifoliadas respondem melhor aos esforços de flexão produzindo lâminas menos danificadas por fendilhamento.

Segundo LUTZ (1978), a razão parece estar relacionada ao menor conteúdo de lignina nas latifolidas e ao fato de ser esta mais termoplástica que a correspondente as coníferas.

O peso específico é uma característica importante, e de um modo geral, espécies que apresentam valores muito baixos, produzem lâminas felpudas, e espécies de valores muito elevados consomem mais energia e as lâminas apresentam maior fendilhamento. Nos EUA a faixa de peso específico que se utiliza é de 320-650 kg/m<sup>3</sup> (LUTZ, 1978).

De acordo com LUTZ (1978), normalmente as toras são laminadas pouco tempo após serem cortadas. Neste momento o conteúdo de umidade é muito próximo ao conteúdo de umidade da árvore em pé. No momento da obtenção das lâminas, a tora é seccionada pela faca do torno, o teor de umidade da tora é muito alto, ocorrendo portanto, uma compressão que pode levar a que a água (praticamente incompressível) arrebente as fibras da madeira. Também experiências realizadas nos Laboratórios de Produtos Florestais dos EUA indicam que toras laminadas a umidade inferior a 25% produziram lâminas ruins, e que umidades no intervalo de 50-60% resultavam em melhores lâminas.

BRYANT *et al*, *apud* LUTZ (1967), encontraram que a diferença no conteúdo de umidade entre as diferentes partes de uma mesma tora, afeta a uniformidade de espessura.

Partes mais úmidas (alburno) resultaram em lâminas mais delgadas que as correspondentes às porções menos úmidas (cerne).

LUTZ (1978), ressalta a importância da permeabilidade, que é um fator que tem influência nas operações de laminação, secagem e colagem. A madeira que apresente uma boa permeabilidade pode diminuir o problema de eliminação de água durante a laminação, facilitando a secagem e propiciando uma melhora nas condições para a colagem através da eliminação do vapor de água, desprendida durante a cura da cola. Ainda segundo o mesmo autor, a estrutura da madeira e a velocidade de crescimento são fatores que afetam a qualidade de lâminas. Espécies de rápido crescimento e que apresentem muita diferença entre o peso específico do lenho primaveril e o lenho outonal são as mais difíceis de laminar. Outros autores como GRANTHAN & ATHERTON (1959), concluíram que isto pode ser minimizado mediante o aquecimento das toras antes da laminação.

### 2.2.1 O Processo de Aquecimento de Toras

Quando se pretende aquecer toras, não se pode deixar de comentar sobre as vantagens e desvantagens que possam vir a ocorrer e do balanço correto entre estas, e analisando o aspecto econômico surgirá a decisão de aquecer ou não.

De acordo com LUTZ (1967), o aquecimento torna a madeira mais plástica, e o grau de plasticidade é função da temperatura da madeira, não do tempo de permanência nessa temperatura.

CORDER & ATHERTON (1963); KOCH (1972); LUTZ (1978), PALKA (1974), citados por KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994), concluíram que toras laminadas a quente apresentam menor fendilhamento que toras laminadas sem aquecimento prévio.



LUTZ (1978), devido a madeira tornar-se mole após o cozimento, comenta que madeiras de alto peso específico tornam-se mais apropriadas para corte; por outro lado, em madeiras menos densas, pode ocorrer o desgarramento das fibras, fazendo com que as lâminas apresentem uma superfície felpuda.

Segundo LUTZ (1967), a temperatura amolece os nós. Em suas pesquisas demonstrou que em presença de nós, o aquecimento melhora a vida útil da faca e diminui a rugosidade das lâminas em torno dos nós.

O aquecimento da madeira gera uma expansão tangencial e uma contração radial, o que, dependendo da espécie e temperatura, origina rachaduras no topo, o que é prejudicial ao processo de laminação (LUTZ, 1978).

Segundo LUTZ (1978), o aquecimento da tora pode levar ao desgaste do topo em consequência do torque do torno no momento da laminação. Quando da ocorrência do desgaste a causa mais freqüente é a não uniformidade de temperatura na tora. Os topos estão mais quentes e mais moles que a parte central da tora, como consequência a força de corte necessária será maior no centro, sendo este gradiente final de força o responsável pelo desgaste do topo.

GRANTHAN & ATHERTON (1959), *apud* KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994), em relação a uniformidade em espessura, fator importante na qualidade de lâmina, não detectaram diferenças entre lâminas produzidas a partir de toras aquecidas e não aquecidas.

KOLLMANN *et al.* (1975), na maioria das espécies um bom corte pode-se obter dentro de um intervalo de temperatura. As temperaturas requeridas ou apropriadas para laminar as coníferas são geralmente mais altas que as requeridas para latifoliadas de densidade equivalentes. Isto pode ser consequência devido a estrutura da madeira das coníferas, que é caracterizada por faixas alternadas de lenho primaveril pouco denso e lenho outonal denso.

KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994), relatam o trabalho de FLEICHER (1959), citado por LUTZ (1978), que estabeleceu a relação entre a densidade da madeira de algumas latifoliadas e a temperatura apropriada para sua laminação, a qual estabelece um intervalo de temperatura para cada densidade. Após a determinação da temperatura, necessita-se calcular o tempo suficiente de permanência da tora submetida ao processo de aquecimento para que esta seja atingida.

Segundo KOLLMANN *et al.* (1975), o tempo necessário vai depender de alguns fatores, entre estes: espécie, diâmetro, teor e gradiente de umidade, temperatura inicial, temperatura desejada, tipo de tanque de aquecimento e meio utilizado como aquecedor.

FETHL (1972), comparando a influência do peso específico verde (peso verde/volume verde) e a densidade básica (peso seco/volume verde), estabeleceu que o segundo é o que deve ser considerado no cálculo do tempo de aquecimento, uma vez que haja uma variação do peso específico verde, este altera significativamente o tempo necessário, não comportando-se do mesmo modo quando ocorre uma variação na densidade básica. A relação peso específico verde e tempo de aquecimento é diretamente proporcional.

### 2.2.2 O Controle da Qualidade de Laminação em Tornos

A qualidade da lâmina torneada é determinada por uma série de fatores. As qualidades de lâmina (as características apreciadas), e que dependem primordialmente das técnicas empregadas na laminação são:

- aspereza de lâmina;
- ausência de rachaduras na contra-face;
- e uniformidade de espessura.

Estas propriedades são importantes no processo de fabricação do compensado e podem afetar a economia da produção e a qualidade do produto acabado de diferentes modos.

A aspereza da lâmina tem implicação no fato de que lâminas mais lisas necessitam menos lixamento quando o compensado está pronto e vai ser acabado, reduzindo a perda de madeira e diminuindo os custos de produção.

Um controle preciso da uniformidade da espessura é necessário para que se possa ter uma colagem eficiente, um lixamento controlado e um controle preciso da espessura final do compensado.

Para controlar a qualidade de laminação, um operador de torno se depara com dois problemas; mais precisamente: a seleção das regulagens corretas para o torno e o controle destas regulagens.

Segundo PALKA (1974), a função da faca é de cortar a madeira numa determinada espessura, e de separar a lâmina resultante da tora.

De acordo com LUTZ (1978), caso a faca apresente um ângulo muito grande, serão produzidas lâminas corrugadas, com uma ou duas ondas por centímetro. Quando este ângulo é muito pequeno, as lâminas produzidas apresentam desuniformidade de espessura, sendo este fato observado mais pronunciadamente no inverno em toras que não sofreram aquecimento uniforme. Ao utilizar-se ângulos de afiação muito grandes favorece-se a formação de fendas de laminação. O fio da faca é de importância fundamental na rugosidade das lâminas, ao melhorar-se a qualidade do fio temos uma diminuição na rugosidade. Uma faca cega combinada com altas pressões favorece o arrebentamento da parede celular pela água.

Segundo PIO (1995), a faca deve ter cerca de 1,5 cm de espessura com ângulo de afiação de 20° ou 21°. Esse gume especialmente fino requer um apoio adicional da barra de compressão e da própria tora.

A barra de compressão, ou contra-faca, é um elemento semelhante à faca, montada no mesmo carro que transporta a faca ligeiramente acima do gume, de modo que os dois elementos formam uma abertura, através da qual passa a lâmina. É afiada de maneira semelhante à faca, com um ângulo de 75°, possuindo duas funções básicas:

- a) Comprimir a madeira imediatamente após o corte, evitando rachaduras;
- b) Guiar e apoiar o corte da faca.

De acordo com BALDWIN (1975), a compressão controla a qualidade das lâminas em termos de rugosidade, profundidade das fendas de laminação e uniformidade de espessura.

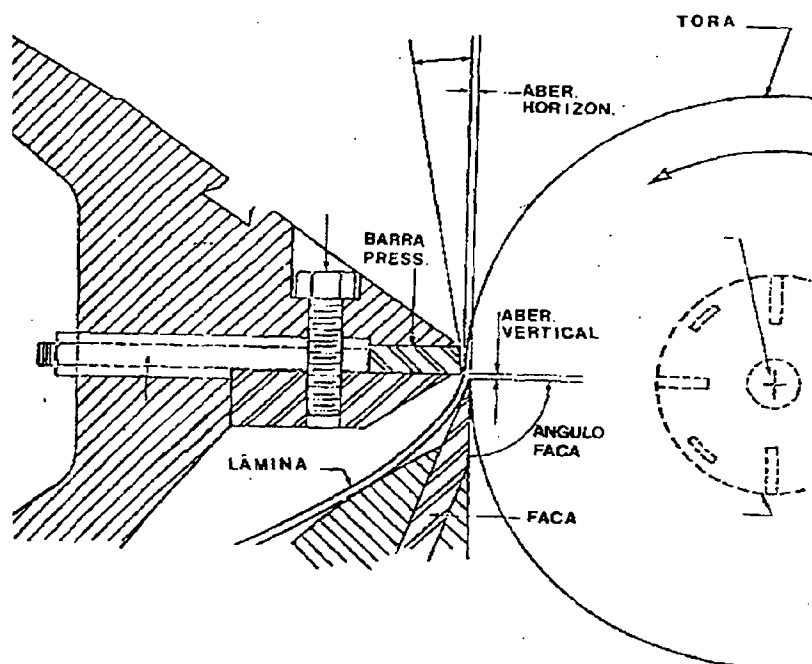
Ao ser utilizadas pressões da barra de pressão demasiadamente altas, pode vir a ocorrer o arrebentamento das paredes celulares pela água, e o surgimento de rachaduras na parte fechada da lâmina (LUTZ, 1978). Ainda segundo o mesmo autor, quando o ajuste das partes do torno determinam uma abertura horizontal pequena e uma abertura horizontal grande, pode-se produzir uma separação da grã nas zonas fracas existentes entre os anéis de crescimento de certas espécies.

MEDINA (1986), o torno deve ser robusto, fixar firmemente a tora e trabalhar a temperatura uniforme para produzir lâminas de boa qualidade. Quando são laminadas toras aquecidas, o calor pode produzir distorções na faca e barra de compressão o que prejudica a qualidade das lâminas.

Alguns autores recomendam como solução deste problema, o aquecimento dos elementos do torno à temperatura de trabalho, dispositivos do esfriamento, e o uso de parafuso de ajuste, sendo a primeira solução a melhor (LUTZ, 1978).

A FIGURA 03, ilustra os elementos constituintes de um torno desfolhador, pois da regulação correta de seus componentes depende uma boa qualidade de seu produto.

FIGURA 03 - ELEMENTOS CONSTITUINTES DE UM TORNO LAMINADOR



Fonte: Medina, (1986)

### 2.2.3 Aspectos Gerais Sobre a Secagem de Lâminas

Sendo a madeira um material higroscópico e que mantém relações dinâmicas com a água do meio ambiente, esta está sujeita a adquirir ou ceder água ao meio, isto em função do seu próprio teor de umidade, da umidade relativa e da temperatura do ambiente.

De modo simplificado, a água se desloca na madeira das regiões de alto para as de baixo teor de umidade. Na forma líquida e como vapor, movimentam-se pelas aberturas naturais da madeira e através das paredes celulares. A secagem da madeira consiste na remoção da umidade de sua superfície, ao mesmo tempo em que ocorre o movimento da água do interior para esta superfície (ROZAS MELLADO, 1993).

TOMASELLI & SANTINI (1980), CHOW *et al.* (1973), citados por KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994), observaram que no caso de compensados, as exigências quanto ao teor de umidade das lâminas variam, dependendo do tipo de chapa em questão. O perfeito controle do teor de umidade é de extrema importância para a produção de compensados. Altos teores de umidade geralmente resultam em colagens pobres, pela formação de bolhas de vapor durante a prensagem (colagem a quente). Por outro lado, quando o teor de umidade é extremamente baixo, resulta também numa colagem pobre. Na prática, uma colagem nestas condições apresentara valores baixos na porcentagem de falha na madeira.

De acordo com LUTZ (1978), o principal problema que se apresenta na secagem é a não uniformidade da umidade final. Os fatores que causam este problema são derivados das diferenças intrínsecas da madeira, de falhas mecânicas na estufa de secagem. O problema se resolve em parte pela homogeneização da carga e o segundo exigem controle periódico das condições termodinâmicas nas diferentes partes do secador.

Segundo TOMASELLI (1980), maiores velocidades de secagem são obtidas no início do processo, ou seja, na fase onde madeira se encontra com o maior teor de umidade. Quanto mais próximo o teor de umidade for de zero, menor será a taxa de secagem (quantidade de água perdida em um determinado período de tempo). Uma diminuição na espessura da lâmina reduz o tempo de secagem, considerando as três dimensões ou planos que apresenta a madeira, a secagem se produz mais rapidamente no sentido longitudinal.

A velocidade do ar durante a secagem talvez seja o fator mais importante quando se considera secagem artificial. O ar é responsável pela transferência de calor da fonte de aquecimento para a superfície da madeira e pela transferência da massa de vapor de água da superfície da madeira para o exterior.

Um problema freqüentemente encontrado em madeira de *Eucalyptus* durante processos de secagem mais severos é o colapso.

ROZAS MELLADO (1993), enumera três definições de colapso segundo diferentes autores:

a) Segundo BRITISH COMMONWEALTH FOREST TERMINOLOGY (1957), citado por SANTINI & TOMASELLI (1980), o colapso é definido como sendo um achatamento ou deformação das células lenhosas durante a secagem, evidenciando uma contração excessiva e/ou desigual na madeira.

b) KAUMANN (1964), o definiu como a diferença entre a contração total de um corpo de prova e contração na mesma direção estrutural de uma extremidade equiparada da seção transversal de 1 mm de espessura na direção da fibra.

c) Para VILLIERRE (1966), o colapso é um defeito de secagem que consiste numa contração excessiva e irregular da madeira, abaixo do P.S.F. O colapso se manifesta principalmente por ocasião da secagem de peças de madeira espessa, particularmente com espessura acima de 50 mm, entretanto, em determinados casos podem surgir em madeira mais finas e até mesmo em lâminas. O colapso se caracteriza freqüentemente por uma superfície mais ou menos ondulado e por aparecimento de fendas internas, no caso de ocorrer forte colapso.

