

AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus dunnii* (Maid) NA MANUFATURA DE PAINÉIS COMPENSADOS

OBDULIO PEREYRA

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo Pontes Jankowsky

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Madeiras

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro- 1994

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - FCLQ/USP

Pereyra, Obdulio

P437a Avaliação da madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na
manufatura de painéis compensados. Piracicaba, 1994.
87p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Chapa de madeira 2. Compensado de madeira 3. Ma
deira de eucalipto - Avaliação 1. Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 674.142

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus dunnii* (Maid) NA
MANUFATURA DE PAINÉIS COMPENSADOS**

OBDULIO PEREYRA

Aprovada em: 10.03.1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Ivaldo Pontes Jankowsky

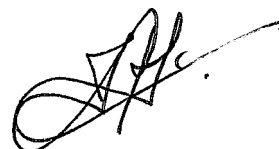
ESALQ/USP

Prof. Dr. José Otávio Brito

ESALQ/USP

Prof. Dr. Hernando Alfonso Lara Palma

UNESP



Prof. Dr. IVALDO PONTES JANKOWSKY

Orientador

À minha esposa **Patricia**, pelo amor e compreensão e a meu filho **Enrique Emmanuel** pela grande alegria brindada

e aos meus pais **Enrique** (*in memoria*) e **Escolastica**, e aos meus irmãos

DEDICO

Agradecimentos

- Ao Prof. Dr. Ivaldo Pontes Jankowsky, pela amizade, estímulo e orientação no decorrer deste trabalho;
- Aos Pesquisadores e amigos Inês C. Galina e Francides Gomez da Silva Junior pela amizade e colaboração;
- Ao Prof. Marcio Gaiotto, pela amizade, apoio e colaboração;
- A Rigesa S.A. pelo apoio logístico de campo e fornecimento das toras de *Eucalyptus dunnii* ;
- Ao INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) por ceder o material para os ensaios a nível industrial;
- A Queiroz S.A. por permitir a utilização de sua instalação para a manufatura dos compensados;
- Ao IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) por permitir a utilização de seu equipamento para os testes laboratoriais;
- A FAPESP (Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da bolsa de estudos;
- A Faculdade de Ciencias Florestais (U.Na.M) de Eldorado, Argentina, pela oportunidade de realização do curso;
- As pessoas que de uma forma ou outra colaboraram para a realização deste trabalho e tiveram seus nomes aqui omitidos;

Para todos os meus mais sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Utilização do <i>Eucalyptus spp</i>	5
3.2. <i>Eucalyptus dunnii</i>	7
3.3. O compensado de Eucalyptus no Brasil e Argentina.....	9
3.4. Produção de lâminas	11
3.4.1. Características gerais.....	11
3.4.2. Aquecimento das toras.....	15
3.4.3. Regulagem do torno.....	18
3.5. Manufatura de compensado.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1. Ensaio de laminação em planta piloto	26
4.1.1. Determinação do rendimento	30
4.1.2. Determinação da qualidade das lâminas.....	31
4.2. Manufatura de compensados na indústria.....	34
4.2.1. Espécie estudada	34
4.2.2. Elaboração dos compensados	37
4.2.3. Ensaio de qualidade do compensado	39

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1. Produção de lâminas	42
5.1.1. Rendimento volumétrico.....	42
5.1.2. Variação na espessura.....	47
5.1.3. Fendas de laminação.....	53
5.1.4. Resistência a tração perpendicular as fibras.....	56
5.1.5. Rugosidade.....	60
5.2. Produção de compensados.....	63
5.2.1. Resistência da linha de cola.....	63
5.2.2. Propriedades físicas.....	68
5.2.3. Propriedades mecânicas.....	74
6. CONCLUSÕES	78
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
1. Faixa de temperaturas favoráveis para a obtenção de lâminas por desenrolamento, em função da densidade básica (LUTZ, 1974).....	17
2. Esquema de retirada de corpos de provas para aferir a qualidade do compensado.....	39
3. Variação da espessura em função da temperatura e regulagem (a- condição úmida, b- condição seca)	48
4. Comportamento da profundidade das fendas de laminação em função da temperatura e regulagem.	54
5. Comportamento da resistência a tração perpendicular das lâminas (R) em função da profundidade das fendas (PROF).	59
6. Comportamento da resistência a tração perpendicular das lâminas (R) em função da profundidade por quantidade de fendas (PxN).	59
7. Rugosidade das lâminas em função da temperatura e regulagem.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1. Temperatura e tempo de aquecimento das toras, segundo o diâmetro....	18
2. Diâmetro das toras utilizadas no experimento.....	28
3. Diâmetro médio e altura comercial das árvores coletadas	35
4. Formulação do adesivo utilizado na manufatura industrial do compensado.....	37
5. Normas utilizadas e testes realizados para a determinação das propriedades físico-mecânicas dos compensados.....	40
6. Diâmetro médio das toras com casca, diâmetro do cilindro e diâmetro do rolo-resto, por tratamento.	42
7. Perdas no decorrer do processo, perda total e rendimento.....	42
8. Valores médios de índice de rachadura de topo antes e depois do aquecimento, e valores médios do incremento de rachadura por tratamento.	44
9. Resultados de análise de Variância pelo teste F, aplicado ao rendimento do processo.....	46
10. Comparação entre médias por tratamento	46
11. Médias de variação de espessura por tratamento na condição úmida ..	48
12. Médias de variação de espessura por tratamento na condição seca	47
13. Resultados de análise de Variância pelo teste F, aplicado a variação de espessura.....	49
14. Comparação entre médias, para a variável espessura na condição úmida, analisando a interação entre os tratamentos Temperatura e Regulagem.....	50

15. Comparação entre médias, para a variável espessura na condição seca, analisando a interação entre os tratamentos Temperatura e Regulagem.....	51
16. Valores de profundidade de fendas em (%) e quantidade por cm linear	53
17. Análise da Variância dos resultados de profundidade e quantidade das fendas de laminação.....	53
18. Comparação entre médias dos resultados da profundidade das fendas de laminação.....	55
19. Resistência das lâminas a tração perpendicular as fibras	56
20. Análise da Variância dos resultados de tração perpendicular as fibras	57
21. Frequência (%) das lâminas em função da classe de rugosidade e da temperatura de aquecimento	60
22. Frequência (%) das lâminas em função da classe de rugosidade e da regulagem do torno.....	60
23. Índice de rugosidade por tratamento	62
24. Valores de resistência ao cisalhamento e falha na madeira na condição seca e úmida.....	64
25. Mínimo aceitável de falha na madeira em função da resistência ao cisalhamento, para linhas de cola prova d'água (Norma NBS/PS 51-71).....	65
26. Valores de resistência ao cisalhamento e falha na madeira das amostras testadas (condição seca).....	66
27. Valores de resistência ao cisalhamento e falha na madeira das amostras testadas (condição úmida).....	67
28. Propriedades físicas do compensado de <i>Eucalyptus dunnii</i> (teor de umidade e massa específica aparente).....	70
29. Propriedades físicas do compensado de <i>Eucalyptus dunnii</i> (inchamento e recuperação de espessura e a diferença entre os dois valores)	72

30. Propriedades físicas do compensado do <i>Eucalyptus dunnii</i> (absorção de água).....	73
31. Valores médios de resistência a flexão estática no sentido paralelo as fibras (módulo de elasticidade "MOE" e módulo de ruptura "MOR")..	75
32. Valores médios de resistência a flexão estática no sentido perpendicular as fibras (módulo de elasticidade "MOE" e módulo de ruptura "MOR")	75
33. Valores de comparação de flexão estática em (MPa).....	77

AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus dunnii* (Maid), NA MANUFATURA DE PAINÉIS COMPENSADOS

Autor: Obdulio Pereyra

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo Pontes Jankowsky

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a potencialidade da madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid), na produção de lâminas por desenrolamento e na manufatura de compensados. Foram estudadas diferentes temperaturas de aquecimento das toras (50, 65 e 80°C) e diferentes regulagem do torno desenrolador (1,7; 1,8 e 1,9 mm de abertura horizontal).

No estudo da laminação foram utilizadas 16 árvores com 20 anos de idade, extraídas na região de Canoinhas, estado de Santa Catarina.

O experimento foi completamente casualizado, com arranjo fatorial dos tratamentos. As lâminas foram produzidas em laboratório, avaliando-se as principais variáveis do processo (Temperatura de aquecimento das toras e Regulagem do torno desenrolador) na qualidade das lâminas e no rendimento.

De acordo ao análise dos resultados, o melhor tratamento observado corresponde a uma temperatura entre 65 e 80°C e regulagem entre 1,8

e 1,9 mm. Pelas características das lâminas produzidas verificou-se que é possível utilizar o *Eucalyptus dunnii* como matéria-prima para a produção de lâminas.

Com base nos resultados obtidos a nível laboratorial, foram conduzidos trabalhos de laminação e manufatura de compensados a nível industrial, com toras extraídas de árvores de *Eucalyptus dunnii* de 12 anos de idade da região de San Vicente, Provincia de Misiones (Argentina). Foi produzido painel a prova d'água de 16 mm de espessura, e a caracterização desse painel foi obtida pelos testes físicos-mecânicos.

Os valores médios obtidos, foram os seguintes: massa específica aparente = 0,771 g/cm³; teor de umidade = 8,72%; absorção de água = 44,09%; inchamento = 11,63%; recuperação de espessura = 2,58%; flexão estática no sentido perpendicular = (MOE: 7.266,27 MPa - MOR: 57,96 MPa); flexão estática no sentido paralelo = (MOE: 8.672,16 MPa - MOR: 65,85 MPa).

Pelo confronto com a Norma NBS/PS 51-71, o compensado produzido é classificado como compensado para uso interior.

EVALUATION OF *Eucalyptus dunnii* (Maid) WOOD FOR PLYWOOD MANUFACTURING

Author: Obdulio Pereyra

Adviser: Prof.Dr.Ivaldo Pontes Jankowsky

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the potential of *Eucalyptus dunnii* (Maid) wood for producing peeled veneer and plywood. Three heating temperatures for the logs (50, 65 and 80°C) and three different horizontal openings for the knife lathe setting (1,7; 1,8 and 1,9 mm) were tested.

For the veneer experiment it was used 16 twenty years old trees from the Canoinhas region of the state of Santa Catarina .

A completely randomized experimental design with a factorial arrangement was employed. The veneer was produced in the laboratory, and the impact of the main variables of the process (heating temperature and horizontal opening) on the veneer quality and yield were evaluated.

The results indicate that the best heating temperature is between 65° to 80°C and the best opening between 1,8 and 1,9 mm. It was verified that it is possible to use *Eucalyptus dunnii* as raw material to produce veneer with good quality characteristics.

Based on the best results observed at the laboratory level, test of veneer and plywood production at industrial level was conducted using logs got from 12 years old *Eucalyptus dunnii* trees from the region of San Vicente, provincia of Misiones (Argentina).

Physical and Mechanical tests were carried out to characterize the 16 mm thick plywood produced.

The overage values obtined were: specific gravity = 0.771 g/cm³; moisture content = 8.72 %; water absortion = 44.09 %; swelling = 11.63 %; thickness recovery = 2.58 %; perpendicular bending = (MOE: 7,266.27 MPa - MOR: 57.96 MPa); paralel bending = (MOE: 8,672.16 MPa - MOR: 65.85 MPa).

Compared with the NBS/PS 51-71 standar, the plywood produced can be used for interior.

1. INTRODUÇÃO

O compensado é um painel formado por lâminas de madeira coladas entre si, sendo que a direção das fibras de uma lâmina qualquer está orientada perpendicularmente às lâminas adjacentes. Normalmente é composto por um número ímpar de lâminas, com a finalidade de distribuir a resistência e compensar a deformação do painel.

A manufatura da madeira compensada na América-Latina atualmente ocupa um lugar importante dentro da indústria madeireira, já que seu emprego diversificado faz com que o consumo tenha aumento constante. Nas últimas décadas, teve como resultado um déficit da matéria-prima proveniente da mata nativa, este fato gerou a necessidade de se obter matéria-prima proveniente das plantações de espécies exóticas de rápido crescimento, sendo utilizado primeiramente o *Pinus* e, recentemente, tenha se iniciado a utilização industrial do *Eucalyptus*.

Esta possibilidade é uma alternativa favorável para a indústria do compensado, já que as florestas podem ser plantadas em zonas próximas aos centros de consumo, o que diminuiria o custo de

transporte e, aliado ao rápido crescimento do eucalipto, permitiria a diminuição do custo de produção.

A ideia de obter matéria-prima a partir das florestas de eucaliptos tem dois princípios básicos em países como Brasil e Argentina: de um lado assegurar o funcionamento das indústrias e, por outro, contribuir para a preservação da mata nativa que está sendo explorada intensamente.

Entre as espécies de eucaliptos que tiveram adaptação na manufatura de compensado encontra-se o *Eucalyptus grandis*, o qual na atualidade está sendo plantado em grande escala no Brasil e na Argentina. Esta espécie tem sido estudada quanto a suas propriedades físicas e mecânicas, assim como também seu comportamento na produção de lâminas e manufatura de compensados.