Segundo STAMM (1946), *apud* KOLLMANN (1964), o tempo de secagem para atingir o P.S.F é de pouca influência em madeira serrada, já que o tempo de liberação do esforço de colapso é usualmente menor do que aquele do processo de secagem, exceto em temperaturas de 100<sup>o</sup> C ou menores. Contudo, o colapso em lâminas de 1,5 mm de eucalipto "ash", foi encontrado ser proporcional ao tempo de secagem do estado verde até o P.S.F. É possível que o pequeno decréscimo de colapso observado em madeira seca a vácuo a 105<sup>o</sup> C seja devido ao pequeno tempo de secagem sob baixa pressão.

De acordo com KOLLMANN & COTE (1968), o acondicionamento de madeiras com colapso é possível quando não se desenvolveram rupturas reais na madeira. Uma grande quantidade de material com colapso mostra alguma reação a um tratamento de vaporização

(110° C a 100% de umidade relativa) se ele é executado quando a madeira é seca aproximadamente 15% de teor de umidade. A alta temperatura não pode reproduzir as condições condizentes ao colapso, visto que não há água livre presente nas células abaixo do P.S.F., porém, há bastante plasticização para permitir a recuperação a forma normal ou quase.

MACKAY (1972), ao tratar madeira de *Eucalyptus delegatensis* colapsada, secada a teores de umidade de 5, 12 e 18%, com amônia e vapor, verificou que o teor de umidade de 12% foi o mais adequado para a recuperação do defeito.

## 2.3 PRODUÇÃO DE COMPENSADOS

### 2.3.1 Características das Lâminas

Segundo LUTZ (1978), as lâminas são produtos derivados ou obtidos por corte com uma faca em espessuras que podem variar entre 0,13 mm até 6.35 mm. A produção de lâminas de alta qualidade exige as seguintes condições: espécie adequada; geometria correta para laminação em faqueadeiras; substituição das toras em tempo certo; dentre outros aspectos que devem ser observados (PIO, 1995).

As características mais importantes que devem ser levadas em consideração para definir a qualidade deste produto são: uniformidade de espessura, rugosidade de superfície, deformações, fendas de laminação, cor e figura. Uma lâmina ideal poderia ser definida como aquela uniforme em espessura, com rugosidade maior que a sua própria estrutura, plana, com nenhuma fenda, de cor e figura agradáveis (LUTZ, 1978).

KOCH (1972), fez as seguintes observações sobre os valores de resistência ao cisalhamento de linha de cola em relação a qualidade da madeira e as condições de colagem: verificou que a máxima resistência em úmido é atingida utilizando-se lâminas de alto peso



específico, obtidas laminando a quente, tendo fendas de laminação numerosas e pouco profundas, lâminas obtidas de árvores de crescimento lento, sem uso de extensores secundários, aumentando a quantidade de cola espalhada e reduzindo o tempo de montagem. As primeiras quatro características que se relacionam com a madeira são contrárias àquelas indicadas para obter valores altos de porcentagem de falha na madeira.

Em outras palavras, as condições que tendem a incrementar a resistência da lâmina ( e resistência da junta) resultam em baixos valores de falha na madeira e, contrariamente, a debilitação das lâminas resulta em altos valores de falha na madeira. Em relação à delaminação, estabeleceu que lâminas abertas de madeiras densas delaminam mais rapidamente que lâminas fechadas da mesma densidade. Outros pesquisadores chegaram resultados similares.

FEIHL & GODIN, *apud* JANKOWSKI (1978), indicaram que a variação na espessura afeta a colagem e outras operações na fabricação de compensados, a rugosidade excessiva provoca um aumento no consumo de adesivos, prejudica a linha de cola e condiciona a quantidade de madeira que será retirada das faces do painel durante o lixamento, lâminas com fendas de laminação profundas poderão romper-se quando manipuladas, provocar delaminação sob condições extremas de umidade ou ainda afetar a superfície das faces pelo aparecimento das rachaduras na superfície do painel.

COHW (1974), conduziu um trabalho com a finalidade de determinar o efeito das fendas de laminação na resistência ao cisalhamento da linha de cola em seco e após a ebulição, determinou que: à medida que diminui a profundidade das fendas, a resistência ao cisalhamento aumenta de tal modo que a diminuição de 1% na profundidade das fendas, aumenta a resistência em  $0,01 \text{ N/mm}^2$ . A porcentagem de falha na madeira não sofreu nenhuma variação significativa no seu estudo. Encontrou que também existe uma relação linear entre a penetração do adesivo e os valores de resistência ao cisalhamento. Finalmente, para

compensados onde o grau de cura da resina é ótimo, o valor do cisalhamento é um indicador da qualidade das lâminas.

De acordo com LUTZ (1978), a presença das fendas de laminação afeta a qualidade e o rendimento das lâminas, já que no manuseio se originam as rachaduras.

As lâminas durante a secagem com altas temperaturas, podem ter reduzida a sua resistência mecânica nas capas superficiais, levando a valores baixos de falha na madeira (KOZLIK, 1975).

### 2.3.2 Condições de Colagem

Segundo MEDINA (1986), normalmente as colas são preparadas para um determinado período de tempo de montagem na manufatura de compensados. Este tempo permite que parte da umidade da cola seja absorvida pela lâmina e se produza um aumento da viscosidade. Um tempo demasiadamente curto propicia uma qualidade de lâmina inferior, provavelmente por conter demasiada água na linha de cola, o que levaria a uma cura incompleta do adesivo.

CHOW *et al.* (1973), demonstraram que em longos tempos de montagem não ocorreu polimerização da cola, fato que foi estabelecido por medições do tamanho molecular, o problema que existe com tempos demasiadamente longos se restringe a capacidade de umectação da cola por perda de umidade, ou seja, produz-se um incremento da viscosidade tanto pela evaporação superficial como pela absorção pela madeira, de tal modo que se produz um contato pobre entre a superfície espalhada e não espalhada. Os fatores que devem ser considerados no tempo de montagem são temperatura ambiente, temperatura da lâmina e umidade da lâmina. A temperatura ambiente modifica, no decorrer da colagem, a viscosidade da cola e o seu efeito mais importante é durante o tempo aberto.

FREEMAN (1970), trabalhando com dois tempos de montagem (5 e 20 minutos) e a diferentes temperaturas ambientes, constatou que a porcentagem de falha na madeira no ensaio de linha de cola foi muito baixa para a combinação de longos tempos e altas temperaturas ambiente. Também estabeleceu que quanto maior é a umidade relativa do ambiente, melhor é a colagem.

Segundo CHOW *et al.* (1973), uma pressão adequada é necessária para:

- garantir uma boa transferência da cola da lâmina espalhada à não espalhada;
- manter um bom contato entre as partes mais rugosas durante a cura da resina. As pressões usualmente utilizadas são de 1 N/mm<sup>2</sup> até 1,4 N/mm<sup>2</sup>, dependendo da resistência da madeira utilizada e;
- o tempo de prensagem deve ser o suficiente para que as partes mais internas da linha de cola atinjam a temperatura de cura.

Segundo KOCH (1972), o tempo de montagem depende da densidade da espécie em questão. Para as mais densas utiliza-se um tempo inferior a 13 minutos, e para as menos densas aceitam-se tempos de até 25 minutos.

### 2.3.3 Controle da Qualidade de Colagem

De acordo com NOCK & RICHTER (1978), citados por PIO (1995), deve-se utilizar um adesivo que garanta uma boa umectação do aderente, isto é, adesivo e aderente devem possuir uma polaridade igual ou semelhante. O adesivo deve possuir baixa tensão superficial. Condição esta que não garante por si só uma boa ligação (colagem). Ela é considerada necessária mas não suficiente.

O adesivo não deve desenvolver altas tensões mecânicas durante o processo do seu endurecimento; tensões de tal magnitude podem arrebentar (quebrar) a ligação feita entre adesivo e aderente.

O adesivo não deve possuir resistência mecânica muito maior que o aderente, isto é, deve ser compatível.

A semelhança de polaridade dos adesivos e aderentes, muitas vezes denominada condições necessárias para uma boa colagem, apenas afeta a colagem em respeito a sua influência na umectação.

O adesivo deve possuir uma determinada viscosidade. Este por sua vez não deve ser líquido demais nem denso demais. Caso o adesivo for denso demais, não haverá chance de esparramento, umectação e adesão, e adesão mecânica. Um adesivo líquido demais não fornece uma ligação segura entre as partes.

Quanto à superfície esta deve apresentar-se limpa e com teores de umidade na faixa de 6 a 12%, dependendo do adesivo a ser utilizado na colagem. As madeiras com superfícies secas demais, retiram muito rapidamente a água da linha de cola, apresentando neste caso alta adesão, mas em contra partida a cola logo desaparece na madeira, dando início imediato ao processo de cura. Neste caso o adesivo não é mais capaz de preencher e umectar sob pressão na prensa. Se a madeira estiver úmida demais, a cura e a secagem da linha de cola serão deficientes; o tempo de prensagem será longo, a resistência da linha de cola será baixa, deste modo haverá a formação de bolhas de vapor durante a prensagem.

A superfície de colagem não deve apresentar defeitos causados pelo processo de transformação mecânica. Uma das causas que provocam uma falha aparente de adesão é a fraqueza mecânica da superfície. Como por exemplo, pode-se citar impurezas sólidas e líquidas como pó (lixadeira), substâncias oleosas (ferramentas) que quando concentradas nas superfícies irão originar uma baixa a ligação entre as mesmas.

As superfícies devem ser asperas até um certo ponto (maior área disponível) e porosa (maior adesão mecânica).

Mesmo que as condições da linha de cola sejam perfeitas, pode ocorrer uma linha de cola fraca ou até delaminação completa, quando as tensões formadas durante a cura ultrapassem a resistência mecânica da adesão. As causas destas tensões são a contração da linha de cola durante a secagem e o endurecimento.

Pode-se observar uma maior probabilidade deste tipo de falha na colagem de superfícies lisas com adesivos de alta contração. Estes reagem quimicamente com o aderente mesmo que as condições de umectação sejam ótimas.

Linhas de cola espessas e que apresentem condições de cura extremas, (alta temperatura e pressão), também contribuem para a formação de altas tensões mecânicas.

No caso de superfícies porosas e irregulares, quantidade de cola adequada e condições de endurecimento menos extremas, tendem a aliviar as tensões formadas devido ao entrelaçamento do adesivo nos poros da superfície, diminuição da quantidade de cola endurecida e submetida a tensão de contração, e porque uma certa parte da contração em condições menos rigorosas toma lugar quando o adesivo encontra-se ainda em estado de plasticidade não contribuindo assim para a formação de tensões na cola completamente endurecida.

Segundo MEDINA (1986), de maneira geral, as normas internacionais determinam a qualidade da junta através do teste conhecido como resistência da colagem ao esforço de cisalhamento e, ao valor de resistência obtido adiciona-se outro, conhecido como porcentagem de falha na madeira, o qual é determinado subjetivamente e serve para complementar o anterior. O teste é realizado sob diferentes condições: corpo de prova seco, corpo de prova umedecido com água fria com posterior imersão em água fervente.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizado material oriundo de três Florestas Estaduais do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, localizadas respectivamente nos Municípios de Manduri, Santa Barbara do Rio Pardo e Piraju a aproximadamente 600 Km de Curitiba.

Na Floresta Estadual de Manduri, latitude 23°00' S, longitude 40°19' W, solos Podzólico Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo e algumas variações, coletou-se madeira de *Eucalyptus cloeziana*, com data de plantio 1979/80, com um espaçamento inicial de 3 m x 2 m.

Na Floresta Estadual de Santa Bárbara do Rio Pardo, latitude 22°53' S, longitude 49°14' W, solos Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Amarelo, coletou-se madeira de *Eucalyptus maculata*, com data de plantio 1965/66, espaçamento inicial 5 m x 2,5 m.

Na Floresta Estadual de Piraju, latitude 23°12' S, longitude 49°23' W, solo Latossolo Roxo, coletou-se madeira de *Eucalyptus punctata*, com data do plantio 1968/1969, espaçamento 5 m x 3,0 m.

Nestas Florestas predominaram, altitude média entre 500 e 700 m, uma temperatura média anual de 20° C, precipitação média anual de 1000 a 1400 mm, com tipo climático Cwa (quente de inverno seco). Atualmente encontram-se com 40% da área inicial plantada em virtude de ter sido realizado desbaste seletivo, o qual consistiu em retirar-se as árvores defeituosas e bifurcadas.

Logo após a derrubada das árvores foram realizados os tratamentos de topo nas toras obtidas. Posteriormente estas foram transportadas até a indústria laminadora, situada na Cidade Industrial de Curitiba, onde permaneceram estocadas por um período aproximado de 3 meses até submeterem-se às operações de aquecimento, descascamento, laminação, guilhotinagem e secagem das lâminas.

As lâminas após secas foram transportadas até o Laboratório de Usinagem de Madeiras do Departamento de Engenharia e Tecnologias Rurais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, onde foi realizada a operação de corte no tamanho compatível com a prensa a ser utilizada.

A manufatura dos compensados, a qual compreende as operações de secagem, colagem, prensagem, esquadrejamento até a retirada dos corpos de prova para a determinação das propriedades físicas-mecânicas, foi desenvolvida no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Os adesivos utilizados na manufatura dos compensados foram líquidos, à base de Uréia-Formal e Fenol-Formal, destinado à colagem de madeira para uso interno e externo respectivamente.

O experimento constou de duas partes, na primeira determinou-se o rendimento da operação de laminação, e a qualidade das lâminas obtidas; na segunda parte foi analisado o comportamento das espécies com melhor rendimento em relação aos diferentes ciclos de prensagem. Foi montado um experimento completamente casualizado com arranjo fatorial dos tratamentos, analisando-se os fatores tempo de prensagem e temperatura de prensagem, que foram determinados em função das resinas. A análise dos dados foi realizada por espécie.

### 3.2 AMOSTRAGEM E COLETA DO MATERIAL

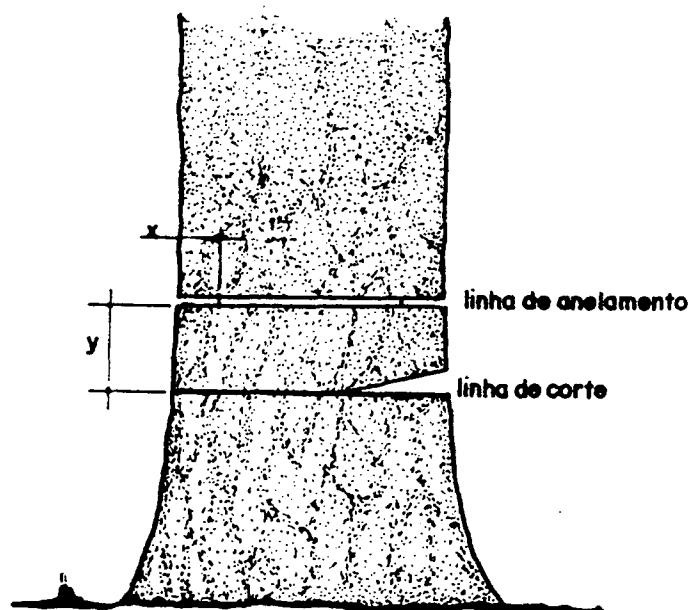
Foram utilizadas nove árvores, sendo três por espécie; número este que satisfaz a Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT). O método de amostragem foi o seletivo retirando-se árvores com base em diâmetros adequados a operação de laminação, em virtude da limitação existente no torno desenrolador o qual apresentava garras com diâmetro aproximado de 10 cm, o que inviabiliza medir satisfatoriamente o rendimento desta operação com toras de diâmetros pequenos.