Outra espécie do género *eucalyptus*, que pode ser utilizada na manufatura de compensados é o *Eucalyptus dunnii* (Maid) conhecido em seu país de origem (Austrália) como "Dumm's white gum". Seu habitat natural é muito restrito, limitando-se ao nordeste de Nova Gales do Sul e sudeste de Queensland, onde encontra-se associado ao *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus microcorys*.

O *Eucalyptus dunnii* apresenta características adequadas, tanto no que se refere as condições de crescimento (com potencial de crescimento de 30 a 50 m³/ha.ano, além de adaptar-se a temperaturas de até 8°C negativos) como em relação a densidade básica de sua madeira (entre 0,45 a 0,55 g/cm³). O presente trabalho visa a obtenção de dados sobre o comportamento dessa espécie

durante o processo de laminação e manufatura de compensado, aplicação sobre a qual não há informação disponível.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem por finalidade avaliar o comportamento do *Eucalyptus dunnii*, em relação a obtenção de lâminas por desenrolamento e verificar a possibilidade da utilização na manufatura de painéis compensados, como uma alternativa de introduzir uma nova espécie de rápido crescimento, visando diminuir o uso de espécies da mata nativa.

2.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos o trabalho proposto visa:

-avaliar experimentalmente o efeito das principais variáveis do processo de laminação (temperatura de aquecimento da tora e regulagem do torno desenrolador) na qualidade das lâminas e no rendimento quantitativo do processo;

-qualificar e quantificar as lâminas em função das características da tora;

-qualificar os painéis compensados produzidos industrialmente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Utilização do *Eucalyptus spp*

A indústria de lâminas e compensados iniciou sua atividade no Brasil na década de 40, impulsionada pela falta de matéria-prima na Europa. As primeiras indústrias instalaram-se na região sul do Brasil e tinham como fonte quase que exclusivamente a floresta de *Araucaria angustifolia* (Pinho-do-Paraná). (TOMASELLI, 1989).

É muito conhecida a enorme pressão que o homem vem exercendo sobre as florestas a procura de matéria-prima de boa qualidade, contribuindo atualmente não só para a sua degradação progressiva através de uma exploração seletiva das espécies de maior valor, mas também para a diminuição contínua de suas áreas de ocorrência natural. Isto resulta que na atualidade as matas nativas fornecedoras de poucas espécies de madeira empregada na indústria de compensados estão caminhando para o esgotamento e se distanciando cada vez mais dos centros consumidores.

Segundo GALVÃO & COUTO (1983), o Brasil possuía cerca de 4,5 milhões de hectares de florestas cultivadas até 1982, que representavam aproximadamente 24% da madeira

consumida. De acordo com estes autores, eram plantados anualmente mais de 400 mil hectares, das quais 52% eram de eucaliptos.

Segundo a FAO (1981), o eucalipto integrava importantes programas de recursos florestais de rápido crescimento em mais de noventa países. No início da década de oitenta, existiam experimentos com mais de duzentas espécies de eucaliptos, principalmente no Brasil, África do Sul e Estados Unidos. Porém, apesar da gama de espécies estudadas, as mais utilizadas foram: *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. urophylla* (alba), *E. robusta*, *E. maculata*, *E. paniculata* e *E. viminalis*.

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil para a produção de madeira partiu da iniciativa privada, procurando resolver, principalmente, seus problemas energéticos. A expansão da eucaliptocultura originou-se das informações resultantes dos estudos desenvolvidos pelo Serviço Florestal da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (COSTA, 1961).

A Companhia Paulista de Estradas de Ferro no ano de 1904 testou no Horto Florestal de Jundiaí (SP), noventa e cinco espécies e entre elas, os eucaliptos, peroba, pinheiro do Paraná, jequitibá, cabreúva, carvalho português, casuarina e grevilha. Já em 1906, os eucaliptos despontavam como as espécies mais promissoras e a partir de 1909 passaram a participar dos programas de reflorestamento como espécies definitivas (ANDRADE, 1961).

Segundo FISCHIWICK (1976), as principais plantações de eucaliptos do Brasil estão localizadas em regiões não sujeitas as geadas ou naquelas em que as geadas são acidentais e com fraca intensidade.

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose, citada por GAIOTTO (1993), apesar dos incentivos fiscais para o reflorestamento terem sido abolidos em dezembro de 1987, as indústrias florestais brasileiras, utilizando-se da tecnologia já adquirida para a implantação de florestas, possuem no momento aproximadamente 6.000.000 ha de área reflorestada das quais 65% correspondem a eucaliptos.

Apesar do avanço das pesquisas florestais no decorrer do século, favorecidas pelas características ecológicas do Brasil, muito pouco tem sido feito no que se refere a utilização dos eucaliptos nas indústrias de processamento mecânico da madeira. Segundo FREITAS & PONCE, (1979) a madeira dos eucaliptos é intensamente utilizada para a obtenção de pastas celulósicas, como também para produção de carvão, postes e moirões. Contudo, a produção de madeira serrada tem sido restrita, e o principal obstáculo é o aparecimento, após o abate da árvore, das rachaduras de topo, originadas das tensões de crescimento.

3.2. *Eucalyptus dunnii* (Maid)

Espécie nativa da Austrália, de ocorrência restrita no nordeste de Nova Gales do Sul e Sudeste de Queensland. Localizando-se numa faixa de 56 - 120 quilômetros do mar e se estende por mais ou menos 241 quilômetros do norte de Coff's Harbour até MC Pherson Ranges, na fronteira com Queensland, até a zona leste alta de Worwick, (HILLIS & BROWN, 1978 e HALL et alii, 1975).

Encontra-se em solos vulcânicos ricos, nos vales, e encostas costeiras; também aparece nos pontos mais altos, em solos

basálticos no ecotipo da floresta densa, em altitudes que variam de 150 - 235 metros, com pluviosidade de verão entre 800 - 1500 mm. É uma árvore das florestas esclerófilas úmidas e normalmente faz parte de povoamentos mistos de *Eucalyptus saligna*, *E. microcorys* e *E. grandis* (HALL et alii, 1975).

Segundo HILLIS & BROWN (1978), tendo em conta as características silviculturais do *Eucalyptus dunnii*, pode frequentemente, na região de ocorrência natural atingir em média de 30 a 40 metros de altura, e chegar aos 60 metros em locais propícios; possui fuste comprido, reto até 33 metros de comprimento, e diâmetros elevados, não raramente ultrapassando 1,0 metro.

De acordo com informações de GOLFARI (1976) e da FAO (1979), o *Eucalyptus dunnii* foi introduzido no Brasil em 1946 e durante as fortes geadas de 1975, nos planaltos da região sul, demonstrou uma boa resistência ao frio, suportando temperaturas de até 5°C negativos.

O *Eucalyptus dunnii* tem vantagem sobre muitas outras espécies de eucaliptos, por sua maior resistência ao frio. Portanto é considerada substituta de outras espécies em regiões onde as geadas ocorrem freqüentemente, como é o caso do sul do Brasil (GOLFARI, 1978).

Em decorrência da rapidez e uniformidade de crescimento, bem como a tolerância as geadas, o *Eucalyptus dunnii* afigura-se como uma das principais espécies para o sul do Brasil, obtendo-se em parcelas experimentais níveis de produtividade de até 109,6 m³ /ha.ano (MONTEIRO et alii, 1984).

Na Província de Buenos Aires (Argentina) o *Eucalyptus dunnii* numa plantação de sete anos de idade (parcela experimental), apresentou boa resistência as geadas e um incremento volumétrico de 64,1 m³/ha.ano (MARTINUZZI & ECHARRI, 1991)

Segundo GOLFARI (1978), a distribuição do *Eucalyptus dunnii* no Brasil, compreendia as seguintes zonas:

- a. Sul do Brasil
- b. Lenções Paulista, SP, altitude de 620 m, com bom crescimento, mas menor que o *Eucalyptus grandis*.
- c. Rio Claro, SP, altitude de 550 m, com crescimento menor ao do *Eucalyptus grandis*, e *Eucalyptus pilularis*.
- d. No triângulo Mineiro, perto de Uberaba, MG, acima de 1000 m.
- e. Na Serra do Espinhaço, perto de Itabira, MG, acima de 1000 m de altitude.

3.3. O compensado de *Eucalyptus* no Brasil e Argentina

No Brasil, 4 trabalhos de pesquisa sobre produção de lâminas e manufatura de compensados a partir de madeira de eucaliptos foram divulgados, com resultados satisfatórios.

JANKOWSKY (1979), trabalhando com três espécies de eucaliptos (*Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*) comprovou a viabilidade tecnológica de se utilizar madeira de Eucalipto na manufatura de painéis compensados, bastando que seja efetuado um estudo consencioso, visando aprimorar a tecnologia existente.

AGUIAR (1986), estudando a possibilidade de controle de rachadura de topo em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e sua utilização como matéria-prima para a produção de lâminas, e compensados, concluiu que é possível produzir lâminas das toras de *Eucalyptus grandis* pelo processo de desenrolamento.

GAIOTTO; WATAI; & JANKOWSKY (1993), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, concluíram que os compensados obtidos a partir desta espécie podem cumprir todas as funções estruturais necessárias para um compensado do tipo exterior, apesar dos compensados experimentais de eucalipto terem massa específica aparente aproximadamente 10% superior do que os compensados usados como referência (compensado de *Araucaria angustifolia*).

GAIOTTO (1993), trabalhando com duas espécies de eucaliptos, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*, conclui, pelas características que apresentaram as lâminas, que é possível utilizá-las para a manufatura de compensados. Porém, seu uso é limitado ao miolo do compensado devido a grande incidência de nós e rachaduras laterais.

Segundo HENN (1994), a utilização de espécies de *Eucalyptus* na Argentina teve início em 1970. A Empresa Caffettii S.A. (Eldorado, Misiones) realizou ensaios de produção de lâminas e manufatura de compensados com espécies de Eucaliptos alcançando bons resultados. No ano de 1989 a Empresa Henter S.A., trabalhando com *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* obteve rendimento volumétrico de 42 % e lâminas possíveis de serem utilizadas na manufatura de compensados. Em 1991, a mesma Empresa atingiu rendimento de 48 % com árvores podadas de *Eucalyptus grandis*.

Trabalho realizado com *Eucalyptus dunnii* de seis anos de idade resultou em rendimento de 39,8%, em lâminas.

3.4. Produção de lâminas

3.4.1 Características gerais

Segundo LUTZ (1978), a maioria das espécies arbóreas produzem lâminas por desenrolamento. De um modo geral as latifoliadas são mais facilmente desenrolados que as coníferas. Isto pode-se atribuir ao fato que as latifoliadas respondem melhor aos esforços de flexão, produzindo lâminas menos danificadas por fendilhamentos. A razão parece estar relacionada ao menor conteúdo de lignina nas latifoliadas e ao fato de ser esta mais termoplástica.

As lâminas são produtos obtidos geralmente por corte com uma faca em espessuras que podem variar entre 0,13 mm até 6,5 mm. 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, sem rugosidade, plana, com nenhuma fenda, de cor e figura agradável (LUTZ, 1978).

Apesar do enorme potencial em termos do crescimento, as toras de eucaliptos apresentam algumas características desfavoráveis, entre as quais as mais importantes são as tensões de crescimento, as contrações devido à secagem, o colapso e as fibras reversas. Contudo, esses inconvenientes podem ser minimizados através da utilização de técnicas adequadas (FAO, 1981).

Os problemas decorrentes das rachaduras podem ser parcialmente controlados aplicando-se técnicas para restringir as mesmas, como as empregadas por (AGUIAR, 1986).

AGUIAR (1986), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, conclui que o corte e a toragem das árvores com anelamento diminui as rachaduras de topo; os conectores metálicos anti-rachaduras do tipo placa dentada restringem as ações das 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 em água.

Segundo Geraldo & Sodré, citado por GAIOTTO (1993), em estudos realizados no Brasil com o objetivo de comparar varios dispositivos para *Eucalyptus saligna* e seus híbridos, concluíram que os conectores anti-rachaduras tipos placas dentadas foram os que mais contribuíram para a redução das rachaduras de topo.

FAO (1979) recomenda a estocagem das toras sob água (imersão ou aspersão) como um procedimento para minimizar as rachaduras que são comuns na maioria das espécies de eucaliptos. Por outro lado durante o armazenamento das toras na água as tensões de crescimento são significativamente reduzidas, diminuindo a tendência a rachar.

Outro problema importante que influi na qualidade das lâminas e, conseqüentemente, na qualidade dos compensados produzidos, é a capacidade de retração das madeiras. Altas retrações provocam grandes tensões na linha de cola, sendo uma das causas que

mais contribui para o surgimento de fendas de laminação da face durante a formação do painel e é um dos motivos do empenamento do compensado. Portanto lâminas obtidas de madeiras com baixas retrações são preferidas na manufatura de compensados (LUTZ 1978).

Normalmente as toras são desenroladas pouco após serem abatidas. Nesse momento o conteúdo de umidade é muito próximo ao conteúdo da umidade da árvore em pé. No corte das lâminas, a madeira é comprimida na frente da faca, quando o conteúdo de umidade é muito alto, a compressão pode fazer com que a água (praticamente incompressível) arrebente as fibras da madeira. No outro extremo, experiências realizadas nos laboratórios de Produtos Florestais dos EEUU, indicaram que toras laminadas a umidades inferiores a 25% produziram lâminas ruins. Os melhores resultados obtiverem-se com umidades compreendidas entre 50 a 60% (LUTZ, 1978).

A uniformidade de espessura é afetada pela diferença no teor de umidade entre as partes de uma mesma tora, numa mesma condição de corte. As partes com mais conteúdo de umidade (alburno) resultaram em lâminas com menor espessura do que aquelas obtidas das partes com menor umidade (cerne), segundo Bryant et alii, citado por (LUTZ, 1967).

Segundo LUTZ (1978), a permeabilidade é outro fator que tem influência nas operações de laminação, e posterior secagem e colagem. Quando a madeira tem boa permeabilidade facilita a eliminação da água durante a laminação, facilita a secagem, e pode-

se eliminar com maior facilidade o vapor de água desprendido durante a cura da cola.

De acordo com LUTZ (1978), a produção de lâminas através do desenrolamento nos E.E.U.U. requer espécies com densidade variando entre 0,32 - 0,65 g/cm³. As espécies com baixas densidades produzem lâminas felpudas e, ao contrário, as espécies de alta densidade requerem mais energia para o corte e as lâminas apresentam maior fendilhamento.

AGUIAR (1986), citando orientações da IUFRO, informou que as melhores lâminas são geralmente aquelas produzidas de espécies com densidade moderada, variando entre 0,40 - 0,60 g/cm³.

PEREYRA & SUIREZ (1990), estudando a densidade da madeira do *Eucalyptus dunnii*, (material de 11 anos de idade, da região de Puerto Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina) encontraram um valor médio de 0,525 g/cm³.

SPARNOCHIA (1991), estudando as propriedades físicas e mecânicas da madeira do *Eucalyptus dunnii*, em árvores de 10 anos de idade, determinou uma densidade básica média de 0,573 g/cm³.

3.4.2. Aquecimento das toras

O aquecimento das toras tem por finalidade tornar a madeira mais plástica, facilitar o corte, aumentar a vida útil da faca e melhorar a qualidade da lâmina (pouca rugosidade, uniformidade na espessura, uniformidade na quantidade e profundidade de fendas de laminação) (LUTZ 1960; FAO 1968).

As temperaturas requeridas para o corte adequado de madeiras moles (coníferas) geralmente são mais elevadas que as requeridas para madeiras duras (latifoliadas) de densidade equivalentes. Isso pode ser atribuído à estrutura de muitos tipos de madeiras moles, caracterizadas por faixas alternadas de madeira de primavera (mole) e madeira de verão (dura) (KOLLMANN et alii, 1975).

Segundo LUTZ (1978) o aquecimento excessivo das toras pode levar ao desgarre do topo das toras pelo torque do torno durante a laminação. A causa disto na maioria das vezes é a não equalização da temperatura na tora. Estando geralmente o topo mais quente e mais mole que a parte central, em consequência, a força de corte será maior no centro, e este gradiente final de força é o responsável pelo desgarre do topo.

O aquecimento reduz o teor de umidade das toras. Isto é atribuído ao ar da cavidade celular que se expande e expulsa para fora a água livre. GRANTHAM & ATHERTON (1959) trabalhando com Douglas-fir encontraram que lâminas de alburno de toras aquecidas apresentaram umidades menores que as lâminas de alburno de toras não aquecidas, a madeira de cerne não apresenta o mesmo fenômeno. Também indicaram que lâminas de alburno de toras aquecidas secam 10% mais rápido que lâminas de toras sem aquecimento.

Quando comparado o aquecimento das toras realizadas por vaporização e por aquecimento em água quente, este último é de 5 a 10 % mais vagaroso que o primeiro para atingir a temperatura desejada. Por isso, o método por água quente torna-se

mais desejável devido o começo do processo ser gradativo, ou seja, o aquecimento da madeira é mais suave e uniforme, com mínimos prejuízos, diminuindo a ocorrência das rachaduras de topo (FEIHL, 1972).

No processo de aquecimento das toras, quase sempre a temperatura é abaixo de 100°C; tanto na vaporização direta ou indireta, conferindo plasticidade às toras para o desenrolamento e facilitando o processo subsequente de secagem das lâminas. Geralmente é preferido o aquecimento em água, já que o processo é melhor controlado e tem menos possibilidade de prejudicar a estrutura da madeira. Uma vez determinada a temperatura, deve-se definir o tempo necessário da tora no tanque de aquecimento para atingir essa temperatura. O tempo de aquecimento depende de vários fatores, tais como espécie de madeira, diâmetro da tora, condição da madeira antes do aquecimento e, principalmente, do teor de umidade e do gradiente do teor de umidade (KOLLMANN et alii, 1975).

Fleischer, citado por LUTZ (1978) estabeleceu a relação entre a densidade da madeira de algumas latifoliadas e a temperatura apropriada para sua laminação, determinando um intervalo de temperatura para cada densidade. Isto pode ser visto na Figura 1.

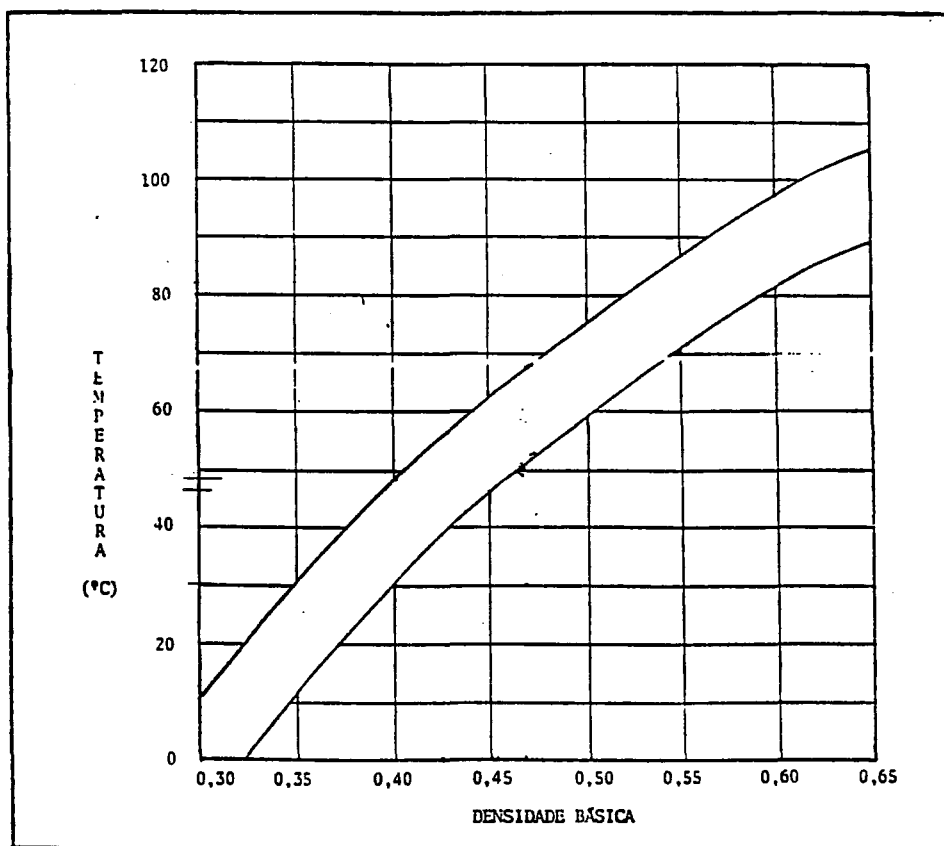


FIGURA 1. Faixa de temperaturas favoráveis para a obtenção de lâminas por desenrolamento em espécies de folhosas, em função da densidade básica (LUTZ, 1974).

FEIHL & GODIN, (1970) resumem o tempo aproximado de aquecimento para toras com densidade média (0,45 - 0,55 g/cm³), totalmente imersa em água quente ou vapor (tabela 1). As toras pesadas, saturadas de água podem requerer um período de tempo 25% maior.

TABELA 1. Temperatura e tempo de aquecimento das toras, segundo o diâmetro.

TEMPERATURA DE LAMINAÇÃO	TEMPERATURA NA CAIXA DE COZIMENTO	TEMPO DE AQUECIMENTO (horas)				
		DIÂMETRO (cm)				
(°C)	(°C)	25	30	46	61	76
49	49	8	12	27	48	76
60	60	8	11	25	45	70
71	71	7	11	24	44	68

3.4.3. Regulagem do torno

Além da temperatura de corte, a regulagem do torno também afeta a qualidade das lâminas.

SUCHSLAND & JANKOWSKY (1978), recomendam como ponto de partida para qualquer espécie, a seguinte regulagem do torno:

- Ângulo da faca

- a. lâminas com espessura menor que 1,3 mm = 90° 30' a 30 cm do centro das garras, mudando automaticamente para 89° 30' a 11 cm do centro das garras;

- b. lâminas com espessura maior que 1,3 mm = 90° 00' a 30 cm do centro das garras, mudando automaticamente para 89° 00' a 11 cm do centro das garras;
- **Ângulo de afiação da faca** : 20°
 - **Ângulo da barra de compressão**: 15°
 - **Abertura horizontal** : 90% da espessura da lâmina
 - **Abertura vertical** : 0,76 mm ou cerca de 25% da abertura horizontal.

Quando o ângulo da faca é muito grande, são produzidas lâminas corrugadas, e se é muito pequeno, as lâminas apresentam alternâncias de espessuras grossa e delgada. Quando o ângulo de afiação da faca é muito grande, favorece a formação das fendas de laminação. O fio da faca é de muita importância na rugosidade; uma faca cega combinada com altas pressões na barra de compressão favorece o arrebetamento da parede celular pela água (LUTZ, 1978).

A função da barra de compressão é comprimir a madeira contra a faca e guiar o corte. Esta compressão controla a qualidade, profundidade das fendas de laminação e uniformidade de espessura (BALDWIN, 1975).

Quando a pressão oferecida pela barra de compressão é muito alta, pode ocorrer o arrebetamento das paredes celulares pela água, e o surgimento de rachaduras na parte fechada da lâmina (LUTZ, 1978).

No processo de desenrolamento de algumas toras, numerosos defeitos podem aparecer em uma mesma lâmina. Alguns

desses defeitos (aqueles inerentes a madeira) podem ser eliminados ou diminuídos através de um tratamento térmico conveniente, de uma regulação precisa do torno desenrolador, ou ainda de uma combinação dessas duas operações. Outros defeitos mais frequentes que os primeiros, tem sua origem devido a falta de conhecimento do processo de corte e, conseqüentemente, da utilização irracional das ferramentas do torno desenrolador. Tais defeitos são chamados de "defeitos de ordem mecânica" e podem ser facilmente identificados e corrigidos (KOLLMANN et alii ,1975).

A regulação do torno desenrolador deve ser feita visando as condições ótimas de corte, e envolve o ajuste acurado das relações geométricas entre o gume da faca, barra de compressão e o centro de rotação das garras; com a finalidade de se obter uma boa qualidade de lâmina, ou seja, visar uma lâmina com a superfície sem rugosidade, espessura uniforme, e com fendas de laminação não profundas (SUCHSLAND & JANKOWSKY 1978).

Uma regulação incorreta do torno desenrolador produzirá lâminas de má qualidade, a qual prejudicará a posterior manufatura dos compensados. Espessura não uniforme das lâminas afetará a linha de cola; a rugosidade excessiva provocará um aumento no consumo de adesivo; lâminas com fendas profundas poderam romper-se quando manipulada e, pelo contrario, quando as lâminas não têm fendas de laminação não terá a flexibilidade suficiente para facilitar o trabalho manual ou em equipamentos automáticos durante a manufatura do compensado (FEIHL & GODIN, 1970).

3.5. Manufatura de compensado

A manufatura dos painéis compensados é um processo complexo, e a qualidade do produto final é dependente da interação entre uma série de fatores, principalmente do tipo de madeira, da qualidade da lâmina, do tipo e quantidade do adesivo, e das condições de prensagem (tempo e temperatura).

Segundo Mc Coube, citado por Mc MILLAN (1978), na Austrália são utilizadas diversas espécies de eucaliptos na produção de compensados, alguns com os mais altos padrões de qualidade, mas com baixo rendimento devido as rachaduras de topo, originadas das tensões de crescimento.

O conteúdo de umidade da madeira, afeta a velocidade de troca da viscosidade de muitos adesivos, durante o período de junção. Também a umidade afeta a velocidade de cura e na prensagem a quente pode formar bolhas de vapor de água, quando o conteúdo é maior que o desejado (SELBO, 1975).

A secagem das lâminas é um ponto essencial para a correta manufatura do compensado. Após o corte o teor de umidade da lâmina é muito elevado, variando de 30 a 110%. A secagem é, portanto, necessária em vista de que as lâminas só poderão ser processadas depois de adequadamente secas (KOLLMANN et alii, 1975).