Antes que cada árvore fosse derrubada, foi realizado um anelamento da árvore em pé, a 35 cm do nível do solo e a uma profundidade aproximada de  $1/3$  do raio da tora, com o objetivo de ter-se uma redução nas rachaduras de topo de acordo com (HILLS, 1978). (FIGURA 04).

Logo após, as árvores foram derrubadas e traçadas de modo igual para as três espécies, retirando-se as três primeiras toras no sentido base-topo da árvore em comprimento de 2 (dois) metros.



FIGURA 04 - ANELAMENTO COM MOTOSERRA DA ÁRVORE EM PÉ



$$x = 1/3 \text{ do raio}$$

$$y = \text{à } 10 \text{ cm de } x$$

Fonte: Rozas Mellado, (1993).

### 3.3 TRATAMENTOS DE TOPO

Assim como AGUIAR (1986) e PIO (1995), observou-se que o gênero *Eucalyptus* é vulnerável ao surgimento de rachaduras de topo, ocasionadas devido a presença de altas tensões de crescimento, surgindo logo após a derrubada da árvore.

Aplicou-se um tratamento de topo conjugado nas toras para as três espécies em questão, este teve por finalidade o controle das rachaduras de topo, tendo como meta um melhor aproveitamento das toras.

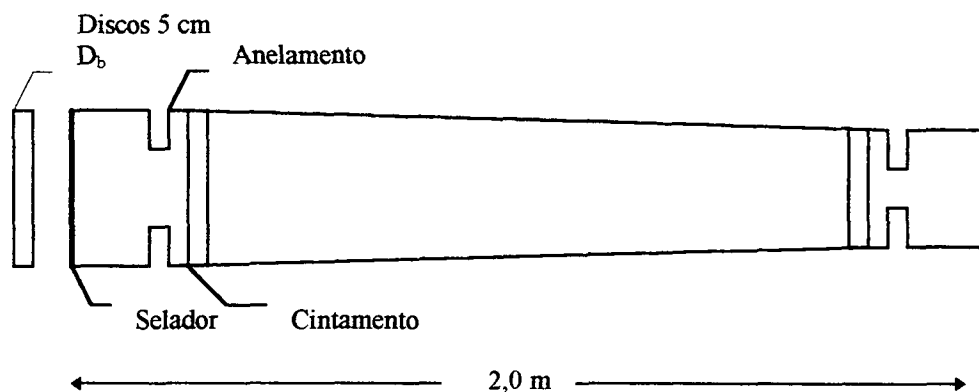
Foi realizado um anelamento a 10 cm de cada topo (maior e menor), em conjunto com cintamento através de fita de aço à 2 cm do anelamento e aplicação de cera nos topos.

Ainda no campo, mediu-se o diâmetro das toras em ambos os topos com casca e sem casca. Posteriormente, na indústria, mediram-se os diâmetros arredondado e do rolo resto, fundamentais para o cálculo do rendimento da operação de laminação.

À medida que iam sendo traçadas e aplicados os tratamentos de topo retiraram-se discos de 5,0 cm de espessura da base inferior de cada tora no sentido base topo da árvore, os quais foram utilizados na determinação da densidade básica.

A FIGURA 05 mostra o traçamento e os tratamentos realizado nas toras, bem como a posição dos discos retirados da base das toras, topo maior, para a obtenção da densidade básica.

FIGURA 05 - TRAÇAMENTO, TRAMENTOS E POSIÇÃO DE RETIRADA DOS DISCOS NAS TORAS



### 3.4 AQUECIMENTO DE TORAS

Logo após um período de 3 meses em que as toras permaneceram estaleiradas no pátio da indústria, foi realizado o aquecimento através de vaporização direta por 48 horas, a uma temperatura de 80° C, definidos em função do peso específico, de modo a tornar a madeira mais plástica e, também, como um modo de aliviar as tensões de crescimento.

Posteriormente ao aquecimento, as toras foram descascadas e destopadas a partir de seus topos em 15 centímetros, ficando com dimensões para laminação de 1,70 metros.

A temperatura utilizada neste aquecimento foi de acordo com experiência da indústria com folhosas de pesos específicos semelhantes.

### 3.5 O PROCESSO DE LAMINAÇÃO

Para o processo de laminação utilizou-se um torno desenrolador automático. Este foi aferido de maneira a proporcionar uma uniformidade na espessura desejada. Foram produzidas lâminas na espessura de 2,0 mm, escolha esta baseada no mercado atual de chapas compensadas, bem como em trabalhos de pesquisas de diversos autores como JANKOWSKY (1978), MEDINA (1986), PIO (1995) dentre outros.

No processo de laminação foram tomadas medições do diâmetro da toras após o arredondamento, assim como medições do rolo resto com a finalidade de se determinar o rendimento da laminação e perdas em cada operação.

Após a laminação, as lâminas foram enroladas em bobinas e, em seguida, guilhotinadas a uma largura de 0,85 m, ficando deste modo com as dimensões finais de 1,70 m x 0,85 m x 0,002 m.

### 3.6 SECAGEM DAS LÂMINAS

As lâminas foram secas em secadores industriais contínuos. Esta operação foi realizada a uma temperatura de 125 °C, com velocidade de passagem de 0,01 m/s. O tempo de secagem, variou entre 25 a 30 minutos, com umidade final de 6%.

### 3.7 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DE LAMINAÇÃO

A metodologia para a determinação do rendimento de laminação foi a utilizada por MEDINA (1986), a qual utiliza as seguintes equações para determinar o volume nas diferentes operações:

i) Volume da tora com casca (V1) e sem casca (V2).

$$V = ((g_1 + g_2)/2) \times L \quad (\text{Smallian})$$

onde:

L = comprimento da tora (m)

$g_1$  = área transversal topo maior (m<sup>2</sup>)

$g_2$  = área transversal topo menor (m<sup>2</sup>)

V = volume (m<sup>3</sup>)

ii) Volume da tora arredondada (V3), e rolo resto (V4).

$$V = \pi \cdot L / 4 \times D^2$$

onde:

L = comprimento da tora (m)

D = diâmetro (m)

V = volume (m<sup>3</sup>)

iii) Volume Laminado.

$$V_5 = V_3 - V_4$$

onde:

V3 = volume da tora arredondada (m<sup>3</sup>)

V4 = volume do rolo resto (m<sup>3</sup>)

V5 = volume laminado (m<sup>3</sup>)

Até a determinação do volume laminado, os cálculos foram realizados individualmente para cada tora, sendo somados a seguir para dar os volumes dentro de cada árvore. O volume das lâminas (V6) foi calculado pela seguinte equação:

iv) Volume das Lâminas

$$V6 = N.v$$

onde:

N = número de lâminas após secagem

v = volume individual médio das lâminas (m<sup>3</sup>)

V6 = volume (m<sup>3</sup>)

De posse desses valores, e por diferença determinaram-se as perdas, expressas em porcentagens, referidas ao volume com casca como 100%.

$$V1 - V2 = \text{perdas com o descascamento (m}^3\text{)}$$

$$V2 - V3 = \text{perdas com o arredondamento (m}^3\text{)}$$

$$V3 - V5 = \text{perdas com o rolo resto (m}^3\text{)}$$

O rendimento quantitativo das lâminas é dado pelo somatório das perdas totais em porcentagem, subtraída de 100 % referidas ao volume com casca.

### 3.8 PRODUÇÃO DE COMPENSADOS

Depois de realizadas as operações na indústria, as lâminas foram transportadas e acomodadas no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Baseado na Norma de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados adotada pela ABIMCE, foi realizada a classificação das lâminas, separadas em duas categorias: capa, para as de melhor

qualidade, e miolo, para as restantes. Ainda executou-se a classificação de cor das lâminas através de Munsell Color Charts for Plant Tissues.

Na realização da colagem das lâminas, para que se pudesse ter uma boa qualidade, o teor de umidade foi readequado em estufa a uma temperatura de 70° C, ficando em condições recomendadas pelo fabricante da resina, ou seja, para adesivo a base de uréia-formol um teor de umidade na faixa de 10-12% e para adesivo a base de fenol-formal um teor de umidade na faixa de 4-6%. O controle da umidade foi realizado através de medidores elétricos e por balança com base no peso seco.

O controle da espessura das lâminas consistiu de duas etapas: na primeira etapa na própria indústria laminadora, através da abertura do torno, e a segunda etapa no Laboratório de Tecnologia da madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná através de equipamento de precisão (micrômetro), sendo realizadas medições aleatórias por lotes de lâminas. Com relação à rugosidade das lâminas, esta foi analisada no momento do espalhamento do adesivo.

As resinas utilizadas para a colagem dos painéis foram duas: uma a base de uréia-formal; e a outra a base de fenol-formal. O preparo constituiu basicamente da mistura simples das resinas, em uma bateadeira, com as demais partes componentes da formulação, conforme TABELA 02.

De posse do adesivo, foram efetuadas leituras através do viscosímetro Brookfield e também controle do pH com a finalidade de verificar o estado e as condições para utilização.

A gramatura de cola utilizada foi de 175 g/m<sup>2</sup>, superfície simples, e a quantidade de adesivo por linha de cola simples foi de 52,94 g, com aplicação manual através de espátula plástica.

Na montagem das chapas foram observadas as recomendações feitas pelo fabricante da resina, Assim o intervalo entre uma chapa e outra variou de 9 a 13 minutos de acordo com a resina utilizada.

O ciclo de prensagem utilizado no experimento foi elaborado também de acordo com orientações técnicas fornecidas pelo fabricante da resina (Tabela 1).

TABELA 1 - CICLO DE PRENSAGEM.

ADESIVO	TEMPERATURA (°C)	TEMPO DE PRENSAGEM (min.)	GRAMATURA DE COLA (g/cm <sup>2</sup> )	PRESSÃO ESPECÍFICA (kgf/cm <sup>2</sup> )
URÉIA FORMOL	90	7	175	10
	90	13	175	10
	110	7	175	10
	110	13	175	10
FENOL FORMOL	135	7	175	10
	135	13	175	10
	155	7	175	10
	155	13	175	10

As chapas compensadas produzidas foram de cinco camadas, com dimensões de 55 cm x 55 cm x 1 cm. O número de chapas produzidas será mostrado no delineamento estatístico.

Após elaborados, os painéis foram aclimatizados em sala apropriada, a uma temperatura de 20 °C e umidade relativa de (65 ± 5) % até entrarem em equilíbrio com o ambiente, que foi verificado através do peso das chapas por amostragem, em pesagens diárias até peso constante.

A TABELA 02 mostra as formulações em partes por peso para as duas resinas, respectivamente, utilizadas na produção do painéis compensados.

TABELA 02 - FORMULAÇÃO DOS ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.

ADESIVOS	COMPONENTES	PARTES POR PESO (p/p)	(%)
URÉIA FORMOL	Resina - UF	100	48,31
	Farinha de Trigo	50	24,15
	Água	50	24,15
	Catalizador (m-4)	7	3,39
	Total	207	100,00
FENOL FORMOL	Resina - FF	100	86,95
	Farinha de Trigo	5	4,35
	Água	5	4,35
	Albex - 9	5	4,35
	Total	115	100,00

### 3.9 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS

Na avaliação dos painéis, o principal elemento a ser avaliado foi o comportamento dos compensados perante os ciclos de prensagem propostos.

Os ensaios realizados foram os seguintes:

- Inchamento e Recuperação em Espessura;
- Flexão Estática nos sentidos Paralelo e Perpendicular à Grã;  
(Módulo de elasticidade e Módulo de ruptura)
- Resistência da Linha de Cola ao Cisalhamento;  
(Seco, Fervura e Úmido) + Falha na Madeira
- Determinação do Peso Específico dos Painéis.

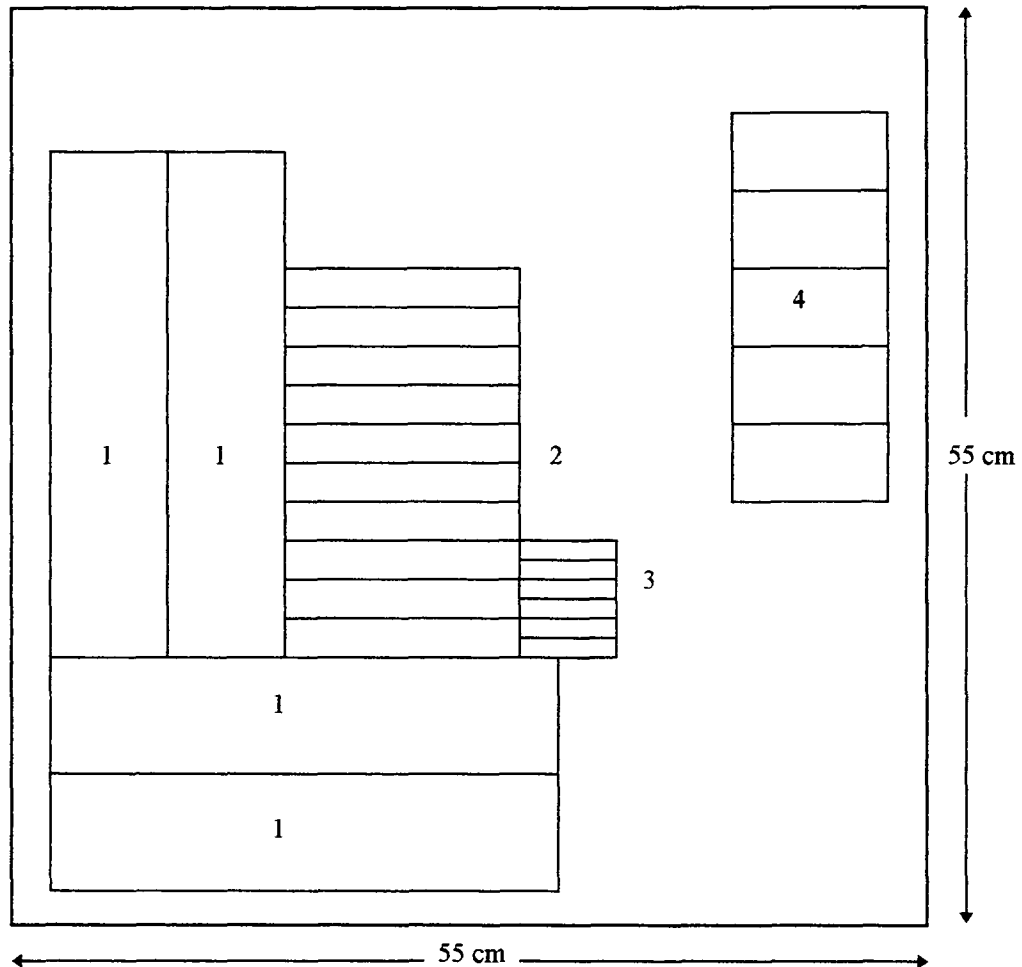
A norma utilizada na execução dos ensaios foi do IBDF: Normas de controle de Qualidade e Classificação de Compensados, 1985.

Os ensaios mecânicos foram todos realizados a um teor de umidade aproximadamente em torno de 10 ( $\pm 2$ ) %.

A FIGURA 06 mostra o esquema de retirada dos corpos de prova dos painéis para a realização dos ensaios de flexão estática, resistência da linha de cola, inchamento e recuperação da espessura, e determinação do peso específico.



FIGURA 06 - ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA PARA, FLEXÃO ESTÁTICA; LINHA DE COLA; INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO DA ESPESSURA; PESO ESPECÍFICO.



Legenda:

1 ⇨ Flexão Estática: 75 x 300 mm

2 ⇨ Linha de Cola: 25 x 150 mm

3 ⇨ Inchamento e Recuperação da Espessura: 10 x 60 mm

4 ⇨ Peso Específico: 50 x 100 mm

A TABELA 03 mostra o número de corpos de prova testados para cada ensaio realizado.

TABELA 03 - NÚMERO DE CORPOS DE PROVA POR ENSAIO.

ENSAIO	CONDIÇÕES	CORPO PROVA / PAINEL	TOTAL / TRATAMENTO
Flexão Estática	Paralelo as Fibras	2	10
	Perpend. as Fibras	2	10
Cisalhamento	Seco	5	25
	Imersão 24h (água)	5	25
	Fervura (úmido)	5	25
Inchamento e Recuperação	-	3	15
	-	3	15
Peso Específico	12% Umidade	5	25

### 3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento baseou-se na elaboração dos painéis compensados, onde foi aplicado um delineamento completamente casualizado com arranjo fatorial dos tratamentos, sendo os fatores considerados mostrados na TABELA 04 separados por tipo de resina respectivamente.

Antes da realização da análise de variância, foi realizado para as variáveis flexão estática nos sentidos paralelo e perpendicular à grã, linha de cola e inchamento e recuperação da espessura o teste de Bartlett para a verificação da homogeneidade das variâncias, o qual constatou não haver necessidade de transformação de dados das variáveis citadas.

TABELA 04 - FATORES, NÍVEIS E VALORES APLICADOS NOS TRATAMENTOS POR RESINA.

RESINA	FATORES	NÍVEIS	VALORES
URÉIA FORMOL	Tempo de Prensagem	02	7 min. 13 min.
	Temperatura da Prensa	02	90 °C 110 °C
FENOL FORMOL	Tempo de Prensagem	02	7 min. 13 min.
	Temperatura da Prensa	02	135 °C 155 °C

A TABELA 05 apresenta os tratamentos realizados na manufatura dos painéis compensados.

TABELA 05 - TRATAMENTOS APLICADOS NA MANUFATURA DOS PAINÉIS.

RESINA	TRATAMENTOS	ESPECIE	TEMPERATURA (°C)	TEMPO DE PRENSAGEM (min)
URÉIA FORMOL	T1	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	90	7
	T2		110	7
	T3		90	13
	T4		110	13
FENOL FORMOL	T5	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	135	7
	T6		155	7
	T7		135	13
	T8		155	13
URÉIA FORMOL	T9	<i>Eucalyptus maculata</i>	90	7
	T10		110	7
	T11		90	13
	T12		110	13
FENOL FORMOL	T13	<i>Eucalyptus maculata</i>	135	7
	T14		155	7
	T15		135	13
	T16		155	132

\* Para cada tratamento foram efetuadas cinco repetições..

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DENSIDADE BÁSICA

Na TABELA 06, estão apresentados os valores médios da densidade básica, desvio padrão e coeficiente de variação para as espécies estudadas.

TABELA 06 - VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE BÁSICA ( $\text{g/cm}^3$ ) POR ESPÉCIE.

ESPÉCIE	DENSIDADE BÁSICA ( $\text{g/cm}^3$ )	DESVIO PADRÃO (s)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,70	0,032	4,63
<i>Eucalyptus punctata</i>	0,76	0,026	3,42
<i>Eucalyptus maculata</i>	0,78	0,027	3,46

Observando os valores apresentados na TABELA 06 nota-se que o *E.cloeziana* apresentou uma menor densidade básica em relação as outras espécies estudadas, e comparando com valores obtidos por KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994) e PIO (1995) para outras espécies, observa-se que os deste trabalho apresentaram-se superiores.

## 4.2 RENDIMENTO NA LAMINAÇÃO

A TABELA 07 mostra os diâmetros das toras com casca e sem casca medidos nos dois extremos, topo maior e menor, a fim de se ilustrar as dimensões das toras antes do processo de laminação.

TABELA 07 - DIÂMETROS EM (cm) DAS TORAS MEDIDO NOS TOPOS MAIOR E MENOR.

ÁRVORE Nº	ESPÉCIE	TORA Nº	DIÂMETRO TOPO MAIOR		DIÂMETRO TOPO MENOR	
			c/c	s/c	c/c	s/c
1	<i>E. cloeziana</i>	1	44,75	41,25	40,50	36,75
		2	40,00	36,50	36,75	34,50
		3	37,50	33,75	36,00	32,50
2	<i>E. cloeziana</i>	1	43,75	39,00	38,00	34,50
		2	37,75	34,15	35,25	32,00
		3	34,75	32,50	35,00	31,00
3	<i>E. cloeziana</i>	1	47,25	41,50	38,25	35,25
		2	38,25	35,50	36,00	33,25
		3	37,00	32,75	36,50	32,25
4	<i>E. maculata</i>	1	49,50	44,00	42,25	38,25
		2	42,75	38,25	39,50	36,00
		3	39,75	36,75	38,50	35,50
5	<i>E. maculata</i>	1	47,75	41,25	41,00	37,25
		2	41,00	36,50	39,25	35,50
		3	39,00	35,75	38,75	35,00
6	<i>E. maculata</i>	1	46,00	41,50	41,25	37,00
		2	41,00	37,00	40,00	37,25
		3	39,50	36,00	38,00	34,50
7	<i>E. punctata</i>	1	45,75	41,00	39,00	34,25
		2	38,50	34,75	37,00	33,75
		3	36,75	33,50	36,00	33,25
8	<i>E. punctata</i>	1	47,25	44,75	39,50	34,50
		2	38,75	36,00	37,00	34,25
		3	36,50	34,50	35,25	32,75
9	<i>E. punctata</i>	1	44,50	40,75	38,75	35,50
		2	39,25	35,50	38,25	34,75
		3	37,50	34,50	37,50	34,25

c/c ⇒ diâmetro com casca; s/c ⇒ diâmetro sem casca

No processo de laminação, foram medidos os diâmetros arredondado e de rolo resto, utilizados para a determinação do rendimento, apresentados na TABELA 08.

TABELA 08 - DIÂMETROS DAS TORAS ARREDONDADAS E ROLO RESTO APÓS A LAMINAÇÃO.

ÁRVORE Nº	ESPÉCIE	TORA Nº	DIÂMETRO ARREDONDADO (cm)	DIÂMETRO ROLO RESTO (cm)
1	<i>E. cloeziana</i>	1	32,15	13,85
		2	29,76	14,17
		3	29,13	14,32
2	<i>E. cloeziana</i>	1	34,22	13,37
		2	32,15	14,17
		3	29,13	14,64
3	<i>E. cloeziana</i>	1	32,95	14,64
		2	28,81	15,44
		3	29,92	14,32
4	<i>E. maculata</i>	1	34,70	15,28
		2	32,15	14,01
		3	31,51	14,32
5	<i>E. maculata</i>	1	30,08	21,33
		2	30,72	14,64
		3	29,29	15,92
6	<i>E. maculata</i>	1	33,42	15,12
		2	32,79	13,85
		3	31,20	13,53
7	<i>E. punctata</i>	1	30,56	26,58
		2	30,24	28,17
		3	30,24	28,97
8	<i>E. punctata</i>	1	28,81	27,69
		2	25,78	25,62
		3	28,17	27,38
9	<i>E. punctata</i>	1	32,47	16,71
		2	29,60	14,64
		3	28,49	18,46

A determinação do rendimento foi baseada nos trabalhos de MEDINA (1986) e PIO (1995), que leva em consideração o volume com casca. Na TABELA 09 estão apresentados os volumes médios em (m<sup>3</sup>) de madeira no decorrer das diferentes operações industriais, definidos por espécie.

TABELA 09 - VOLUMES MÉDIOS POR ESPÉCIE ENTRE AS DIFERENTES OPERAÇÕES INDUSTRIAIS.

ESPÉCIE	VOLUME c/c (m <sup>3</sup> )	VOLUME s/c (m <sup>3</sup> )	VOLUME ARREDONDADO (m <sup>3</sup> )	VOLUME ROLO RESTO (m <sup>3</sup> )	VOLUME LAMINADO (m <sup>3</sup> )
<i>E. cloeziana</i>	0,599	0,492	0,384	0,082	0,302
<i>E. maculata</i>	0,689	0,562	0,405	0,096	0,309
<i>E. punctata</i>	0,615	0,514	0,346	0,238	0,108

A TABELA 10 apresenta os valores de perdas percentuais médias nas diferentes operações durante a laminação, bem como o rendimento médio final, sendo estes valores dados em percentagem.

TABELA 10 - PERDAS PERCENTUAIS MÉDIAS NAS DIFERENTES OPERAÇÕES INDUSTRIAIS.

ESPÉCIE	PERDA DESCASC. (%)	PERDA ARREDON. (%)	PERDA ROLO RESTO (%)	PERDA TOTAL (%)	RENDIMENTO (%)
<i>E.cloeziana</i>	17,86	18,03	13,68	49,57	50,43
<i>E.maculata</i>	18,43	22,78	13,93	55,14	44,86
<i>E.punctata</i>	16,42	27,31	38,70	82,43	17,57

Da análise dos resultados observados na TABELA 10, pode-se dizer que as perdas correspondentes as operações de descascamento, arredondamento e rolo resto foram similares para *E. cloeziana* e *E. maculata*, sendo que o *E.punctata* apresentou maiores perdas no arredondamento (27,31 %) e rolo resto (38,70 %) em comparação com as outras espécies, isto ficou bem caracterizado pelo baixo rendimento (17,57 %), o que teve como consequência a não produção de lâminas inteiras, inviabilizando a produção de painéis desta espécie. Na sequência deste trabalho não são apresentados dados referentes a análise dos painéis a base de *Eucalyptus punctata*. Com relação as outras duas espécies estas apresentaram resultados similares aos obtidos por KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994) e PIO (1995).

De acordo com KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994) rendimentos na faixa de 50% são considerados bons. Não foi considerada a perda no manuseio, esta pode chegar ao nível de 5% quando bem conduzida.

A TABELA 11 apresenta a comparação do rendimento médio de outras espécies de eucaliptos tomados na literaturas.

TABELA 11 - COMPARAÇÃO DE RENDIMENTOS MÉDIOS DA LAMINAÇÃO COM RESULTADOS DE OUTROS AUTORES.

FONTE	VOLUME TORA (s/c) (%)	VOLUME ROLO RESTO (%)	VOLUME PERDIDO (%)	RENDIMENTO (%)	ESPÉCIE
KEINERT Jr & INTERAMNENSE	100	12,27	38,65	49,10	<i>E. robusta</i>
	100	14,30	24,80	50,00	<i>E. viminalis</i>
PIO	100	26,12	37,41	36,47	<i>E. scabra</i>
	100	22,85	33,06	44,00	<i>E. robusta</i>
DISSERTAÇÃO	100	13,68	35,86	50,43	<i>E. cloeziana</i>
	100	13,93	41,21	44,86	<i>E. maculata</i>

Deve-se acrescentar a TABELA 11, bem como ao rendimento total, o fato de que os *Eucalyptus spp* estudados foram explorados de talhões experimentais sem manejo que tivesse como objetivo madeira para laminação, com idade média de 30 anos, entretanto as espécies viáveis apresentaram rendimento acima de 40%, sendo que o *E. cloeziana* foi o que mais aproximou-se de rendimentos obtidos por KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994) e o *E. maculata* próximo aos valores de PIO (1995).

#### 4.3 QUALIDADE DAS LÂMINAS

Esta tem que ser determinada objetivando a qualidade do produto final, pois, sabe-se que lâminas de má qualidade desgastam equipamentos, apresentam um maior consumo de adesivos e problemas de colagem.

A TABELA 12 mostra a classificação realizada, do mesmo modo que o número de lâminas por espécie.

TABELA 12 - NÚMERO DE LÂMINAS OBTIDAS DAS DIFERENTES QUALIDADES SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DA ABIMCE. VALORES AGRUPADOS POR ESPÉCIE E EM PORCENTAGEM.

ESPÉCIE	GRAU SEGUNDO ABIMCE	QUANTIDADE DE LÂMINAS DE 0,85 m x 1,70 M x 0,02 m	QUANTIDADE TOTAL DE LÂMINAS OBTIDAS
<i>E. cloeziana</i>	N		127 (100 %)
	A		
	B		
	C	102 (80,31 %)	
<i>E. maculata</i>	D	25 (19,69 %)	183 (100 %)
	N		
	A	8 ( 4,38 %)	
	B	14 ( 7,65 %)	
	C	45 (24,58 %)	
	D	116 (63,39 %)	

Legenda: N ⇨ natural; A ⇨ primeira; B ⇨ segunda; C ⇨ terceira; D ⇨ quarta.

Analisando a TABELA 12, pode-se observar que para o *E. cloeziana* apenas encontramos lâminas nas classes C e D, sendo mais freqüente na classe C. Para o *E. maculata* as lâminas apresentaram-se com maior freqüência nas classes C e D. Para as duas espécies a diferença que se observa nas categorias C e D é atribuída a diferenças quantitativas dentro desta faixa.

A classificação de cor segundo Munsell para o *E. cloeziana* foi no sentido amarelo 7,5 YR 7-6 e para o *E. maculata* sentido vermelho-amarelo 2,5 Y 8-4.



#### 4.4 PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

A TABELA 13 apresenta os valores da viscosidade e pH do adesivo por tratamento, os quais encontram-se na faixa de trabalho indicada de acordo com as recomendações técnicas dos produtos utilizados.

Esta faixa de trabalho para a viscosidade no caso de adesivo uréia-formol esta compreendida entre 4000 e 6500 cp; em se tratando de adesivo fenol-formol encontra-se entre 1500 e 2500 cp.

TABELA 13 - VALORES DE VISCOSIDADE E pH POR TRATAMENTO.

Tratamentos	Viscosidade (cp)	pH	Adesivo
1	5750	5,3	Uréia
2	5925	5,6	Uréia
3	6050	5,5	Uréia
4	4200	5,6	Uréia
5	1956	12,5	Fenol
6	1878	12,5	Fenol
7	1950	12,6	Fenol
8	1950	12,6	Fenol
9	4440	5,3	Uréia
10	5244	5,6	Uréia
11	6500	5,5	Uréia
12	5783	5,6	Uréia
13	1919	12,4	Fenol
14	2100	12,4	Fenol
15	2012	12,4	Fenol
16	2500	12,5	Fenol

##### 4.4.1 Recuperação da Espessura e Inchamento

Segundo MEDINA (1986), no processo de prensagem dos compensados ocorre um incremento da densidade e das tensões internas, de modo que estes fatores tem influência na estabilidade dimensional na direção da compressão. O compensado ao absorver água e inchar,

libera parte destas tensões, e como consequência disto quando é submetido a secagem não consegue retornar a sua espessura original. No caso de compensados o inchamento em espessura é constituído de dois fatores, ou seja, o inchamento por absorção de água e o causado pelas liberações das tensões de prensagem.