Após a saída do secador as lâminas devem ser resfriadas e mantidas no plano. Bons resultados tem sido obtidos colocando-se pesos sobre a pilha. Deve-se evitar a aplicação de cola em lâminas quentes. Em locais de elevada umidade relativa recomenda-se no entanto que o tempo entre a saída do secador e a

colagem (principalmente com colas fenólicas) seja o mais reduzido possível, pois a lâmina poderá reabsorver umidade acima de determinados níveis, e diminuir a adesão (Lutz 1978, citado por TOMASELLI, 1983)

O perfeito controle do teor de umidade é de extrema importância para a produção de compensados, dependendo do tipo de produto em fabricação, um determinado teor de umidade é exigido. Alguns produtos exigem um mínimo de secagem, como por exemplo, lâminas para a confecção de embalagens para frutas, onde o teor de umidade de 20% é considerado como ideal, pois neste caso visa-se a redução a susceptibilidade de fungos. Em outros casos, teores de umidades de 5% ou menos são exigidos, como é o caso de lâminas para compensados colados com resinas fenólicas (TOMASELLI, 1983).

A secagem insuficiente ou excessiva das lâminas pode vir a ter sérias consequências na qualidade do ligamento. Os fatores que afetam estes dois defeitos de secagem incluem as propriedades das lâminas e a prática da secagem (CHOW et alii 1973).

Abordando a relação entre umidade e colagem, HORWINKY & SALOMON (1965), KOLLMANN et alii (1975) e TOMASELLI (1983) afirmam que lâminas com teores de umidades muito baixos poderão produzir superfícies inativas, diminuindo consequentemente as forças de adesão entre a cola e a superfície; além da absorção excessiva de cola, produzindo linhas de colas famintas. Os mesmos autores demonstraram que a utilização de lâminas com teores de umidade elevados ocasionaram a ocorrência de

bolhas de vapor na linha de cola, bem como a diminuição da adesividade. Também afirmam que no processo de colagem, durante a manufatura do compensado, cada tipo de adesivo requer um teor diferente de umidade nas lâminas, teor este dependente da formulação da cola, da pressão e da temperatura a serem usadas na prensagem. O teor de umidade tem uma faixa recomendada entre 3 a 12%.

Outro fator importante que afeta a colagem são as ondulações, que são irregularidade da superfície das lâminas. ANANÍAS & HERRERA (1992), concluem que as ondulações das lâminas em eucaliptos são afetadas pelas propriedades físicas da madeira (densidade básica), pelas contrações das madeiras e ainda pela heterogeneidade dos anéis de crescimento.

Segundo Bloomgrist, citado por TOMASELLI (1983), altos teores de umidades geralmente resultam em um colagem pobre. Em certos casos, bolhas de vapor formados na prensa (colagem a quente) provocam a delaminação completa. Por outro lado, um teor de umidade extremamente baixo também é prejudicial o qual produz uma superfície inativa, diminuindo as forças de adesão entre a cola e a madeira.

Um dos defeitos que pode aparecer na lâmina é a rugosidade (aparece sob forma de cavidade, oblonga, alternando-se com protuberância, sobre a duas faces do laminado) que reduz consideravelmente a superfície de contacto no processo de colagem do compensado, aumenta o consumo de cola e produz colagens inferiores (KOLLMANN et alii, 1975).

De uma forma geral, a qualidade de uma junta de colagem entre duas lâminas de madeira irá depender de: o tipo de

madeira e sua preparação; o tipo e qualidade do adesivo; compatibilidade entre o processo de colagem e o adesivo selecionado; e efetividade do tipo de acabamento aplicado no produto colado, em termos de proteção à umidade (SELBO,1975).

Para a estabilidade dimensional do compensado é necessário que, nas lâminas que o compõem, exista uma distribuição uniforme do teor de umidade. É necessário que as lâminas não fiquem muito onduladas durante a secagem. Algumas espécies perdem sua cor característica quando as condições de secagem (temperatura, umidade relativa e tempo) não são devidamente controladas (KOLLMANN et alii 1975).

O tempo de montagem é muito importante na manufatura dos compensados, sendo que um período curto de montagem, em espécies densas como é o caso dos eucaliptos, resultam em uma linha de cola "faminta", visto que estas espécies absorvem a umidade da cola lentamente. Ao contrário, um montagem longo pode resultar na formação de uma camada de cola inerte, devido a evaporação do solvente, resultando em ambos casos em uma inadequada transferência do adesivo da superfície espalhada à não espalhada (SELBO , 1975).

Segundo KOLLMANN et alii (1975), no processo de prensagem, as temperaturas muito elevadas reduzem a qualidade do compensado, pois a plasticidade da madeira aumenta rapidamente acima de 100°C, o que conduz a uma compressão indesejável da madeira.

Segundo CHOW et alii (1973), uma pressão adequada é necessária para: a) garantir uma boa transferência da cola

da lâmina espalhada á não espalhada; e b) manter um bom contato entre as partes mais rugosas durante a cura da resina. As pressões normalmente usadas são de 10 kgf/cm² até 14 kgf/cm².

Na fabricação de compensados, utilizando Pinus do sul dos Estados Unidos, podem ser utilizados os seguintes intervalos, como regra geral para todos os tipos de adesivos fenólicos: pressão específica de 7 a 21 kgf/cm² e temperatura de 135 a 157°C (KOCH, 1972).

O tempo de prensagem deve ser o suficiente para que as partes mais internas da linha de cola atinja a temperatura de cura (CHOW et alii, 1973).

Segundo ALBA QUIMICA (1986) o tempo de prensagem a quente dependerá essencialmente da temperatura da prensa, da espessura das lâminas e do compensado.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Ensaio de laminação em planta piloto

A madeira utilizada no ensaio de laminação foi extraído de um plantio pertencente a Rigesa S.A., empresa situada na cidade de Canoinhas, Estado de Santa Catarina, cujas características são as seguintes:

- espécie: *Eucalyptus dunnii*
- procedência: Moleton (Austrália)
- data de plantio: 16 de novembro de 1973
- área do talhão: 10.000 m²
- longitude: 50° 05' (sul)
- latitude: 26° 13' (oeste)
- altitude: 820 m
- tipo de solo: latossolo vermelho
- precipitação: 1.440 mm/ano
- data de corte: 26 de outubro de 1993

A seleção das árvores (total de 16) foi feita ao acaso, resultando em diâmetro médio de 41,55 cm e altura média de 39,12 m.

De cada árvore foi cortada uma tora com 5,1 m de comprimento, aneladas a 30 cm dos extremos, com uma profundidade de $\frac{1}{3}$ do raio, de acordo com a metodologia utilizada por AGUIAR (1986). Em cada topo foi aplicado uma camada de parafina emulsionável com o propósito de diminuir a perda de água e evitar as possíveis rachaduras de topo devido a secagem. As toras foram transportadas ao laboratório do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP e seccionadas em toretes de 1,3 m de comprimento (3 toretes por árvore, com um total de 48), e identificadas com auxílio de plaquetas de alumínio. Todos os toretes após o corte também receberam em seus topos uma camada de parafina emulsionável (impermeabilizante). As toras foram aneladas a 10 cm dos extremos em uma profundidade de $\frac{1}{3}$ do raio, visando diminuir as rachaduras de topo ao longo do armazenamento, posterior aquecimento e durante o processo de laminação. Dos 48 toretes, foram escolhidos em forma sistemática 27 correspondentes a base e a tora seguinte (meio) para o ensaio e permaneceram imersas em água por um período de 15 dias antes da laminação. As toras restantes (21) correspondente ao topo da tora de 5,10 m (menores diâmetros) foram armazenadas durante 60 dias com aplicação de água por aspersão e posteriormente colocadas no tanque com água fria.

Esse material de reserva tinha como objetivo suprir a possível necessidade de refazer algum ensaio, o que não foi

necessário. Na Tabela 2 pode observar-se os diâmetro de cada uma das toras utilizadas no ensaio.

TABELA 2. Diâmetro das toras utilizadas no experimento.

Árvore Nº	Tora Nº	TOPO MAIOR		TOPO MENOR	
		Diâmetro com casca (cm)	Diâmetro sem casca (cm)	Diâmetro com casca (cm)	Diâmetro sem casca (cm)
1	1	54.90	49.00	52.30	45.00
1	2	49.00	46.25	45.50	42.50
2	1	36.10	34.80	34.00	32.85
2	2	34.55	33.00	31.50	31.60
3	1	32.35	30.70	30.30	28.50
3	2	31.25	27.45	30.45	26.30
4	2	34.50	33.50	33.25	32.50
5	2	39.00	36.50	37.50	34.25
6	1	41.50	38.45	40.00	37.20
6	2	38.75	36.65	38.25	36.30
7	1	41.75	39.35	40.20	37.00
8	1	52.25	50.50	49.15	45.90
8	2	47.00	45.75	45.40	44.25
9	1	46.00	46.45	43.30	39.80
9	2	42.00	38.90	39.80	37.20
10	1	40.25	38.95	38.30	35.70
10	2	37.60	35.85	34.80	33.90
11	1	44.15	39.60	40.80	37.25
12	1	37.60	35.35	34.95	32.75
12	2	34.45	30.05	32.35	29.10
13	1	40.75	37.65	39.20	36.55
13	2	39.50	37.40	38.45	36.50
14	1	36.35	33.25	33.50	29.50
14	2	29.80	28.75	28.25	28.00
15	2	37.75	35.75	36.75	33.50
16	1	40.80	39.50	38.00	35.95
16	2	38.05	36.35	37.00	34.50

Antes da laminação as toras foram aquecidas por imersão em água, em três diferentes temperaturas (50, 65, e 80°C), com um tempo de aquecimento que dependia do diâmetro maior das toras. Essas temperaturas foram escolhidas tendo por base o trabalho desenvolvido por LUTZ (1967).

Para a laminação foi utilizado um torno desenrolador Thons & Benato, modelo LHT-14. O torno foi regulado de acordo com indicações de FEIHL & GODIN (1970), para lâminas de 2 mm de espessura (e) e com 3 regulagens diferentes:

- ângulo de afiação da faca	20° 00'
- ângulo da faca	90° 00' a 89° 00'
- abertura horizontal	a). 1,9 mm (95% da e) b). 1,8 mm (90% da e) c). 1,7 mm (85% da e)
- abertura vertical	0,45 mm
- tempo de aquecimento	(dependente do diâmetro)

Dessa forma, o ensaio laboratorial totalizou 9 tratamentos em um esquema fatorial 3x3 com três repetições,

- temperatura de aquecimento	(50, 65, e 80 ° C);
- porcentagem de compressão	(85, 90, e 95 % da espessura da lâmina)

A avaliação dos diferentes tratamentos foi feito através do rendimento do processo de laminação e da qualidade das lâminas.

4.1.1. Determinação do rendimento

Para a determinação dos volumes verdes (tora por tora), adotou-se a metodologia usada por MEDINA (1986), utilizando-se as seguintes equações:

a- determinação do volume da tora com casca (V1), e sem casca (V2):

$$V = \frac{\pi}{8} * (Da^2 + Db^2) * L$$

onde:

L = comprimento da tora (m);

Da = diâmetro maior (m);

Db = diâmetro menor (m);

V = volume (m³).

b- determinação do volume da tora arredondada (V3), e do rolo-resto (V4):

$$V = \frac{\pi}{4} * D^2 * L$$

onde:

L = comprimento da tora (m);

D = diâmetro do cilindro e rolo-resto (m);

V = volume (m³).

c- determinação do volume verde laminado (V5):

$$V5 = V3 - V4$$

onde:

V3 = volume da tora arredondada (m³);

V4 = volume do rolo resto (m³);

V5 = volume laminado (m³).

Para analisar o rendimento volumétrico em função do diâmetro, o comprimento utilizado para calcular os volumes de todas as toras foi de 1,00 metro. O volume das lâminas verdes (V6) foi calculado pela seguinte equação:

$$V6 = N * V$$

onde:

N = número de lâminas ;

V = volume individual das lâminas (m³);

V6 = volume das lâminas (m³).

Por diferença determinaram-se as perdas, expressas em porcentagem, referindo-se ao volume com casca como 100%:

$$V1 - V2 = \text{perda no descascamento (m}^3\text{);}$$

$$V2 - V3 = \text{perda no arredondamento (m}^3\text{);}$$

$$V3 - V5 = \text{perda no rolo resto (m}^3\text{);}$$

$$V5 - V6 = \text{perda no manuseio (m}^3\text{).}$$

A somatória das perdas, em porcentagem, foi a perda total, que subtraída de 100 deu o rendimento volumétrico de laminas verdes, em porcentagem, em relação ao volume com casca.

4.1.2. Determinação da qualidade das lâminas

A qualidade das lâminas foi avaliada pela medição dos seguintes parâmetros:

-Espessura:

A cada 2 metros de lâminas foi retirado uma amostra de 30 cm de comprimento, na qual foram medidas as espessuras do centro e dos extremos, utilizando-se um relógio comparador com 0,01 mm de precisão, de acordo com a metodologia utilizada por JANKOWSKY (1978).