De acordo com KEINERT JUNIOR & ALBERTO (1991), a estabilidade dimensional em compensados é importante especialmente quando o produto se destina para usos exteriores e para a fabricação de móveis ou produtos que requeiram maior estabilidade. A capacidade de resistir a ação de umidade, mantendo as dimensões originais confere maior qualidade ao produto.

Uma aplicação adequada das variáveis do ciclo de prensa pode contribuir muito para reduzir os problemas de estabilidade dimensional, evitando que ocorram acentuadas liberações das tensões e o produto perca suas propriedades iniciais e degrade com rapidez.

Da análise de variância (Anexo 01), para *E. cloeziana*, realizada para os valores de recuperação em espessura e inchamento mais recuperação da espessura, adesivo uréia-formol, ficou evidenciado não haver diferença significativa entre os fatores, indicando o tratamento (T1), 90° C e 7 minutos, para as variáveis citadas e adesivo.

Para o adesivo fenol-formol, o comportamento dos painéis seguiu a mesma tendência que para o adesivo uréia-formol, ou seja, não houve diferença significativa entre os fatores, indicando o tratamento (T5), 135° C e 7 minutos.

A TABELA 14 apresenta os valores médios obtidos para as variáveis recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura para *E. cloeziana* adesivos uréia-formol e fenol-formol.

TABELA 14 - VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA *Eucalyptus cloeziana* EM (%) ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL FORMOL.

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (°C)	R (%)	IR (%)
URÉIA FORMOL	7	90	1,74	7,32
	7	110	1,42	7,22
	13	90	1,73	7,08
	13	110	1,89	8,04
FENOL FORMOL	7	135	2,29	9,79
	7	155	3,11	10,01
	13	135	2,51	10,16
	13	155	2,79	11,14

Ainda (Anexo 01) estão apresentados os resultados da análise de variância para o *E. maculata* para as variáveis recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura, adesivos uréia-formol e fenol-formol.

Para as variáveis recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura, adesivo uréia-formol, os valores indicam não haver diferenças significativas entre os fatores testados, indicando o tratamento (T9), 90° C e 7 minutos, para as variáveis citadas e adesivo.

Os resultados da análise de variância (Anexo 01) efetuada para os dados recuperação em espessura, adesivo fenol-formol, o fator temperatura foi significativo ( $p < 0,05$ ), para a variável inchamento mais recuperação em espessura o fator temperatura foi significativo ( $p < 0,01$ ), indicando o tratamento (T14), 155° C e 7 minutos, para as variáveis citadas e adesivo.

A TABELA 15, apresenta os valores de recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura para o *E. maculata*, adesivo uréia-formol e fenol-formol.

TABELA 15 - VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA *Eucalyptus maculata* ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL FORMOL.

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (°C)	R (%)	IR (%)
URÉIA FORMOL	7	90	2,25	8,14
	7	110	2,64	8,19
	13	90	1,97	7,87
	13	110	2,26	7,75
FENOL FORMOL	7	135	3,14	10,14
	7	155	4,22	11,43
	13	135	3,25	9,93
	13	155	3,95	11,43

De acordo com os resultados da análise de variância (Anexo 01), e da TABELA 15, adesivo fenol-formol, apresentados para os ensaios de recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura nota-se que com o aumento da temperatura nos dois tempos houve um aumento nos valores destas propriedades.

As TABELAS 14 e 15 mostram a diferença encontrada para os valores médios de recuperação e inchamento mais recuperação; segundo PIO (1995) isto pode ser atribuído a semelhança entre as espécies e ao tipo de lenho presentes nas lâminas.

A TABELA 16 compara os valores obtidos para o ensaio de inchamento e recuperação em espessura com valores tomados na literatura.

TABELA 16 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA E RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA OBTIDOS NESTE TRABALHO, COM VALORES ENCONTRADOS NA LITERATURA.

FONTE	ESPECIE	UMIDADE (%)	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	INCHAMENTO (%)	RECUPERAÇÃO (%)
KEINERT Jr & INTERAMNENSE	<i>E. dunnii</i>	12,00	0,54	8,01 <sup>a</sup>	2,98 <sup>a</sup>
	<i>E. grandis</i> (P <sub>1</sub> )	12,00	0,49	8,81 <sup>b</sup>	4,65 <sup>b</sup>
	<i>E. grandis</i> (P <sub>2</sub> )	12,00	0,52	8,65 <sup>c</sup>	4,06 <sup>c</sup>
	<i>E. robusta</i>	12,00	0,61	7,92 <sup>d</sup>	3,28 <sup>d</sup>
	<i>E. viminalis</i>	12,00	0,53	9,90 <sup>e</sup>	5,00 <sup>e</sup>
	Uréia 10 mm				
PIO	<i>E. robusta</i>	10,00	0,64	9,63 <sup>f</sup>	3,26 <sup>f</sup>
	<i>E. scabra</i>	10,00	0,56	11,04 <sup>g</sup>	3,56 <sup>g</sup>
	Uréia 10 mm				
DISSERTAÇÃO	<i>E. cloeziana</i>	11,56	0,70	8,04 <sup>h</sup>	1,89 <sup>h</sup>
	<i>E. maculata</i>	11,56	0,78	8,19 <sup>i</sup>	2,64 <sup>i</sup>
	Uréia 10 mm				

Nota: a → 110° C / 10 min.      e → 110° C / 10 min.      i → 110° C / 7 min.  
 b → 110° C / 6 min.      f → 120° C / 8 min.      P → procedência.  
 c → 110° C / 6 min.      g → 105° C / 12 min.  
 d → 110° C / 8 min.      h → 110° C / 13 min.

Observando os valores da TABELA 16, verifica-se que os resultados encontrados para o *E. cloeziana* e *E. maculata* são similares aos apresentados pela literatura, para outras espécies. Isto revela que as espécies estudadas apresentam um bom comportamento quanto à estabilidade dimensional.

## 4.4.2 Peso Específico

Na TABELA 17 encontram-se os valores do peso específico médio dos painéis por tratamento.

TABELA 17- PESO ESPECÍFICO MÉDIO DOS PAINÉIS POR ESPÉCIE, TRATAMENTO E ADESIVO.

ADESIVO	ESPÉCIE	TRATAMENTO	PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> )
URÉIA FORMOL	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	T1	0,992
		T2	0,988
		T3	0,991
		T4	0,971
FENOL FORMOL	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	T5	0,980
		T6	1,000
		T7	1,018
		T8	1,010
URÉIA FORMOL	<i>Eucalyptus maculata</i>	T9	0,928
		T10	0,922
		T11	0,948
		T12	0,954
FENOL FORMOL	<i>Eucalyptus maculata</i>	T13	0,936
		T14	0,951
		T15	0,966
		T16	0,957

Os resultados que se encontram apresentados na TABELA 17 foram tomados a um teor de umidade de 10 ( $\pm 2$ ) %. O controle de umidade foi realizado em amostras retiradas da câmara climática. Os painéis foram acondicionados a uma temperatura de 20 ( $\pm 2$ )° C, com umidade relativa de 60( $\pm 5$ ) %.

Ainda na TABELA 17, de acordo com PEREYRA (1994) *apud* PIO (1995), o aumento ocorrido no peso específico em relação a densidade básica da madeira sólida, TABELA 07, é decorrente do incremento da densidade e das tensões internas, fatores estes que podem afetar a estabilidade do painel.

#### 4.4.3 Flexão Estática

Este ensaio tem por objetivo determinar a resistência e a rigidez do compensado, propriedades de maior importância nos usos estruturais. A rigidez é um indicador de resistência à deformação do material sob tensão, expressa em termos de módulo de elasticidade. Quanto maior o módulo de elasticidade menor é a deformação sob determinada tensão (MEDINA, 1986). No (Anexo 2) encontram-se os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de flexão estática, paralela a grã, para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura, adesivos uréia-formol e fenol-formol para o *E. cloeziana*. Para o módulo de elasticidade, adesivo uréia-formol, verifica-se que nenhum dos fatores teve influência sobre os valores desta propriedade, indicando o tratamento (T1), 90° C e 7 minutos, para variável citada e adesivo. Para o módulo de ruptura a análise de variância revela que a interação tempo de prensagem e temperatura foram significativos ( $p < 0,01$ ), indicando que os fatores não são independentes.

A TABELA 18 apresenta os valores médios obtidos para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura para *E. cloeziana* adesivos uréia-formol e fenol-formol.

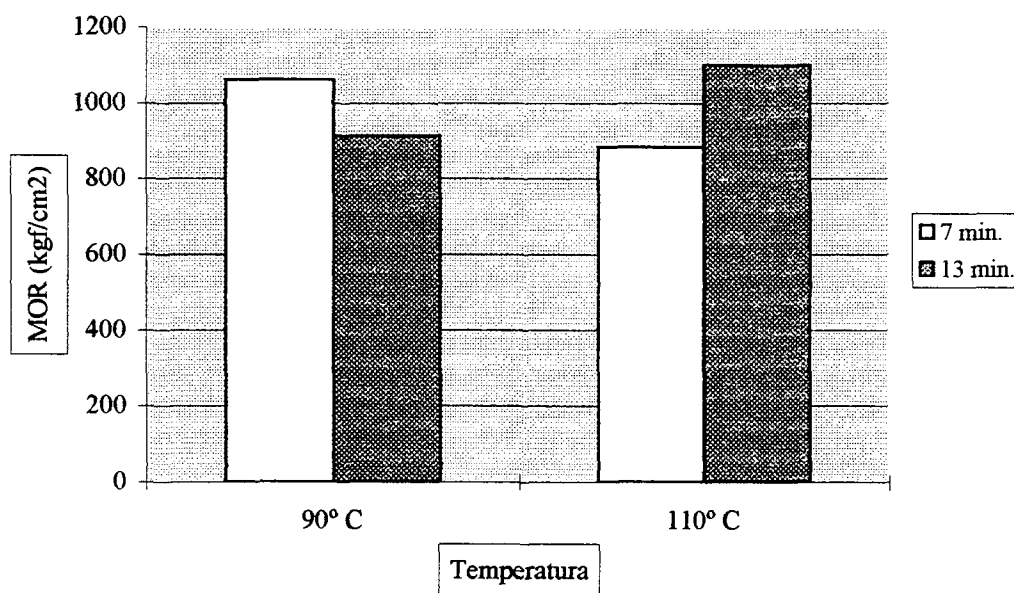
TABELA 18 - VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR À GRÃ PARA O *Eucalyptus cloeziana* EM (Kgf/cm<sup>2</sup>) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (° C)	PARALELO À GRÃ		PERPENDICULAR À GRÃ	
			MOE	MOR	MOE	MOR
URÉIA FORMOL	7	90	129863	1061	47796	469
	7	110	107517	883	54396	407
	13	90	139884	911	53807	440
	13	110	131220	1098	53017	422
FENOL FORMOL	7	135	193229	768	53963	375
	7	155	200679	893	51965	400
	13	135	241098	941	53974	470
	13	155	171103	811	48519	409

Observando os valores da TABELA 18 para *E. cloeziana*, adesivo uréia-formol, e a FIGURA 07, verifica-se que para um tempo de prensagem 7 minutos o módulo de ruptura diminui quando aumenta de 90° C para 110° C, ocorrendo o inverso para o tempo de prensagem de 13 minutos.

O maior módulo de ruptura paralelo a grã, adesivo uréia-formol, se deu com 13 minutos de prensagem e 110° C de temperatura, o que corresponde ao tratamento (T4) de acordo com a TABELA 05.

FIGURA 07 - MÓDULO DE RUPTURA PARALELO À GRÃ ADESIVO URÉIA-FORMOL *Eucalyptus cloeziana*



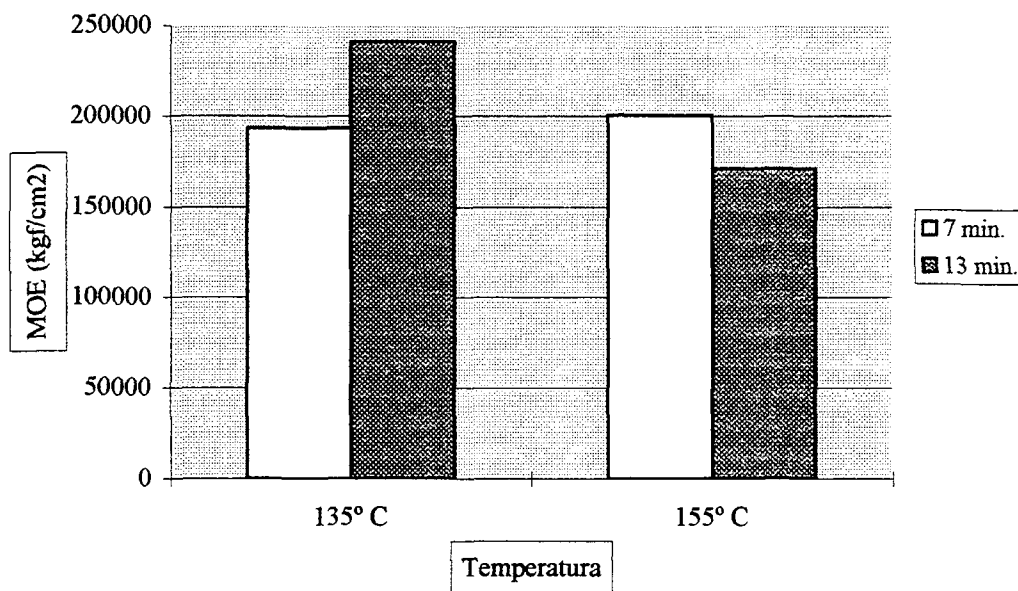
Ainda (Anexo 2) agora adesivo fenol-formol, para a variável módulo de elasticidade, os resultados da análise de variância, revelaram que a interação tempo de prensagem e temperatura foi significativa ( $p < 0,05$ ), indicando dependência entre os fatores.

Observando os valores da TABELA 18 para *E. cloeziana*, adesivo fenol-formol, e a FIGURA 08, verifica-se no tempo 7 quando a temperatura passa de 135° C para 155° C aumenta o módulo de elasticidade, ocorrendo o inverso no tempo 13 minutos.



O maior módulo de elasticidade paralelo a grã se deu no tempo 13 minutos a uma temperatura de 135° C, o que corresponde ao tratamento (T7), de acordo com a TABELA 05.

FIGURA 08 - MÓDULO DE ELASTICIDADE PARALELO À GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL *Eucalyptus cloeziana*



Para o módulo de ruptura, adesivo fenol-formol, os valores indicam não haver diferença significativa entre os fatores testados.

No (Anexo 02) estão apresentados os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de flexão estática, perpendicular a grã, para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura, adesivos uréia-formol e fenol-formol para o *E. cloeziana*. Para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura, adesivo uréia-formol, verifica-se não haver diferença significativa entre os fatores examinados. Estas variáveis quando analisadas através da análise de variância para o adesivo fenol-formol também não revelou haver diferença significativa entre os fatores.

Ainda (Anexo 02), encontram-se os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de flexão estática, paralela a grã, para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de

ruptura, adesivos uréia-formol e fenol-formol para o *E. maculata*. Para o módulo de elasticidade, adesivo uréia-formol, verifica-se que somente o tempo de prensagem foi significativo ( $p < 0,01$ ), e que os fatores são independentes. Para o módulo de ruptura também o tempo de prensagem foi significativo ( $p < 0,01$ ) sendo os fatores independentes.

Agora adesivo fenol-formol, a análise de variância mostra que para os valores de módulo de elasticidade somente a interação tempo de prensagem e temperatura foi significativa ( $p < 0,05$ ), indicando que os fatores não são independentes. Para o módulo de ruptura a interação tempo de prensagem e temperatura foi significativa ( $p < 0,05$ ), indicando que os fatores não são independentes. O fator temperatura foi significativo ( $p < 0,01$ ).

A TABELA 19 apresenta os valores médios obtidos para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura para *Eucalyptus maculata* adesivos uréia-formol e fenol-formol.

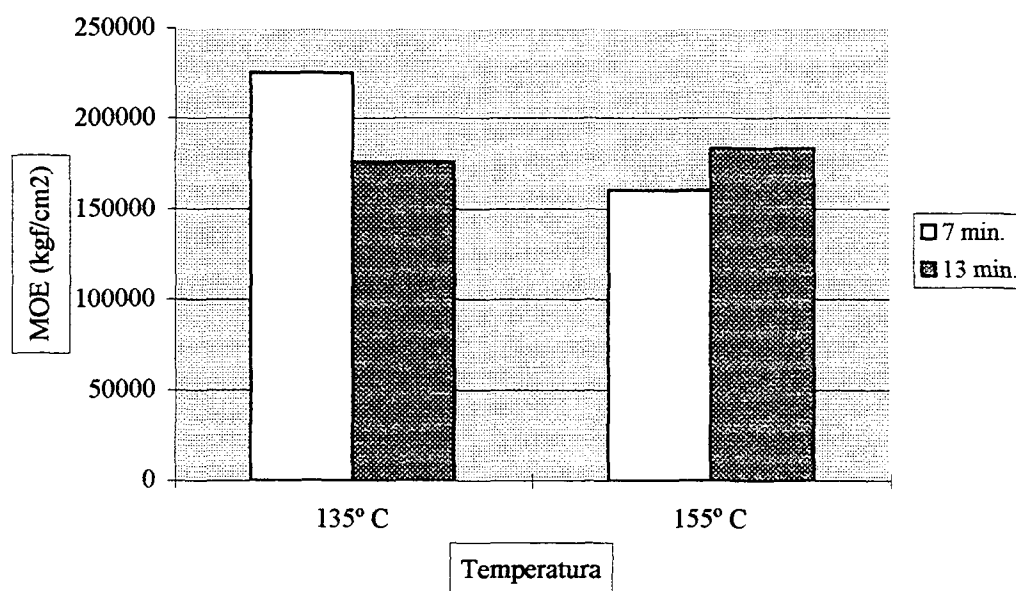
TABELA 19 - VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR À GRÃ PARA O *Eucalyptus maculata* EM ( $\text{Kgf/cm}^2$ ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (° C)	PARALELO A GRÃ		PERPENDICULAR A GRÃ	
			MOE	MOR	MOE	MOR
URÉIA FORMOL	7	90	165647	835	45978	369
	7	110	168375	805	46864	375
	13	90	211112	949	50215	372
	13	110	191194	900	54968	401
FENOL FORMOL	7	135	225176	992	49643	415
	7	155	160328	706	52086	387
	13	135	175727	836	44714	401
	13	155	183130	813	52007	408

Com base na TABELA 19 para *E. maculata* e FIGURA 09, adesivo fenol-formol, verifica-se que para 7 minutos de prensagem o módulo de elasticidade diminui quando a temperatura aumenta de 135° C para 155° C, ocorrendo o inverso para o tempo de 13 minutos.

O maior valor de módulo de elasticidade se deu aos 7 minutos e a 135° C de temperatura, o que corresponde ao tratamento T13, de acordo com a TABELA 05.

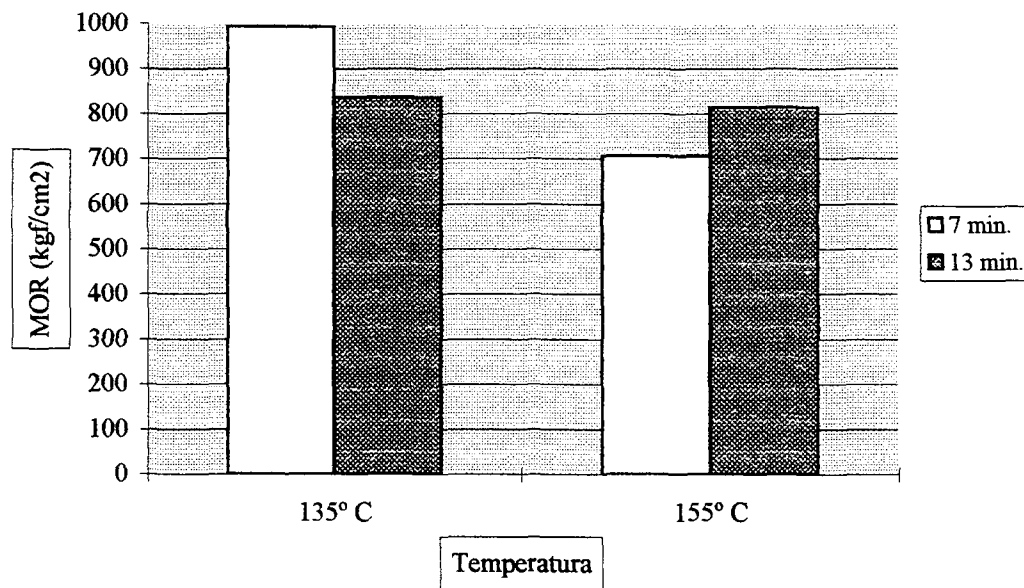
FIGURA 09 - MÓDULO DE ELASTICIDADE PARALELO À GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL *Eucalyptus maculata*



Ainda TABELA 19 para *E. maculata* e FIGURA 10, adesivo fenol-formol, verifica-se que para os dois tempos com o aumento da temperatura diminuiu o valor do módulo de ruptura.

O maior valor de módulo de ruptura se deu aos 7 minutos e a 135° C de temperatura, o que corresponde ao tratamento (T13), de acordo com a TABELA 05.

FIGURA 10 - MÓDULO DE RUPTURA PARALELO À GRÃ ADESIVO FENOL FORMOL *Eucalyptus maculata*

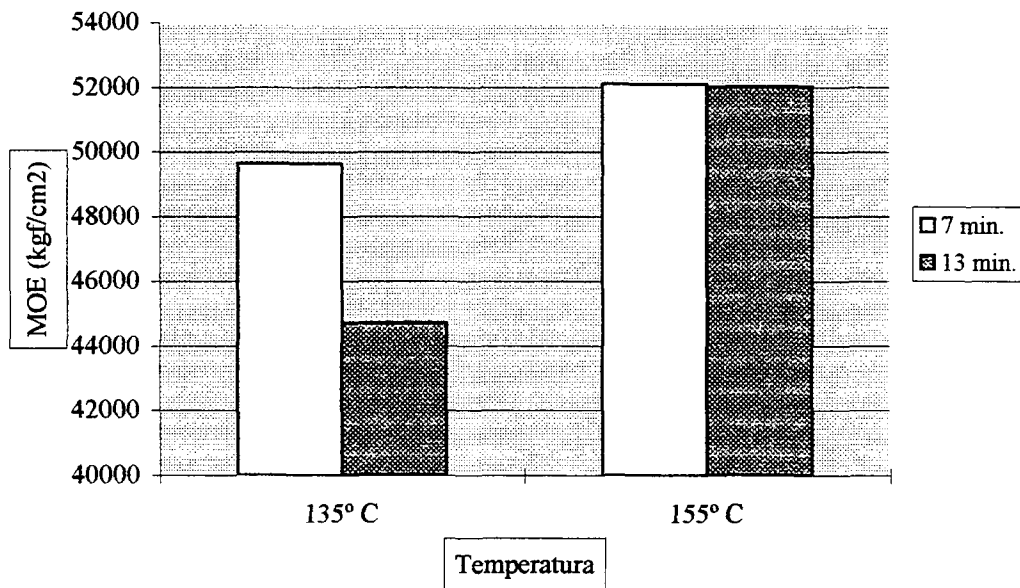


No (Anexo 02), encontram-se os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de flexão estática, perpendicular a grã, para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura, adesivos uréia-formol e fenol-formol para *E. maculata*. A análise mostra, adesivo uréia-formol, que tanto no módulo de elasticidade quanto no módulo de ruptura nenhum dos fatores teve influência significativa. Para o adesivo fenol-formol a variável módulo de elasticidade verifica-se que a interação tempo de prensagem e temperatura foi significativa ( $p < 0,01$ ), que o fator tempo prensagem foi significativo ( $p < 0,01$ ) e temperatura significativo ( $p < 0,01$ ). Para o módulo de ruptura a análise de variância revelou não haver diferença significativa.

Na TABELA 19 e na FIGURA 11 para *E. maculata* adesivo fenol-formol perpendicular a grã, verifica-se que para um tempo de prensagem de 7 minutos o módulo de elasticidade aumenta quando a temperatura aumenta de 135° C para 155° C, ocorrendo o mesmo para 13 minutos de prensagem.

O maior módulo de elasticidade perpendicular à grã, adesivo fenol-formol, ocorreu aos 7 minutos e a 155° C de temperatura, correspondendo ao tratamento (T14), de acordo com a TABELA 05.

FIGURA 11 - MÓDULO DE ELASTICIDADE PERPENDICULAR À GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL *Eucalyptus maculata*



Observando os resultados das TABELAS 18 e 19 , nota-se a diferença entre os valores de flexão estática para os sentidos paralelo e perpendicular a grã, esta diferença normalmente ocorre em painéis de três camadas como afirma PIO (1995).

No entanto, KOLLMANN *et al.* (1975), afirmam que as camadas com as fibras perpendiculares ao vão, na prática não contribuem com nada aos valores de resistência e rigidez.

Segundo HAYASHIDA (1973) citado por MEDINA (1986), esta diferença se reduz notavelmente para os compensados de 5 camadas como observou para *P. elliotii*.

PIO (1995), não confirmou esta tendência para *E. robusta* e *E. scabra*, ocorrendo o mesmo para as espécies de *Eucalyptus spp* estudadas, fato este que pode ser justificado pelas características das espécies.

Quanto maior é o número de camadas, maior é a equalização da resistência e da rigidez nas duas direções devido a melhor distribuição das cargas através do painel (KEINERT JUNIOR, 1984).

Fazendo-se uma comparação entre os valores obtidos para módulo de elasticidade e módulo de ruptura para as duas espécies, observa-se que são valores próximos, caracterizando pouca diferença em termos de flexão estática entre os *Eucalyptus spp* estudados.

A TABELA 20 apresenta a comparação dos resultados do ensaio de flexão estática, adesivo fenol-formol deste trabalho com valores encontrados na literatura.

TABELA 20 - COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA, ADESIVO FENOL-FORMOL DESTA TRABALHO COM VALORES OBTIDOS POR DIFERENTES AUTORES.

FONTE	ESPÉCIE	UMIDADE (%)	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO À GRÁ (Kgf/cm <sup>2</sup> )		FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR A GRÁ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	
				MOE	MOR	MOE	MOR
GAIOTTO <i>et al.</i>	<i>E. grandis</i> a 7 lâminas 12 mm	10,50	0,72	108305	803	49017	488
	<i>E. grandis</i> b 9 lâminas 15 mm	11,50	0,74	109729	722	65085	600
PIO	<i>E. scabra</i> c 5 lâminas 10 mm	10,00	0,64	236497	1239	69047	603
	<i>E. robusta</i> d 5 lâminas 10 mm	10,00	0,56	212490	1102	62978	556
DISSERTAÇÃO	<i>E. cloeziana</i> e 5 lâminas 10 mm	11,56	0,70	241099	941	53974	470
	<i>E. maculata</i> f 5 lâminas 10 mm	11,56	0,78	225176	992	49643	415

Legenda: a → 130° C / 18 min.      d → 135° C / 8 min.  
 b → 130° C / 20 min.      e → 135° C / 13 min.  
 c → 150° C / 8 min.      f → 135° C / 7 min.

Observando os valores encontrados na TABELA 20, verifica-se que os valores encontram-se próximos a de outros autores para as duas propriedades, salientado que o trabalho desenvolvido por GAIOTTO *et al.* (1993) obteve valores de módulo de elasticidade paralelo à grã praticamente a metade dos obtidos por PIO (1995) e os deste trabalho.

A TABELA 21 apresenta a comparação dos valores de flexão estática, adesivo uréia-formol deste trabalho com valores encontrados na literatura.

TABELA 21 - COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA, ADESIVO URÉIA-FORMOL DESTE TRABALHO COM VALORES OBTIDOS POR DIFERENTES AUTORES.

FONTE	ESPECIE	UMIDADE (%)	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO À GRÃ (Kgf/cm <sup>2</sup> )		FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR À GRÃ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	
				MOE	MOR	MOE	MOR
KEINERT JR <i>et al.</i>	<i>E. dunnii</i> a 5 lâminas 7 mm	12,00	0,54	121234	537	32868	386
	<i>E. robusta</i> b 5 lâminas 7 mm	12,00	0,61	121528	759	30453	324
	<i>E. viminalis</i> c 5 lâminas 7 mm	12,00	0,53	132798	601	25030	222
	<i>E. grandis</i> (P <sub>1</sub> ) d 5 lâminas 7 mm	12,00	0,49	140240	582	38330	307
	<i>E. grandis</i> (P <sub>2</sub> ) e 5 lâminas 7 mm	12,00	0,47	183007	635	32025	285
	<i>E. saligna</i> f 5 lâminas 7 mm	12,00	0,50	115394	540	42535	407
PIO	<i>E. scabra</i> g 5 lâminas 10 mm	10,00	0,64	261278	1324	80522	572
	<i>E. robusta</i> h 5 lâminas 10 mm	10,00	0,56	215942	1017	61526	478
DISSERTAÇÃO	<i>E. cloeziana</i> i 5 lâminas 10 mm	11,56	0,70	139884	911	53807	440
	<i>E. maculata</i> j 5 lâminas 10 mm	11,56	0,78	211112	949	50215	372

Legenda: a → 110° C / 10 min. d → 120° C / 10 min. g → 120° C / 12 min. j → 90° C / 13 min.  
 b → 120° C / 8 min. e → 110° C / 6 min. h → 105° C / 12 min. p → procedência  
 c → 120° C / 10 min. f → 120° C / 8 min. i → 90° C / 13 min.

KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE (1994) utilizaram em seu trabalho painéis mistos compostos de três lâminas de *Eucalyptus spp* de 1mm cada e duas lâminas de *Pinus*

*taeda* de 1mm. Os resultados utilizados na comparação no caso das espécies estudadas por PIO (1995) foram obtidos em  $N/mm^2$ , sendo convertidos para  $Kgf/cm^2$  para facilitar a comparação.

Na TABELA 21, destacam-se os valores de módulo de elasticidade e módulo de ruptura obtidos nesta pesquisa, os quais são próximos aos das outras espécies. Esses valores por sua vez são indicadores da qualidade para uso estrutural dos painéis.