-Rugosidade:

Nas mesmas amostras retiradas para a medição da espessura foi feita a avaliação da rugosidade de maneira subjetiva, utilizando-se o seguinte procedimento:

a - de todas as amostras a avaliar, foram selecionadas, comparando a rugosidade, a lâmina mais lisa, a mais rugosa e duas intermediárias, classificadas como:

- 1- lâmina muito lisa;
- 2- lâmina razoavelmente lisa;
- 3- lâmina rugosa;
- 4- lâmina muito rugosa

b- tendo definida as amostras padrões, a classificação das demais lâminas foi feita comparando-se de maneira subjetiva sua rugosidade com elas, (metodologia de uso normal no laboratório de Tecnologia de Madeiras da ESALQ).

-Profundidade das rachaduras:

A intensidade e a profundidade das rachaduras de laminação foram avaliadas segundo a metodologia utilizada por LIMBACH (1946); a seguir resumida:

- a. retira-se pequenas amostras de lâminas (2,5 cm x 10 cm), com a dimensão menor perpendicular as fibras (considerando como ideal um número de 5 amostras por ponto de observação).
- b. num recipiente derrete-se parafina, até uma temperatura ligeiramente superior ao seu ponto de fusão, e introduz-se nesta o extremo da lâmina com a superfície transversal uniforme até 6,5 mm. Em seguida retira-se a amostra, deixa-se secar ao ar até a sua completa solidificação.
- c. logo submerge-se o extremo parafinado em tinta Nankin até uma profundidade de 2,5 cm durante aproximadamente 5 minutos. Ao final retira-se a amostra e deixa-se secar pelo menos durante uma hora.
- d. cortar o extremo parafinado a uma distância de 1,9 cm utilizando uma serra circular sem trava.
- e. lixa-se e pole-se a superfície recém cortada.
- f. com uma lupa de 10 vezes de aumento, provida de uma escala milimétrica, mede-se a profundidade das fendas de laminação em relação a espessura real da lâmina e conta-se o número de fendas por centímetro. A profundidade das fendas de laminação pode ser expressa em mm ou % em relação a espessura da lâmina.

- Resistência a tração perpendicular as fibras:

O ensaio de resistência a tração perpendicular as fibras foi realizado segundo o método desenvolvido por KIVIMAA (1956).

Os corpos de provas de 2,5 cm por 11 cm (dimensão menor paralela as fibras) foram extraídas das mesmas amostras utilizadas para a avaliação de espessura, rugosidade e rachadura. Foram ensaiadas em máquina universal de testes marca INSTRON, com capacidade de 50 kgf. A velocidade de aplicação de carga foi de 0,5 cm/min e a distância entre as garras foi de 5 cm.

- Classificação das lâminas:

As lâminas produzidas foram classificadas de acordo com a Norma NBR 9531/86 (ABNT,1986).

4.2 Manufatura de compensados na indústria

4.2.1. Espécie estudada

De acordo com os resultados obtidos a nível laboratorial, e definidos as condições mais adequadas para a produção de lâminas, a manufatura dos compensados foi feita a nível industrial.

A madeira utilizada no ensaio industrial, foi extraído de uma parcela experimental pertencente ao INTA (Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria) situado na cidade de San Vicente, Província de Misiones, República Argentina, a 26° 56' de latitude sul e 54° 24' de longitude oeste e a uma altitude de 530 m. As principais características do talhão são:

- Espécie: *Eucalyptus dunnii*
- Origem e procedência: Cofes Harbour, N.S.W. Australia
(latitude: 30° 05' sul e longitude: 153° este), altitude: 300 m.

- Espaçamento inicial: 3,0 m x 3,0 m
- Área do talhão: 10.000 m²
- Relevo: declividade (~ 20%)
- DAP médio das árvores : 46,5 cm
- Altura total média: 30,5 m
- Ano de plantio: 1981
- Idade das árvores: 12 anos

Selecionaram-se para o estudo árvores com fuste cilíndrico, reto, sem bifurcações. Este critério foi previamente estabelecido para aproveitar a oportunidade e mostrar para a indústria qual será a matéria-prima (toras) possível de ser colhida a partir de florestas plantadas e manejadas para essa finalidade.

Após a seleção, foram derrubadas 10 árvores, procedendo-se as medições de diâmetro (DAP) e altura comercial (Hc), cujas médias pode observar-se na Tabela 3. Considerou-se como altura comercial um diâmetro mínimo de 11 cm.

TABELA 3. Diâmetro médio e altura comercial das árvores coletadas.

Árvore	DAP (cm)	Hc (m)
1	45.00	29.00
2	45.00	30.00
3	51.50	32.00
4	56.00	20.00
5	35.50	26.00
6	52.00	30.00
7	56.00	33.00
8	41.00	29.00
9	40.00	30.00
10	43.00	31.00
Média	46,45	29,00

Após a derrubada das árvores foram toradas com 6 m de comprimento e aplicado nos extremos parafina emulsionável (impermeabilizante) para evitar a perda de umidade. Em seguida, as toras foram transportadas até a indústria.

A laminação e a manufatura dos compensados a nível industrial foi feito na firma Queiroz S.A., localizada na cidade de Eldorado, Província de Misiones, República Argentina.

O processo de laminação (aquecimento das toras e desenrolamento) seguiram as recomendações obtidas do experimento laboratorial, e as demais etapas do processo (secagem, tipo de adesivo, colagem e prensagem), seguiram as práticas da própria indústria.

O aquecimento foi em água quente a 65°C por 36 horas, de acordo com FEIHL & GODIN, (1970), utilizando-se um tanque de alvenaria de 36 m³ de capacidade, com sistema de aquecimento da água através de vapor.

As toras (de 6 metros de comprimento) após o aquecimento foram toradas em dois comprimentos, de acordo a qualidade de cada árvore, (1,70m para miolo e 2,30 m para capa), para posterior desenrolamento.

O torno desenrolador foi regulado de acordo com as especificações do experimento laboratorial, para lâminas de 2,0 mm de espessura.

- ângulo da faca: 90°
- ângulo de afiação da faca: 20°
- abertura horizontal: 1,8 mm (10% de compressão)
- abertura vertical: 0,45 mm

Quando a tora permitia a obtenção de lâminas para capa, o torno era automaticamente ajustado para cortar lâminas com 1,0 mm de espessura, utilizando a regulagem padrão da própria indústria.

A secagem das lâminas foi efetuada em um secador contínuo de esteiras, e fluxo cruzado, com 40 metros de comprimento, utilizando-se uma temperatura de 180°C e uma velocidade de avanço de 7 m/min. Nessa temperatura a indústria normalmente obtém lâminas no fim do processo com 7 a 8% de umidade.

4.2.2. Elaboração dos compensados

Com as lâminas produzidas confeccionaram-se painéis a prova d'água, com 16 mm de espessura, compostos de 9 lâminas, utilizando-se adesivo a base de fenol-formaldeído, com a formulação descrita na Tabela 4.

TABELA 4: Formulação do adesivo utilizado na manufatura industrial do compensado

Componentes	Partes em massa	(%) (em massa)
• Resina fenólica	75 kg	55,5
• Farinha de trigo	20 kg	14,8
• Água	25 litros	18,5
• Catalizador	15 litros	11,2
TOTAL	135 kg	100

O adesivo foi aplicado na quantidade de 330 g/m² em linha dupla. Na prensagem, seguiu-se a sequência normal da indústria:

- tempo de montagem : 15 min
- pressão específica: 11 kgf/cm²
- temperatura de prensagem: 120°C
- tempo de prensagem: 8 min

Após a prensagem os painéis permaneceram 7 dias em aclimatação ao ambiente, até os mesmos atingirem condições de equilíbrio higroscópico, verificável pela massa constante.

Foram escolhidos aleatoriamente 14 painéis do total produzido, dos quais foram tirados do centro de cada um deles uma amostra de 50 cm x 50 cm destinados aos ensaios físico-mecânicos.

4.2.3. Ensaio de qualidade do compensado

Na avaliação dos painéis as determinações efetuadas tiveram como objetivo específico a caracterização do produto obtido para posterior comparação com produtos de características similares já descritos em literatura e aos valores fixados em Normas.

Os corpos de provas para os ensaios físico-mecânicos foram retirados dos painéis de maneira sistemática, conforme o esquema da Figura 2, com dimensões especificadas pela norma relativa a cada teste.

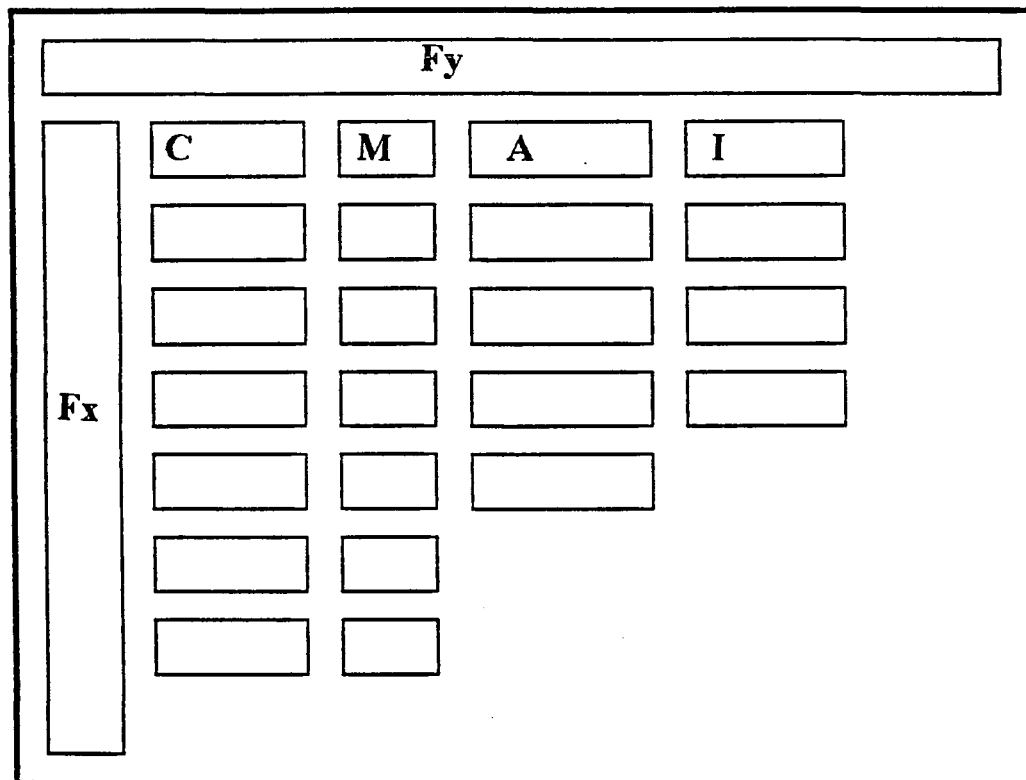


FIGURA 2. Esquema de retirada de corpos de provas para aferir a qualidade do compensado, onde:

C - Corpo de prova para o ensaio de cisalhamento

U - Teor de umidade

Fy - Flexão estática paralela

M - Massa específica aparente

Fx - Flexão estática perpendicular

A - Absorção de água

I - Inchamento e recuperação de espessura

Pode-se visualizar na Tabela 5 resumo dos testes efetuados, as propriedades medidas, e as normas empregadas.

Adicionalmente, os resultados do teste de resistência da linha de colagem (tensão de ruptura e porcentagem de falha na madeira) foram comparados aos valores mínimos especificados pela norma NBS/PS 51-71 para compensados de folhosas.

TABELA 5. Normas utilizadas e testes realizados para a determinação das propriedades físicas-mecânicas dos compensados.

Norma utilizada	Nome do teste	Condições	Propriedade determinada
• NBR 9534/86	Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento	-Seca -Úmido	-Tensão de ruptura (kgf/cm ²) -Falha na madeira (%)
• NBR 9484/86	Teor de umidade		-Teor de umidade (%)
• NBR 9485/86	Massa específica aparente		-Massa específica aparente (g/cm ³)
• NBR 9486/86	Absorção de água		-Absorção de água (%)
• NBR 9536/86	Inchamento e recuperação de espessura		-Inchamento(%) -Recuperação de espessura (%)
• NBR 9533/86	Resistência a flexão estática	-Paralelo as fibras -Perpendicular as fibras	-Tensão de ruptura (kgf/cm ²) -Módulo de elasticidade (kgf/cm ²)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Produção de lâminas

5.1.1. Rendimento volumétrico

A Tabela 6 apresenta os diâmetros médios das toras, por tratamento, no decorrer do processo (diâmetro da tora com casca, diâmetro do cilindro, e diâmetro do rolo-resto). Na Tabela 7 são apresentados, no decorrer das diferentes operações, as perdas respectivas e o rendimento final. Os valores de perdas e rendimento são dados em porcentagem e foram calculados considerando como 100% os valores correspondentes aos volumes das toras com casca.