#### 4.4.4 Resistência da Linha de Cola

O objetivo deste ensaio é o de avaliar a qualidade da colagem do painel e em termos de resistência da lâmina. Ainda a este valor acrescenta-se outro, conhecido como porcentagem de falha na madeira, o qual é determinado subjetivamente e serve para complementar o outro.

Este ensaio efetua-se em diferentes condições, as quais são: corpo de prova seco, corpo de prova úmido e corpo de prova com imersão em água fervente.

O que caracteriza a utilização final do painel é o tipo de adesivo a ser utilizado, ou seja, neste trabalho utilizou-se dois tipos de adesivo. Para uso interno foram produzidos painéis a base de uréia-formol e para uso externo resistente a umidade fenol-formal.

O (Anexo 03), apresenta os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de cisalhamento para *E. cloeziana* adesivos uréia-formol e fenol-formol. Para o *E. cloeziana* adesivo uréia-formol variáveis resistência da linha de cola seco e resistência da linha de cola imersão 24h em água, ensaio úmido, verifica-se não haver diferenças significativas entre os fatores examinados. Para adesivo fenol-formol variáveis resistência da linha de cola seco e resistência da linha de cola úmido (fervura), revela também não haver diferenças significativas entre os fatores.



A TABELA 22 apresenta os valores médios para o ensaio de cisalhamento para o *E. cloeziana* adesivos uréia-formol e fenol-formol.

TABELA 22 - VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO, ÚMIDO E FERVURA PARA *Eucalyptus cloeziana* EM (Kgf/cm<sup>2</sup>) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (°C)	RLC SECO	RLC ÚMIDO
URÉIA FORMOL	7	90	32,50	24,75
	7	110	34,61	24,02
	13	90	34,26	24,17
	13	110	32,63	26,72
			SECO	FERVURA
FENOL FORMOL	7	135	21,24	10,80
	7	155	22,02	13,44
	13	135	22,02	14,58
	13	155	25,58	12,68

Observando os valores da TABELA 22, verifica-se que tanto para o adesivo uréia-formol quanto para fenol-formol a resistência da linha de cola do ensaio seco apresentou-se superior aos valores do ensaio úmido e fervura.

No caso do ensaio para adesivo fenol-formol fervura, os valores encontrados foram inferiores devido às condições drásticas de teste e provavelmente também em função da gramatura utilizada e/ou formulação.

A TABELA 23 apresenta as estatísticas obtidas para os valores de porcentagem de falha na madeira do ensaio de cisalhamento seco (12% u.) para *E. cloeziana* e *E. maculata*, adesivos uréia-formol e fenol-formol.

TABELA 23 - ESTÁTISTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO SECO PARA *Eucalyptus cloeziana* E *Eucalyptus maculata* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.

ADESIVO	ESPECIE	TRATAMENTOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV (%)
URÉIA FORMOL	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	T1	53	22	41
		T2	48	36	75
		T3	57	26	46
		T4	59	21	36
	<i>Eucalyptus maculata</i>	T9	45	28	62
		T10	47	32	68
		T11	68	35	51
		T12	63	18	29
FENOL FORMOL	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	T5	42	23	55
		T6	45	27	60
		T7	40	33	82
		T8	46	19	41
	<i>Eucalyptus maculata</i>	T13	37	25	68
		T14	59	34	58
		T15	44	17	39
		T16	46	24	52

Ainda (Anexo 3), apresenta os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de cisalhamento para *E. maculata* adesivos uréia-formol e fenol-formol, a qual mostra que nenhum dos dois fatores examinados, nos dois níveis considerados, afetaram de maneira significativa as variáveis resistência da linha de cola seco e resistência da linha de cola úmido, tanto para uréia-formol quanto para fenol-formol.

A TABELA 24 mostra os valores médios obtidos para *E. maculata* do ensaio de cisalhamento adesivos uréia-formol e fenol-formol.

TABELA 24 - VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO, ÚMIDO E FERVURA PARA *Eucalyptus maculata* EM (Kgf/cm<sup>2</sup>) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (°C)	RLC SECO	RLC ÚMIDO
URÉIA FORMOL	7	90	28,06	25,71
	7	110	27,57	24,54
	13	90	31,28	25,91
	13	110	29,31	25,27
			SECO	FERVURA
FENOL FORMOL	7	135	25,28	16,56
	7	155	25,19	12,13
	13	135	21,03	13,16
	13	155	23,69	14,28

Os valores da TABELA 24 segue a mesma tendência encontrada na TABELA 22, ou seja, as duas espécies estudadas apresentaram o mesmo comportamento perante os dois tipos de adesivos utilizados.

A TABELA 25 apresenta as estatísticas obtidas para os valores de falha na madeira do ensaio de cisalhamento úmido e fervura, *E. cloeziana* e *E. maculata*, adesivos uréia-formol e fenol-formol.

TABELA 25 - ESTÁTISTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO ÚMIDO E FERVURA PARA *Eucalyptus cloeziana* E *Eucalyptus maculata* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.

ADESIVO	ESPÉCIE	TRATAMENTOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV (%)
URÉIA FORMOL	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	T1	51	32	63
		T2	48	27	56
		T3	49	23	47
		T4	53	29	55
	<i>Eucalyptus maculata</i>	T9	42	17	40
		T10	45	19	42
		T11	56	26	46
		T12	50	25	50
FENOL FORMOL	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	T5	40	30	75
		T6	41	28	68
		T7	40	24	60
		T8	43	29	67
	<i>Eucalyptus maculata</i>	T13	35	19	54
		T14	44	21	48
		T15	39	25	64
		T16	45	18	40

De acordo com os resultados da análise de variância (Anexo 03), ensaio de cisalhamento no qual os fatores não apresentaram diferenças significativas, verifica-se que para o adesivo uréia-formol a melhor combinação é 7 minutos de prensagem com 90° C de temperatura para ambas espécies. Para adesivo fenol-formol, 7 minutos com 135° C é o tratamento mais indicado.

A TABELA 26 apresenta a comparação dos valores médios da resistência da linha de cola obtidos neste trabalho com valores encontrados na literatura.

TABELA 26 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA OBTIDOS NESTE TRABALHO, COM OUTROS ENCONTRADOS NA LITERATURA.

FONTE	ADESIVO	ESPECIE	ESPESSURA DA LÂMINA (mm)	LINHA DE COLA SECA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	LINHA DE COLA ÚMIDA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	FALHA NA MADEIRA (%)	
PIO 8 min. / 105° C	180 g/m <sup>2</sup>	<i>E. robusta</i>	2	25,20	22,75	73	50
		<i>E. scabra</i>	2	23,14	22,65	46	56
KEINERT JUNIOR & INTERAMNENSE* 8 min. / 110° C	URÉIA FORMOL 175 g/m <sup>2</sup>	<i>E. dunnii</i>	1	23,22	-	-	-
		<i>E. robusta</i>	1	20,59	-	-	-
		<i>E. viminalis</i>	1	16,28	-	-	-
DISSERTAÇÃO 7 min. / 90° C	175 g/m <sup>2</sup>	<i>E. cloeziana</i>	2	32,50	24,75	53	51
		<i>E. maculata</i>	2	28,06	25,71	45	42
				SECA	FERVURA		
GAJOTTO <i>et al.</i> 18 min. / 130° C	180 g/m <sup>2</sup>	<i>E. grandis</i>	2	20,54	15,56	78	98
PIO 8 min. / 135° C	FENOL FORMOL 180 g/m <sup>2</sup>	<i>E. robusta</i>	2	21,86	15,00	34	41
		<i>E. scabra</i>	2	25,98	16,37	48	34
DISSERTAÇÃO 7 min. / 135° C	175 g/m <sup>2</sup>	<i>E. cloeziana</i>	2	21,24	10,80	42	40
		<i>E. maculata</i>	2	25,28	16,56	37	35

\* Chapas mistas de três lâminas de *Eucalyptus spp* e duas de *Pinus taeda*.

Segundo PIO (1995), o resultado do ensaio da linha de cola é o que melhor revela a qualidade do painel testado. Fazendo-se uma breve comparação entre os valores da TABELA 25 com os encontrados na literatura, separados por adesivo, verifica-se que apesar da diferença existente entre a gramatura de cola desta pesquisa com os demais autores, a resistência da linha

de cola para *E. cloeziana* e *E. maculata* apresentou um comportamento similar, fato que pode indicar uma boa qualidade da linha de cola dos painéis deste trabalho.

Com relação a falha na madeira pode-se dizer que esta apresentou-se um pouco abaixo, principalmente em relação ao *E. grandis*; diferença que pode ser justificada pelo valor inferior da gramatura de cola (PIO, 1995).

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- A utilização da técnica de anelamento da árvore em pé, aliada aos tratamentos de topo e em conjunto com o aquecimento das toras à 80° C por 48 horas, contriúiram na liberação das tensões de crescimento, fato este já esclarecido na literatura PIO (1995), proporcionando bons níveis de rendimento na laminação, para *E. cloeziana* e *E. maculata*, principalmente para o primeiro;
- O *E. punctata* apresentou um baixo nível de rendimento na laminação, não apresentando resposta aos tratamentos, inviabilizando a produção de lâminas inteiras e consequentemente de compensados neste trabalho;
- As maiores perdas durante o processo de laminação para o *E. cloeziana* e *E. maculata* foram apresentadas no descascamento e arredondamento, justificada pela espessura da casca destas espécies e conicidade;
- Para o *Eucalyptus punctata* as perdas apresentadas foram maiores no arredondamento e rolo resto, justificado pela conicidade e dificuldade de fixação das garras do torno;
- Através da análise visual, a coloração das lâminas, variação de espessura, profundidade das fendas e a rugosidade, conclui-se que as características apresentadas pelo *E. cloeziana* e *E. maculata* foram de boa qualidade, sendo possível sua utilização pela indústria de compensados;
- Verificou-se que tanto o *E. cloeziana* quanto o *E. maculata* são espécies com alto potencial para a utilização em escala comercial na indústria moveleira e laminadora, pois seus painéis apresentaram boa estabilidade dimensional;

- Os resultados obtidos com o ensaio de flexão estática, podem ser considerados bons quando comparados com valores encontrados na literatura, para compensados de outras espécies de eucalipto;
- Os fatores testados neste trabalho não afetaram a resistência da linha de cola para os adesivos uréia-formol e fenol-formol, resultados obtidos com os ensaios seco, úmido e fervura;
- Os painéis produzidos não apresentaram problemas de delaminação e a porcentagem de falha na madeira apresentou-se de modo compatível com outros autores, justificada pela diferença de gramatura e características inerentes as espécies.
- Para as variáveis do ensaio de inchamento e recuperação em espessura, flexão estática e cisalhamento que não apresentaram diferenças significativas, deve-se utilizar o menor tempo de prensagem e a menor temperatura, diminuindo deste modo os custos e aumentando a produtividade;

De acordo com o comportamento tecnológico das espécies que apresentaram-se viáveis para laminação e produção de compensados, recomenda-se:

- O estudo das espécies com outras espessuras de lâminas e também o faqueamento das mesmas;
- Os rendimentos na laminação podem ser melhorados, através do manejo florestal visando a produção de madeira para laminação, tempo de estocagem reduzido, otimização dos tempos e temperaturas de aquecimento, aquecimento de toras em função da densidade e espécie, toras em maiores comprimentos com destopo maior, buscando a eliminação total de rachaduras e uma melhor fixação da tora nos telescópicos do torno;
- Outro ponto que deve ser levado em consideração é a regulagem correta do torno, tendo como finalidade um melhor aproveitamento e uniformidade de espessura;
- Testar outros níveis para os fatores examinados, temperatura da prensa e tempo de prensagem, além de outros fatores;
- Determinar através de metodologia apropriada os tempos e temperaturas mais adequados ao aquecimento de cada espécie, tendo como finalidade um melhor aproveitamento, do ponto de vista econômico e da produção;
- De modo a ter-se uma melhor qualidade de colagem, utilizar diferentes gramaturas, pressões, tempos de montagem;
- Estudo de painéis com diferentes números de lâminas para avaliação de propriedades como a estabilidade dimensional;
- A análise de painéis com diferentes tipos de adesivos e formulações, buscando melhores níveis da qualidade de lâminas coladas.



## ANEXO 1

**RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ENSAIO DE RECUPERAÇÃO EM  
ESPESSURA E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA, ADESIVOS URÉIA-  
FORMOL E FENOL-FORMOL**

TABELA A1 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA O *Eucalyptus cloeziana* ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		R	IR	R	IR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	0,257 <sup>ns</sup>	0,408 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	2,849 <sup>ns</sup>
TEMPERATURA	1	0,029 <sup>ns</sup>	0,939 <sup>ns</sup>	1,558 <sup>ns</sup>	1,791 <sup>ns</sup>
TEMPO DE PRENSAGEM* TEMPERATURA	1	0,288 <sup>ns</sup>	1,401 <sup>ns</sup>	0,364 <sup>ns</sup>	0,713 <sup>ns</sup>
ERRO	16	0,381	1,093	0,450	1,897
$\chi^2$		3,155 <sup>ns</sup>	7,102 <sup>ns</sup>	4,87 <sup>ns</sup>	0,898 <sup>ns</sup>
C.V.%		2,74	7,41	3,22	7,45

TABELA A2 - RESULTADOS DA ANÁLISE VARIÂNCIA PARA A RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA O *Eucalyptus maculata* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		R	IR	R	IR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	0,560 <sup>ns</sup>	0,610 <sup>ns</sup>	0,033 <sup>ns</sup>	0,055 <sup>ns</sup>
TEMPERATURA	1	0,556 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	3,984*	9,727**
TEM PREN*TEMPERAT	1	0,013 <sup>ns</sup>	0,035 <sup>ns</sup>	0,175 <sup>ns</sup>	0,059 <sup>ns</sup>
ERRO	16	0,230	0,510	0,474	0,402
$\chi^2$		1,678 <sup>ns</sup>	2,737 <sup>ns</sup>	1,039 <sup>ns</sup>	2,768 <sup>ns</sup>
C.V.%		4,75	11,18	5,92	12,92

NS = Não significativo.

\* = Significativo à 5% de prob.

\*\* = Significativo à 1% de prob.

R = Recuperação em Espessura.

IR = inchamento + Recuperação da espessura.

## ANEXO 2

**RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA  
NOS SENTIDOS PARALELO E PERPENDICULAR À GRÃ, ADESIVOS URÉIA-FORMOL E  
FENOL-FORMOL**

TABELA A3 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA À GRÃ PARA O *Eucalyptus cloeziana* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	1421687680 <sup>NS</sup>	5300,76 <sup>NS</sup>	418290656 <sup>NS</sup>	10137,64 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	1202069888 <sup>NS</sup>	101,25 <sup>NS</sup>	4889979392 <sup>NS</sup>	17,96 <sup>NS</sup>
TEM PREN*TEMPERAT	1	233987408 <sup>NS</sup>	165838,46 <sup>**</sup>	7497307648 <sup>*</sup>	81364,04 <sup>NS</sup>
ERRO	16	500507552	16889,47	1109297280	27260,55
$\chi^2$		7,051 <sup>NS</sup>	3,317 <sup>NS</sup>	5,887 <sup>NS</sup>	0,272 <sup>NS</sup>
C.V.%		5,68	7,60	6,05	5,16

TABELA A4 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR À GRÃ PARA O *Eucalyptus cloeziana* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	26827484 <sup>NS</sup>	237,06 <sup>NS</sup>	14740925 <sup>NS</sup>	13313,47 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	42187124 <sup>NS</sup>	7924,67 <sup>NS</sup>	69441256 <sup>NS</sup>	1647,83 <sup>NS</sup>
TEM PREN*TEMPERAT	1	68256424 <sup>NS</sup>	2393,23 <sup>NS</sup>	14935410 <sup>NS</sup>	9190,12 <sup>NS</sup>
ERRO	16	50479548	3876,73 <sup>NS</sup>	104209416	6434,18
$\chi^2$		7,232 <sup>NS</sup>	4,923 <sup>NS</sup>	1,209 <sup>NS</sup>	2,972 <sup>NS</sup>
C.V.%		7,35	6,98	5,00	5,15

NS = Não significativo

\* = Significativo à 5% de prob.