TABELA 6. Diâmetro médio das toras com casca, diâmetro do cilindro e diâmetro do rolo-resto, por tratamento.

Temperatura (°C)	Diâmetro (cm)			
	Regulagem (mm)	toras	cilindro	rolo-resto
50	1,7	40.80	34.46	22.00
	1,8	30.38	26.63	22.20
	1,9	40.48	32.46	21.46
65	1,7	42.43	36.76	22.03
	1,8	33.28	28.03	22.00
	1,9	38.80	31.16	14.73
80	1,7	39.98	31.83	22.03
	1,8	41.11	30.36	21.96
	1,9	39.53	32.36	22.26

TABELA 7. Perdas no decorrer do processo, perda total e rendimento.

Temp. (°C)	Regul. (mm)	PERDAS (%)					Rendimento (%)
		Descasca-mento	Arred.	Rolo-resto	Manuseio	Total	
50	1,7	8.16	20.88	29.45	5.52	64.01	35.99
	1,8	13.04	10.99	54.88	3.35	82.26	17.74
	1,9	10.99	24.77	29.21	3.63	68.60	31.40
65	1,7	11.55	13.06	28.40	4.76	57.77	42.23
	1,8	8.91	20.07	43.91	5.45	78.34	21.66
	1,9	11.69	23.79	16.56	2.99	55.03	44.97
80	1,7	10.85	25.52	30.48	4.20	71.05	28.95
	1,8	10.82	33.53	31.17	4.96	80.48	19.52
	1,9	9.53	23.34	32.29	5.36	70.52	29.48

Analisando os valores das Tabelas 6 e 7, pode-se observar que as perdas maiores são no rolo-resto, chegando em alguns casos até mais de 50%; e no processo de arredondamento, com um máximo de 33,53 %.

As toras de *Eucalyptus dunnii* utilizada neste experimento mostraram problemas de fixação nas garras durante a laminação. Isso pode ser atribuído a presença de profundas rachaduras nos topos; as toras com rachaduras não permitem a fixação necessária das garras, principalmente das garras interiores do torno, e quando aumenta o esforço requerido pelo corte, a tora racha, impossibilitando a continuidade do processo de laminação.

As rachaduras de topo tem origem nas tensões de crescimento. Essas tensões de crescimento, que existem em todas as espécies, são mais acentuadas no gênero eucalipto, pelo que deve-se adotar técnicas adequadas para prevenção das rachaduras desde a derrubada das árvores. Neste estudo adotou-se a técnica indicada por AGUIAR (1986).

A efeito de verificar a incidência da temperatura na rachadura de topo, as mesmas foram quantificadas de acordo com a metodologia utilizada por AGUIAR (1986). Os resultados em porcentagem são apresentados na Tabela 8.

Contudo, observou-se que houve a ocorrência de rachaduras durante o armazenamento, o que indica para esta espécie que o método utilizado não foi adequado. Adicionalmente, conforme pode ser verificado na Tabela 8, o aquecimento das toras provocou um aumento na intensidade das rachaduras de topos, observando-se um incremento de 39,44 % para a temperatura de 50°C; 94,61 % para a

temperatura de 65°C; e 126,47 % de incremento para a temperatura de 80°C.

TABELA 8. Valores médios de índice de rachadura de topo antes e depois do aquecimento, e valores médios do incremento de rachadura por tratamento.

Temperatura (°C)	Índice de rachadura estacionado	Índice de rachadura aquecido	Índice de rachadura Incremento de rachadura(%)
50	312,94	408,44	39,44
65	374,72	672,66	94,61
80	334,50	594,11	126,47

Na comparação com outras pesquisas, onde as toras utilizadas foram do mesmo comprimento, AGUIAR (1986) trabalhando com *Eucalyptus grandis*; e GAIOTTO (1993) com *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna*, estes pesquisadores lograram um controle satisfatório do incremento da rachadura de topo durante o armazenamento e posterior aquecimento com o método de prevenção por anelamento. Pelo contrario o presente trabalho utilizando a mesma metodologia não apresentou resultados satisfatórios.

O aumento da temperatura de aquecimento das toras apresentou um incremento acentuado das rachaduras de topo a nível laboratorial, e que considerando o comprimento das toras (1,30m), essas rachaduras influenciaram significativamente no rendimento. Esse

problema na indústria quase não foi percebido, já que ao cortar os extremos do fuste que apresentaram rachaduras, ficava uma tora comprida sem defeitos nos topos. Isto indica que o método de aquecimento das toras com fuste comprido mais anelamento pode ser uma solução para espécies com tensões de crescimento muito acentuado, como são a maioria das espécies de *Eucalyptus*.

Um dos motivos da alta perda no arredondamento, com uma média geral de aproximadamente 22%, e um máximo de 33,53%, deve-se a que durante essa primeira etapa do processo tirou-se toda a lâmina que apresentava manchas escuras devido a oxidação do tanino no armazenamento; lâmina que neste experimento foi considerado como perda, porém num processo industrial pode-se utilizar como miolo na manufatura de compensado. Considerando que essas lâminas poderam utilizar-se a perda no arredondamento pode ser muito menor e lograr um aumento no rendimento volumétrico.

O baixo rendimento observado na regulagem 1,8 mm (Tabela 10), pode não ser atribuído à regulagem, e sim, à alta porcentagem de perda no rolo resto (Tabela 7), onde as maiores perdas verifica-se para a regulagem 1,8 mm nas 3 temperaturas de aquecimento.

Pode-se observar uma grande influência do diâmetro final do rolo-resto no rendimento volumétrico. No único caso em que o rolo-resto (diâmetro de 14,73%) aproximou-se ao diâmetro da garra interna do torno (11 cm) a porcentagem de rendimento foi muito superior aos outros, resultando aproximadamente 45%.

TABELA 9. Resultados de análise de variância pelo teste F, aplicado ao rendimento do processo.

	CV	GL	QM	F
Tratamento		8	2.079,4	3,34**
Residuo		18	1.402,4	
Temperatura (T)		2	247,9	3,18ns
Regulagem (R)		2	690,7	8,87**
T xR		4	50,5	0,65ns

cv = 28,9%

ns = não significativo

** = altamente significativo

TABELA 10. Comparação da conversão média entre tratamentos. (valores em porcentagem).

Regulagem \ Temperatura	1,7	1,8	1,9	Média
50	36,30	21,00	31,42	29,57
65	42,20	21,60	44,96	36,25
80	28,93	19,47	29,52	25,97
Média	35,81	20,69	35,30	30,50

5.1.2. Variação na espessura

As espessuras médias, em função das temperaturas e da abertura horizontal, são apresentadas nas Tabelas 11 e 12

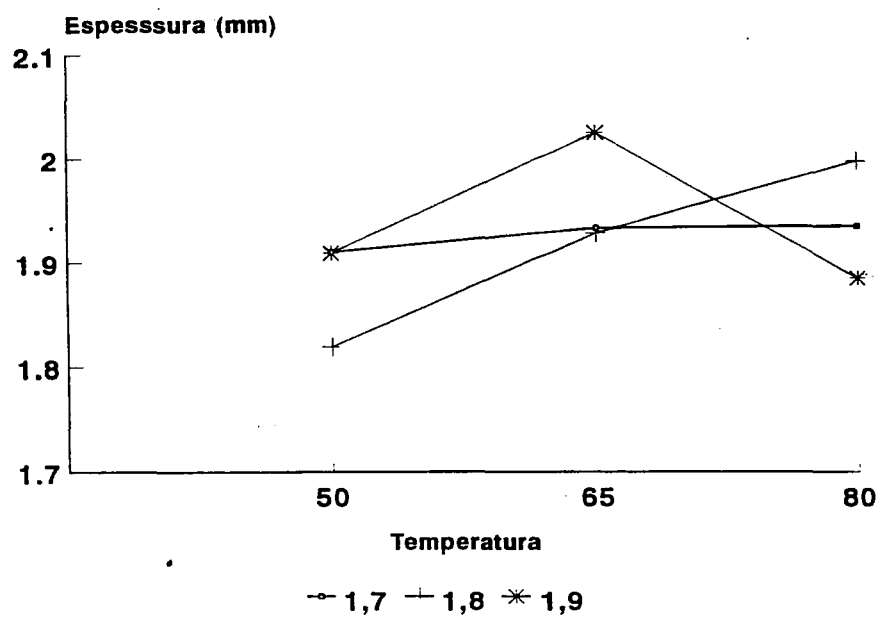
respectivamente para as condições úmida e seca. A representação gráfica desses resultados pode ser visualizada na Figura 3.

Tabela 11. Médias de variação de espessura por tratamento na condição úmida (valores apresentados em mm).

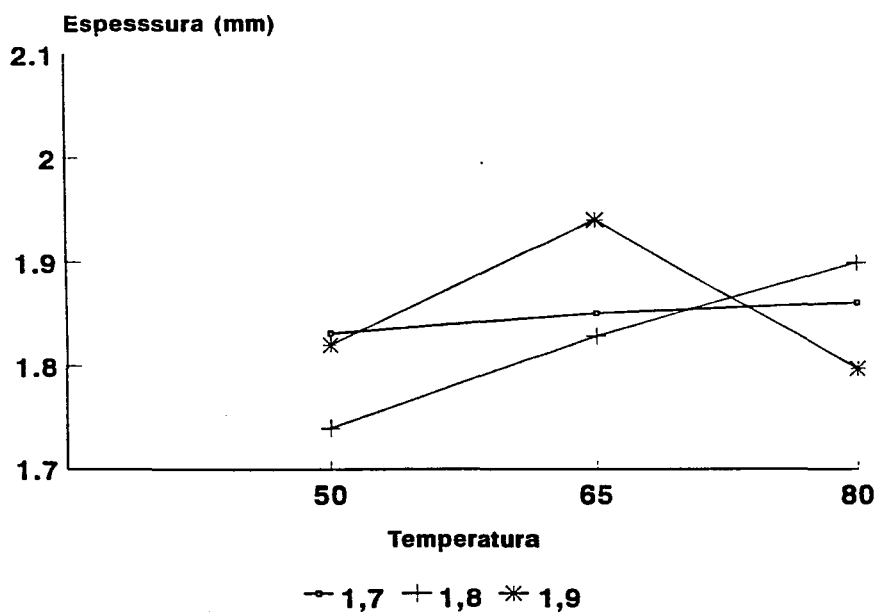
Regulagem / Temperatura	1,7	1,8	1,9	Média
50	1,910	1,819	1,909	1,895
65	1,933	1,928	2,025	1,965
80	1,935	1,998	1,885	1,938
Média	1,926	1,933	1,948	

Tabela 12. Médias de variação de espessura por tratamento na condição seca (valores apresentados em mm).

Regulagem / Temperatura	1,7	1,8	1,9	Média
50	1,831	1,740	1,820	1,812
65	1,850	1,828	1,939	1,878
80	1,860	1,898	1,797	1,852
Média	1,847	1,822	1,852	



a- Variação da espessura na condição úmida



b- variação da espessura na condição seca

FIGURA 3. Variação da espessura em função da temperatura e regulagem.

Na Tabela 13 (análise da variância) verifica-se que ocorre diferença estatisticamente significativa para a variável temperatura, assim como para a interação entre variáveis. O desdobramento (comparação entre médias) da análise de variância consta nas Tabelas 14 e 15.

TABELA 13. Resultados de análise de variância pelo teste F, aplicado a variação de espessura.

CV	GL	<u>Espessura Úmida</u>		<u>Espessura Seca</u>	
		QM	F	QM	F
Tratamento	8	0,100	6,30**	0,093	6,14**
Residuo	18	0,016		0,015	
Temperatura (T)	2	0,160	10,05**	0,133	8,79**
Regulagem (R)	2	0,012	0,80ns	0,019	0,26ns
T x R	4	0,128	8,03**	0,122	8,09**

CV = (condição úmida) 6,532 %

CV = (condição seca) 6,65 %

** = nível de 1% de significância

NS = não significativo

TABELA 14. Comparação entre médias, para a variável espessura na condição úmida, analisando a interação entre os tratamentos temperatura e regulagem (nível de significância adotado = 1%).

a- Efeito da temperatura na regulagem.

Regulagem Temperatura	1,7	1,8	1,9	Média
50	1,910 a	1,819 a	1,909 a	1,895 a
65	1,933 a	1,928 b	2,025 b	1,965 b
80	1,935 a	1,998 b	1,885 a	1,938 b
Variação	0,025	0,179	0,140	0,070

b- Efeito da regulagem na temperatura.

Temperatura Regulagem	50	65	80	Média
1,7	1,910 a	1,933 a	1,935 ab	1,926 a
1,8	1,819 a	1,928 a	1,998 a	1,933 a
1,9	1,909 a	2,025 b	1,885 b	1,948 a
Variação	0,091	0,097	0,113	0,022

TABELA 15. Comparação entre médias, para a variável espessura na condição seca, analisando a interação entre os tratamentos temperatura e regulagem. (nível de significância adotado = 1%)

a- Efeito da temperatura na regulagem.

Regulagem	1,7	1,8	1,9	Média
Temperatura				
50	1,831 a	1,740 a	1,820 a	1,812 a
65	1,850 a	1,828 b	1,939 b	1,878 b
80	1,860 a	1,898 b	1,797 a	1,852 ab
Variação	0,029	0,159	0,119	0,066

b- Efeito da regulagem na temperatura.

Temperatura	50	65	80	Média
Regulagem				
1,7	1,831 a	1,850 a	1,860 a	1,847 a
1,8	1,740 a	1,828 a	1,899 b	1,838 a
1,9	1,820 a	1,939 b	1,797 a	1,861 a
Variação	0,091	0,111	0,102	0,023

Pelos resultados obtidos, observa-se que a espessura da lâmina tende a aumentar com aumento da abertura horizontal (Tabela 11 e 12); da mesma forma que as lâminas mais finas foram obtidas com a temperatura mais baixa.

Na média as regulagens não resultaram em espessuras diferentes, porém seu efeito é significativo quando as toras são aquecidas a 65 e 80°C (Tabela 14).

Para as toras aquecidas a 65 e 80°C, as regulagens que resultaram espessuras próxima a nominal foram : 1,9 mm a 65°C e 1,8 mm a 80°C.

As menores variações de espessura entre a lâmina mais fina e a mais grossa foram observadas a 50 e 65°C para a variável temperatura; e com abertura de 1,7 mm para a variável regulagem.(Tabela 14 e 15).

Observa-se que a maior variação na espessura ocorreu com a abertura de 1,8 mm, provocada pela lâmina cortada a 50°C. Nas temperaturas de 65 e 80°C a variação diminui para 0,07 mm, passando a figurar entre as menores.

Pode-se concluir pelo análise dos resultados que as melhores temperaturas de aquecimento são 65 e 80°C e que as condições de regulagem mais adequado são 1,8 mm para a primeira temperatura e 1,9 mm para a segunda, em relação a uniformidade da espessura das lâminas.

5.1.3. Fendas de lâminação

Os resultados para a quantidade e a profundidade das fendas de laminação são apresentados na Tabela 16, e a respectiva

análise da variância na Tabela 17. A Figura 4 permite a visualização desses resultados.

TABELA 16. Valores de profundidade de fendas em (%) e quantidade por cm linear.

Regulagem	1,7 mm		1,8 mm		1,9 mm		Média	
	Prof.	Quant.	Prof.	Quant.	Prof.	Quant.	Prof.	Quant.
50	62,50	6,75	56,36	6,00	67,75	6,40	62,20	6,38
65	66,00	6,48	54,23	5,84	73,18	6,30	64,47	6,21
80	55,32	6,26	54,66	5,93	52,00	4,80	53,99	5,66
Média	61,27	6,49	55,08	5,92	64,31	5,83	60,22	6,08

TABELA 17. Análise da variância dos resultados de profundidade e quantidade das fendas de laminação.

CV	GL	Profundidade		Quantidade	
		Qm	F	Qm	F
Tratamento	8	1.251,38	6,54**	4,91	2,00*
Residuo	18	191,30		2,45	
Temperatura (T)	2	1.702,34	8,90**	6,72	2,74 ns
Regulagem(R)	2	1.009,57	5,28**	7,33	2,99 ns
TxR	4	498,30	2,60*	4,03	1,64 ns

CV Profundidade = 22,37 %

CV Quantidade = 25,38 %

** = significância a 1%

* = significância a 5%

ns = não significativo

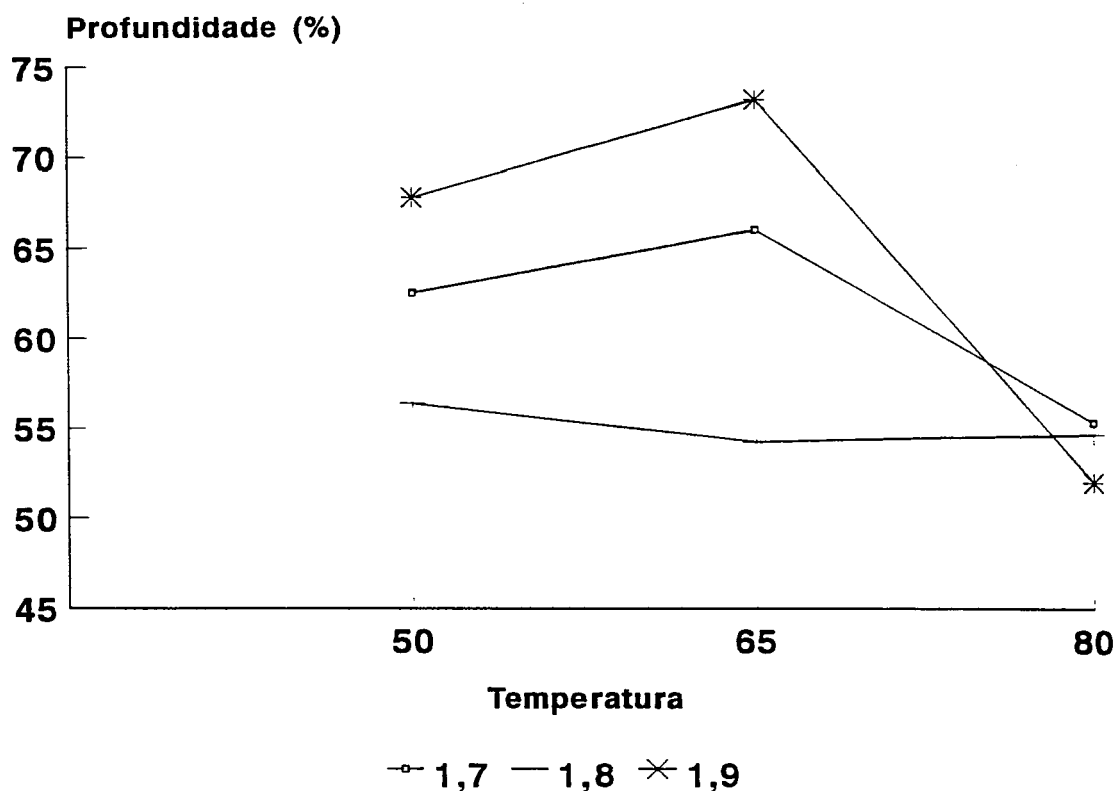


FIGURA 4. Comportamento da profundidade das fendas de laminação em função da temperatura e regulagem.

Uma vez que a análise da variância acusou diferenças para as variáveis temperatura e regulagem (ao nível de 1% de significância) e para a interação entre elas (ao nível de 5% de significância), procedeu-se ao desmembramento da análise (Tabela 18).

TABELA 18. Comparação entre médias dos resultados da profundidade das fendas de laminação (Teste tukey).

Temperatura	Profundidade	Regulagem	Profundidade
50	63,16 a	1,7	60,85 ab
65	67,18 a	1,8	55,00 a
80	54,34 b	1,9	66,91 b

Da análise dos resultados, observa-se que a quantidade de fendas não sofre efeito dos tratamentos. Em relação a profundidade das fendas, o efeito dos tratamentos (Tabela 17) mostrou-se altamente significativo. Pode-se observar que o aquecimento das toras a 80°C resulta na menor profundidade e que a essa mesma temperatura a profundidade não sofre efeito da regulagem.

Para a regulagem 1,8 mm a profundidade não sofre efeito da temperatura.

Da análise apresentada pode-se concluir que para esta pesquisa e nas condições estabelecidas, para as variáveis quantidade e profundidade das fendas, os melhores tratamentos são uma temperatura de 80°C a qualquer nível de regulagem e aquecimento a 65°C com regulagem 1,8 mm.

5.1.4. Resistência a tração perpendicular as fibras

Os resultados obtidos no teste de resistência das lâminas a tração perpendicular são apresentados na Tabela 19, onde o valor em destaque (0,772 MPa), correspondente a temperatura de 80°C e um regulagem de 1,7 mm, representa a maior resistência a tração. As médias com asterisco não diferem significativamente desse valor ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 19. Resistência das lâminas a tração perpendicular as fibras. (MPa).

Regulagem Temperatura	1,7	1,8	1,9	Média
50	0,480	0,470	0,48	0,476 a
65	0,541	0,630*	0,560	0,577 a
80	0,772	0,760*	0,710*	0,747 b
Média	0,597	0,620	0,583	0,600

A análise da variância (Tabela 20) demonstrou que apenas a variável temperatura causou diferença significativa entre os resultados.

TABELA 20. Análise de variância dos resultados de tração perpendicular as fibras.

CV	GL	QM	F
Tratamento	8	33,35	2,39*
Residuo	18	14,05	
Temperatura (T)	2	106,21	7,56**
Regulagem (R)	2	1,76	0,13ns
TxR	4	2,37	0,17ns

CV = 61,03 %

** = aignificância a 1%

ns = não significativo

Da análise dos resultados apresentados na Tabela 19, pode-se dizer que as toras aquecidas a 80°C produziram lâminas mais resistentes, independente da regulagem. Toras aquecidas a 65°C só apresentam resistência equivalente quando a abertura horizontal é de 1,8 mm.

Em base a análise conclue-se que a temperatura de 80°C é uma das mais adequadas ou 65°C com uma abertura horizontal de 1,8 mm.

Com a finalidade de analisar a influência ou não do efeito da profundidade e quantidade de fendas de laminação na resistência da lâmina ao esforço a tração perpendicular as fibras, foi praticado um análise de regressão (Figuras 5 e 6) com essa variável.

Na Figura 5, analisando a resistência a tração perpendicular as fibras com respeito da profundidade das fendas, pode-se observar um efeito desta sobre a resistência da lâmina (valores médios), existe uma diminuição da resistência com o aumento das profundidades das fendas.

Se a profundidade se adicionar a quantidade de fendas por centímetro como uma variável, o comportamento da regressão seguirá o mesmo esquema que no caso da profundidade, observando-se a mesma diminuição da resistência (Figura 6).

Isto indica uma relação entre as variáveis profundidade, profundidade \times quantidade, e resistência a tração perpendicular as fibras.

Com base aos resultados obtidos neste trabalho, e considerando o possível prejuízo que causa as fendas de laminação sobre a resistência das lâminas, sugiere-se tomar estas conclusões para futuros trabalhos de resistência a tração perpendicular das lâminas.

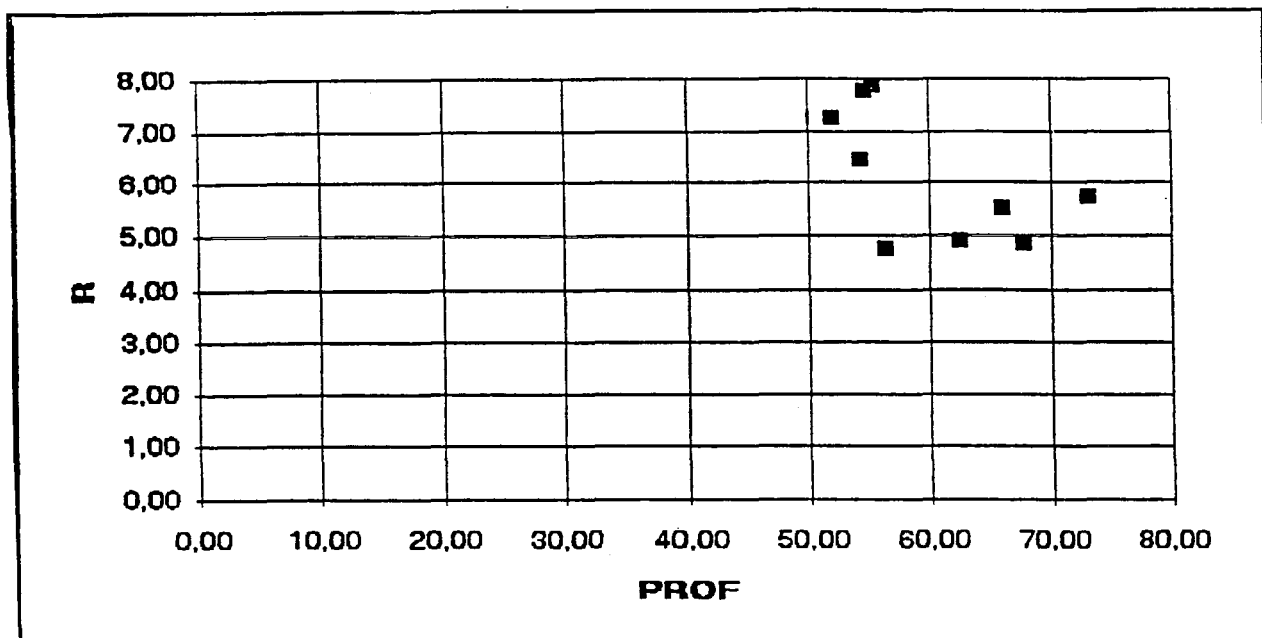


FIGURA 5. Comportamento da resistência a tração perpendicular das lâminas (R) em função da profundidade das fendas (PRF).