\*\* = Significativo à 1% de prob.

MOE = Módulo de Elasticidade.

MOR = Módulo de Ruptura.

TABELA A5 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA À GRÃ PARA O *Eucalyptus maculata* ADESIVOS URÉIA- FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	5828423168**	54369,71**	887506560 <sup>NS</sup>	2963,81 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	369396288 <sup>NS</sup>	7670,09 <sup>NS</sup>	4124952064 <sup>NS</sup>	119415,34**
TEM PREN*TEMPERAT	1	641083776 <sup>NS</sup>	428,29 <sup>NS</sup>	6525154304*	86965,01*
ERRO	16	357348736	3478,58	1094398592	11918,45
$\chi^2$		0,606 <sup>NS</sup>	1,044 <sup>NS</sup>	1,550 <sup>NS</sup>	0,912 <sup>NS</sup>
C.V.%		9,74	14,79	5,62	7,66

TABELA A6 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR À GRÃ PARA O *Eucalyptus maculata* ADESIVOS URÉIA- FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	190364288 <sup>NS</sup>	1075,52 <sup>NS</sup>	31348292**	70,35 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	39737172 <sup>NS</sup>	1519,80 <sup>NS</sup>	118483608**	503,76 <sup>NS</sup>
TEM PREN*TEMPERAT	1	186996628 <sup>NS</sup>	608,30 <sup>NS</sup>	29401108**	1522,27 <sup>NS</sup>
ERRO	16	63082188	2077,44	2806965,5	1918,30
$\chi^2$		3,895 <sup>NS</sup>	4,937 <sup>NS</sup>	1,438 <sup>NS</sup>	1,158 <sup>NS</sup>
C.V.%		6,23	8,31	29,61	9,92

NS = Não significativo

\* = Significativo à 5% de prob.

\*\* = Significativo à 1% de prob.

MOE = Módulo de Elasticidade.

MOR = Módulo de Ruptura.

**ANEXO 3**

**RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ENSAIO DE CISALHAMENTO,  
ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL**

TABELA A7 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CISALHAMENTO PARA O *Eucalyptus cloeziana* ADESIVOS URÉIA- FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		RLC SECO	RLC ÚMIDO	RLC SECO	RLC FERVURA
TEMPO DE PRENSAGEM	1	0,06 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	23,45 <sup>NS</sup>	11,42 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	0,28 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>NS</sup>	23,45 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>
TEM PREN*TEMPERAT	1	17,44 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	9,65 <sup>NS</sup>	27,77 <sup>NS</sup>
ERRO	16	43,17	0,10	32,37	16,92
$\chi^2$		2,09 <sup>NS</sup>	4,99 <sup>NS</sup>	2,35 <sup>NS</sup>	3,95 <sup>NS</sup>
C.V.%		5,09	7,72	3,99	3,12

TABELA A8 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CISALHAMENTO PARA O *Eucalyptus maculata* ADESIVOS URÉIA- FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		RLC SECO	RLC ÚMIDO	RLC SECO	RLC FERVURA
TEMPO DE PRENSAGEM	1	30,80 <sup>NS</sup>	1,09 <sup>NS</sup>	41,33 <sup>NS</sup>	1,92 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	7,50 <sup>NS</sup>	4,07 <sup>NS</sup>	8,25 <sup>NS</sup>	13,71 <sup>NS</sup>
TEM PREN*TEMPERAT	1	2,76 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	9,32 <sup>NS</sup>	38,47 <sup>NS</sup>
ERRO	16	18,57	6,09	15,47	11,12
$\chi^2$		3,41 <sup>NS</sup>	1,52 <sup>NS</sup>	1,92 <sup>NS</sup>	3,71 <sup>NS</sup>
C.V.%		6,74	10,27	6,04	4,20

NS = Não significativo

RLC - SECO = Resistência da Linha de Cola - Seca.

RLC - ÚMIDO = Resistência da Linha de Cola - Imersão 24h em água.

RLC - FERVURA = Resistência da Linha de Cola - Fervura 4h + Estufa ( $\pm 60^\circ\text{C}$ , 24h) + fervura 4h

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, O.S.R. **Métodos para controle das rachaduras de topo de toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, visando a produção de lâminas por desenrolamento.** Piracicaba, 1986. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade de São Paulo.
- BALDWIN, R.F. **Plywood manufacturing practices.** São Francisco, M. Freeman, 1975.
- BERNACLE, J. E. & GOTTSTEIN, J.W.. **Control of end splitting in round timber. A promising new method.** Forest Products Technical Notes. CSIRO, Melbourne 1968.
- BOYD, J.D. **Tree Growth Stresses: I - Growth Stresses Evaluation.** Australia Journal of Scientific Research. Série B, Biological Sciences, Melbourne, 3:270-93, 1950a.
- \_\_\_\_\_. **The Growth Stresses: II - The Origin of Growth Stresses.** Australian Journal of Sciences, 3:294-309, 1950b.
- \_\_\_\_\_. **The Growth Stresses: 5 - Evidence of an Origin in Differentiation and Lignification.** Wood Science and Technology, New York, v.6, 251-262, 1972.
- CHAFE, S.C. **Growth Stresses in trees.** Australian Forest Research, Melbourne, v.9, 203-233, 1979.
- CHAFE, S.C. **Variation in Longitudinal Growth Stresses, Basic Density and Modulus of Elasticity with Height in the Tree.** Australian Forest Research, Melbourne, v.11, n.1, 79-82, 1981.
- CHOW, S. **Lathe-check Influence on plywood shear Strength.** Can.For. Serv. Inf. Rep. VP-x -122 p, 1974.
- CHOW, S., TROUGHTON, G. E.; HANCOCK, W. V. & MUKAI H. N. **Quality Control in veneer Drying and plywood gluing.** Can.For.Ser. Inf. Rep. VP-X-123, 1973.
- CONRADIE, W.E. **Utilization of South African Grown *E.grandis* (W. Hill ex.Maiden) as veneer log - Part 1 - Control of end-splitting in veneer logs.** Pretoria: National Timber Research Institute, 1980. 14 f.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. (COPANT). **Madeiras.** São Paulo, 1971.
- CORDER, S.E. & ATHERTON, G.H. **Effect of Peeling Temperature on Douglas fir Veneer.** Oregon State University 132p 1963.
- De VILLIERS, A.M. **Utilization Problems with some eucalipts South Africa.** In: IUFRO-5 meeting (1973): Cape Town, RSA). Proceedings. Republic of South Africa, 1973. v.2, p. 238- 255, 1973.



- DINWOODIE, J.M. **Growth Stresses in timber**. A Review of Literatura. Forestry , London, v.39, n.2, p. 162-70, 1966.
- FAO, **Eucalyptus for planting**. Rome, FAO. p. 503, 1981.
- FLEICHER, H.O. **Heating rates for logs, bolts and flitches to be cut in veneer**. U.S. Forest Products Lab. Rep. 2149. Madison , Wisconsin, 1959.
- FEIHL, O. **Heating frozen and non-frozen veneer logs**. Forest Products Journal, 22:(10):41-50, 1972.
- FREEMAN, H. G. **Influence of production variables on quality of southern pine plywood**. For. Prod. J., 20(12): 28-31, 1970.
- GAIOTTO, M.R. **Avaliação experimental do compensado de eucalipto**. 1º Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro, Anais: 595-599. Curitiba, 1993.
- GRANTHAM, J.B. & ATHERTON, G.H. **Heating Douglas fir does it pay bulletin**. For Prod Research Society Nº 9 64 p, 1959.
- HAYASHIDA, K. **Compensado de *Pinus elliotti* e suas propriedades físicas e mecânicas**. São Paulo, IPT, 1973. 6 f (relatório nº 6248).
- HILLS, W.E. **Eucalyptus for wood production**. CSIRO, Adelaide, 1978.
- JACOBS, M.R. **Stresses and strains in tree trunks as they growth in lenght and width**. Leaflet. Forestry and Timber Bureau, Canberra, Australia n.96, p. 1-15, 1965.
- JANKOWSKI, I. P. **Qualidade das lâminas de *Pinus strobus* (martinez) var. *chiapensis* obtidas por desenrolamento**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., Manaus, 1978. Silvicultura, 2: 9-12, 1978.
- JANKOWSKI, I.P. & AGUIAR, O.J.R. **Manufatura de Painéis Compensados com *Eucalyptus*: Caracterização de diversas espécies**. Revista Floresta. Curitiba, 14 (1), 1983.
- KAUMAN, W. G. **Cell collapse in wood** CSIRO, Division of Forest Products, DEP Reprint n. 566, 63p, South Melbourne, 1964
- KEINERT JUNIOR., S. **Influência de diversos tempos e temperaturas de prensagem na resistência da linha de cola em compensados de Açoita Cavalo (*Luhea divaricata* M.)** Rev.SCA 4:1-16 1982.
- KEINERT JUNIOR, S. & ALBERTO, M.M.M. **Influência de diversos tempos e temperaturas de prensagem em compensados fenólicos de *Pinus taeda* - Efeito sobre a estabilidade dimensional**. III Congresso Florestal e do Meio Ambiente do Paraná. Anais: 359-368, 1991.
- KEINERT Jr.S. & INTERAMNENSE, M.T. **Laminação , produção e testes de compensados a partir de *Eucalyptus spp.*** Relatório de projeto de pesquisa apresentado ao CNPq. 94 p. Curitiba, Pr, 1994.

- KOCH, P. **Utilization of Southern Pines**. Agriculture Handbook. 420 p., 1972.
- KOLLMANN, F.F.P. & COTE Jr. W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin, Springer - Verlag, 1968.
- KOLLMANN, F.F.P.; KUEZZI, E. W. & STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin, Springer, 1975.
- KUBLER, H & CHEN, T. 4. **Prevention of croscut and heating checks in log ends**. Wood Sci. Technol., New York : Springer, v.1, 1975. 592 p.
- KUBLER, H. **Growth Stresses in trees and related wood properties**. Forest Products Abstracts, Farnham Royal, 10 (3): 61-119, 1987.
- KOZLIK, C.J. **Effect of temperature, time, and drying medium on the strength and gluability of Douglas fir and southern pine veneer**. Forest Products Journal. 24:(2):46-53, 1975.
- LISBÔA, C.D.J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. Tese de Doutorado Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. U.F.Pr. Curitiba, 1993.
- LARA PALMA, H. A. **Determinação de parâmetros elásticos e de resistência e a influência da madeira nas propriedades de compensados de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda***. Curitiba, 1994. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- LUTZ, J.F. **Research at forest products laboratory reveals that heating southern pine bolts improves veneer quality**. Plywood & Panel, 1967.
- LUTZ, J.F. **Wood veneer**. Log selection, Cutting and drying. USDA Technical bulletin 1577 1978.
- MACKAY, J.F. **Recovery of collapse in *Eucalyptus delegatensis* by use of anhydrous ammonia and steam**. Wood and Fiber, Lawrence, Kans. v.4, n.3, p 126-129, 1972.
- MC MILLAN, W. P. **Reconstituted wood products**, In: HILLS, W. E. & BROWN, A. G. ***Eucalyptus* for wood production**. Adelaide, CSIRO, 1978.
- MALAN, F. S. **Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity and its association with tree and wood properties of South African *Eucalyptus grandis* (Hill ex- Maiden)**. PhD Thesis, University of Stellenbosch, 1984.
- MEDINA, J.C. **Efeito da temperatura de aquecimento nas lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade de colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Eng.** Curitiba, 1986. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

- MAYER-WEGEGLIN, H. **Tensions and splitting in standing and in felled logs.** Milt Öster Ges Holzforsch, 7(2): 11-17, 1955. (Csiro Australia Trans. 2749)
- MARTLEY, J. E. **Theoretical calculations of the pressure distribution on the basal section of a tree.** Forestry 2 (1): 69-72, 1928.
- NICHOLSON, J.E. **Rapid Method for Estimating Longitudinal Growth Stresses in log.** Wood Science Technology, New York, v.5 n.1 p. 40-48, 1971.
- NICHOLSON, J. E. **Effect of storage on growth stress in mountain ash logs trees.** Australian Forestry, Victoria, 1973.
- NICHOLSON, J.E. **Growth Stress Differences in *Eucalyptus*.** Forest Science, 19 (3): 169-74, 1973.
- NOCK, H. P. & RICHTER, H.G. **Adesão e adesivos.** Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 93 f. 1978.
- NORMA DE CONTROLE DE QUALIDADE E CLASSIFICAÇÃO DE COMPENSADOS. (ABIMCE) - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Compensada), Brasília, 1985.
- PALKA, L.C. **Venner cutting review.** Can.For.Ser.Inf. Dep VP x 135 f, 1974.
- PIO, N.S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados.** Curitiba, 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- ROZAS MELLADO, E. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na geração de produtos com maior valor agregado.** Curitiba, 1993. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- SALES, C. **Growth Stresses: main results obtained on the study of some Guyana Species and consequences for use ends.** In: IUFRO WORD CONGRESS (18.:1986: Ljubljana). Proceedings. Blackstrug, VA: IUFRO,1986.v.5, p.234-248.
- SKOLMEN, R.G. **Heating logs to relieve Growth Stresses.** For. Prod. J. Madison. v.17, n.7. p. 41-42, 1965.
- TOMASELLI, I. **Comparação da qualidade de madeira da *Araucária angustifolia* e *Pinus spp* produzida em reflorestamentos.** In: Problemas florestais do gênero *Araucária*. Encontro da IUFRO. Curitiba, 1980.
- TOMASELLI, I. & SANTINI, E. J. **Colapso na madeira e algumas experiências brasileiras.** FUPEF, série técnica nº 3, Curitiba, 1980.
- VAN WYK, J. L. **Hardwood sawmilling can gave a bright future in South Africa.** South African Forestry Journal, Pretoria, 1978.

- WATANABE, H. **A study of the origin of longitudinal Growth Stresses in tree stem.** In: Meeting of IUFRO Selection 41, Melbourne, 1965.
- WILHELMY, V & KUBLER, H. **Stresses and Checks in log ends from relieved Growth Stresses.** Wood Sci, Madison, v.6, n.2, p. 136-142, 1973.
- VILLIERE, A. **Séchage des Bois.** 6. Ed. Paris: Dunod, 1966. 410 p.
- VILLIERS, A. M. **Utilization problems with some Eucalyptus in South Africa.** IUFRO 5. South Africa, Pretoria, 1973.