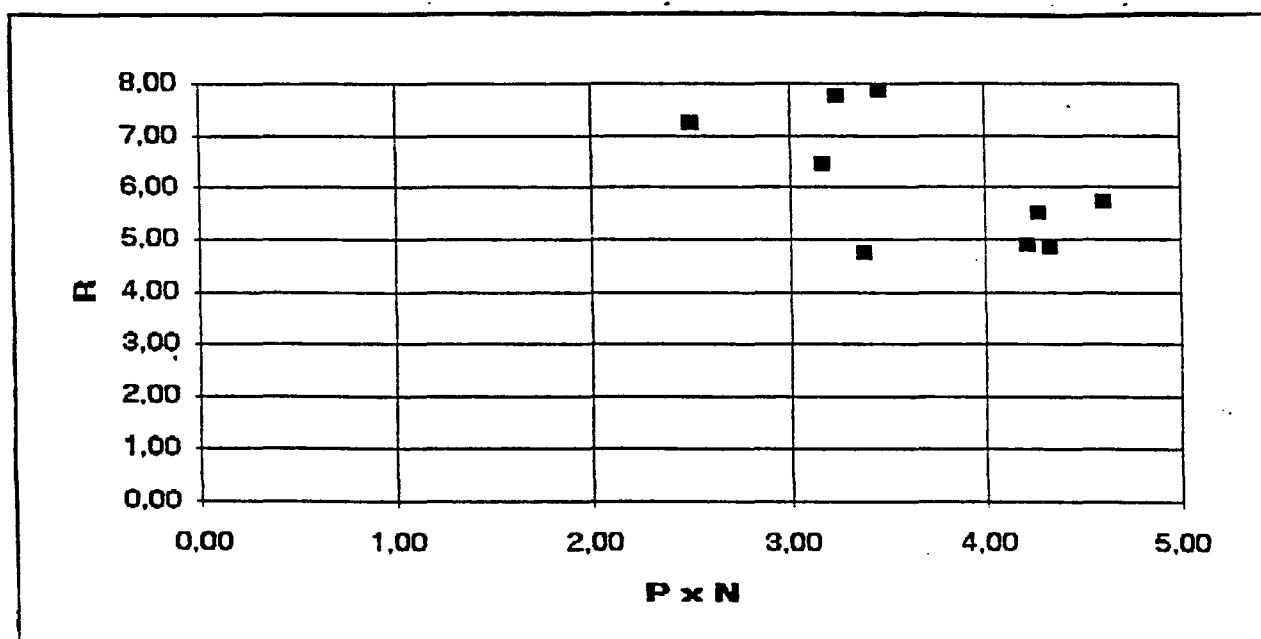


FIGURA 6. Comportamento da resistência a tração perpendicular das lâminas (R) em função da profundidade por quantidade de fendas (P x N).

5.1.5. Rugosidade

A maior quantidade de lâminas obtidas neste experimento, corresponde a lâminas razoavelmente lisas, como pode-se observar nas Tabelas 21 e 22 e na Figura 5.

TABELA 21. Frequência (%) das lâminas em função da classe de rugosidade e da temperatura de aquecimento.

Temperatura (°C)	Classe de rugosidade			
	1	2	3	4
50	10,2	70,4	16,3	3,1
65	12,1	56,0	22,4	9,5
80	49,5	45,6	3,9	0,9

TABELA 22. Frequência (%) das lâminas em função da classe de rugosidade e da regulagem do torno.

Regulagem (mm)	Classe de rugosidade			
	1	2	3	4
1,7	28,7	62,2	9,1	0,0
1,8	10,3	79,4	8,8	1,5
1,9	25,5	35,8	25,5	13,2

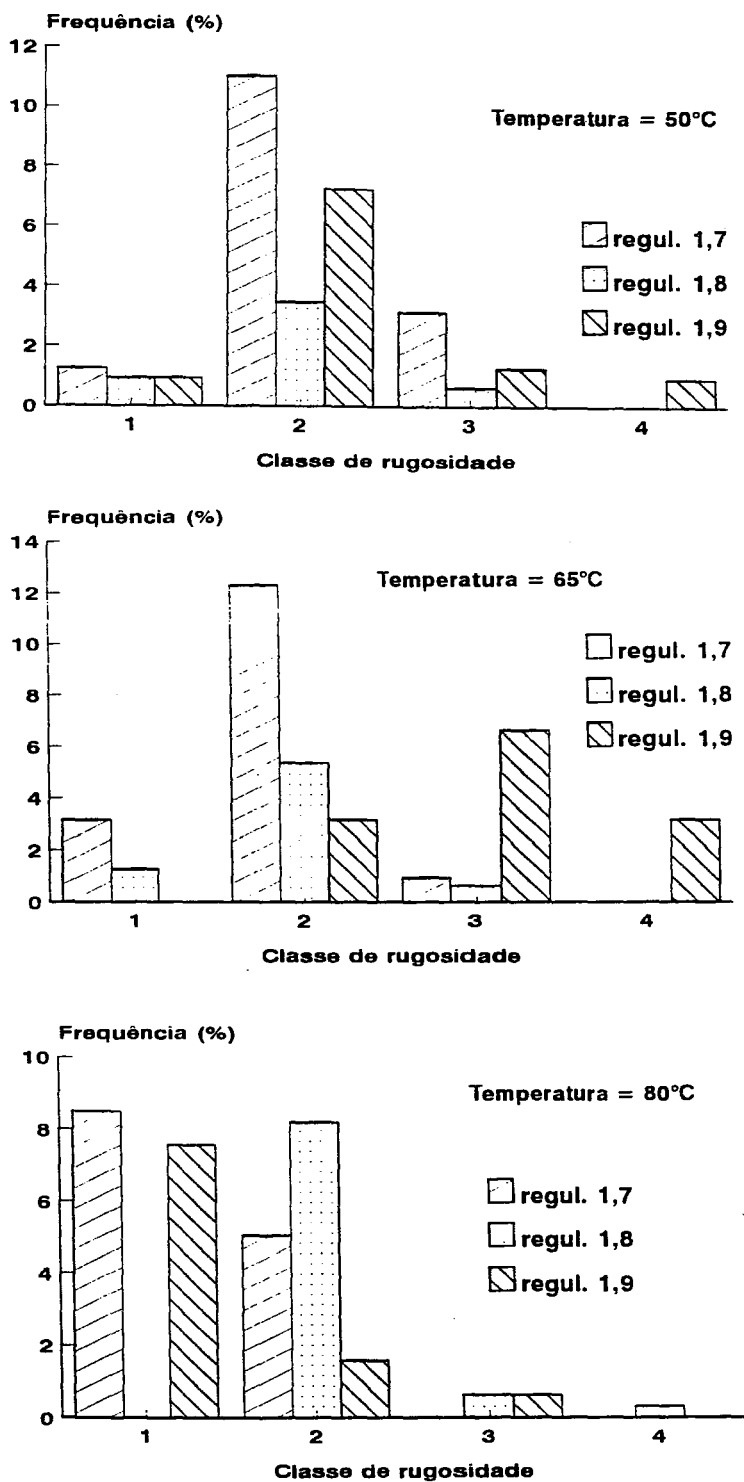


FIGURA 5. Rugosidade das lâminas em função da temperatura e regulagem.

As lâminas obtidas apresentaram características semelhantes às aquelas encontradas por JANKOWSKY & AGUIAR (1983) e GAIOTTO (1993), consideradas como razoavelmente lisas, qualidade de lâmina que permite considerar a viabilidade técnica de sua utilização na manufatura de painéis compensados.

Para auxiliar na comparação entre tratamentos calculou-se o índice ponderado para a rugosidade, da seguinte maneira: uma vez definida a escala de classe de rugosidade, contou-se a quantidade de amostras para cada classe, essa quantidade foi multiplicado por o número de classe, e logo dividido pela quantidade de lâminas existentes, dando assim um índice para cada tratamento. O menor valor do índice indica maior quantidade de lâminas.

Os valores obtidos e a comparação entre tratamentos são apresentados na Tabela 23.

TABELA 23. Índice de rugosidade por tratamento.

Regulagem \ Temperatura	1,7	1,8	1,9	Média
50	2,12	1,75	2,21	2,12
65	1,86	1,91	3,02	2,26
80	1,37	2,13	1,29	1,50
Média	1,78	1,93	2,17	1,96

A análise dos resultados (Tabela 23) demonstra que a regulagem 1,9 mm apresenta as lâminas mais rugosas, com exceção da temperatura de 80°C.

A rugosidade tende a aumentar com o aumento da abertura horizontal, porém não se observa efeito similar em relação a temperatura.

Dos resultados obtidos para cada uma das variáveis de resposta individualmente, pode-se concluir que para a obtenção de lâminas com as melhores características, quando utilizado a madeira de *Eucalyptus dunnii*, é recomendável a regulagem básica adotada neste ensaio, com temperatura de aquecimento entre 65 e 80°C e abertura horizontal entre 1,8 e 1,9 mm.

5.2. Produção de compensados

5.2.1. Resistência da linha de cola

A Tabela 24 apresenta os valores médios obtidos para a resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento (resistência a tração e porcentagem de falha na madeira), bem como seus respectivos desvios padrões, nas condições seca e úmida.

Tabela 24. Valores de resistência ao cisalhamento e falha na madeira na condição seca e úmida.

Amostra	Condição seca				Condição úmida			
	Tração		F. na madeira		Tração		F. na madeira	
	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S
1	1,48	0,23	44,0	32,46	0,75	0,27	40,00	20,00
2	1,29	0,32	44,0	27,82	0,91	0,28	46,00	31,52
3	1,73	0,31	76,0	21,31	1,03	0,13	52,50	28,61
4	1,39	0,33	53,0	34,87	0,99	0,22	60,00	25,49
5	1,36	0,20	87,5	10,31	1,04	0,15	46,70	23,92
6	1,48	0,19	57,5	19,20	1,03	0,19	53,70	12,93
7	1,50	0,25	90,0	70,70	0,89	0,18	64,25	21,77
8	0,82	0,22	7,5	2,50	1,21	0,55	35,00	25,00
9	1,47	0,09	81,7	15,45	0,85	0,17	52,50	37,50
10	1,46	0,09	96,7	23,60	0,93	0,13	50,00	8,16
11	1,29	0,36	46,7	38,58	0,57	-	20,00	-
12	1,29	0,30	40,0	35,59	0,80	0,12	60,00	29,43
13	1,16	0,16	51,7	38,80	1,35	0,02	95,00	5,00
14	1,74	0,03	50,0	17,79	1,19	0,60	28,30	22,48
Média	1,45	0,22	59,8	23,58	1,01	0,20	50,26	17,30

Tração = em MPc

Falha na madeirara = em %

S = desvio padrão

A Tabela 25, mostra as especificações mínimas dos requisitos (resistência ao cisalhamento e falha na madeira), exigidos pela norma NBS/PS 51-71 para compensados a prova d'água. A Tabela 26, apresenta os resultados de resistência ao cisalhamento e falha na madeira obtidos das amostras de compensado, produzidos no presente ensaio.

TABELA 25. Mínimo aceitável de falha na madeira em função da resistência ao cisalhamento, para linhas de cola à prova d'água (Norma NBS/PS 51-71).

Tensão Média de Cisalhamento (MPa)	Mínimo de Falha na madeira (%)	
	Amostra Individual	Média da Peça Testada
Até 1,8	25	50
De 1,8 a 2,5	10	30
Acima de 2,5	10	15

TABELA 26. Valores de resistência ao cisalhamento e falha na madeira das amostras testadas (condição seca).

Amostra	Tensão de Cisalhamento (MPa)	Mínimo de Falha na madeira (%)	
		A. Individual	Média
1	1,48	15	44,00
2	1,29	10	44,00
3	1,73	30	76,00
4	1,39	5	53,00
5	1,36	25	87,50
6	1,48	30	57,50
7	1,50	40	90,00
8	0,82	5	7,50
9	1,47	15	81,70
10	1,46	40	96,70
11	1,29	10	46,70
12	1,29	10	40,00
13	1,16	10	51,70
14	1,74	5	50,00

TABELA 27. Valores de resistência ao cisalhamento e falha na madeira das amostras testadas (condição úmida).

Amostra	Tensão de Cisalhamento (PMa)	Mínimo de Falha na Madeira (%)	
		A. Individual	Média
1	0,75	30	40,00
2	0,91	25	46,00
3	1,03	30	25,50
4	0,99	30	60,00
5	1,04	25	46,70
6	1,03	35	53,70
7	0,89	40	64,25
8	1,21	10	35,00
9	0,85	15	52,50
10	0,93	40	50,00
11	0,57	20	20,00
12	0,80	30	60,00
13	1,35	90	95,00
14	1,19	10	28,30

No confronto das especificações das normas com os resultados obtidos, apenas 5 dos 14 compensados (35,7%) alcançaram os valores exigidos para compensados a prova d'água, na condição seca, e 7 dos 14 compensados testados na condição úmida, como pode observar-se na Tabela 26 e 27.

Quando confrontado os resultados obtidos com as Normas Brasileira 9532/86, na condição úmida só 4 painéis dos 14 (28,57%) lograram superar o valor mínimo (60%) de falha na madeira solicitado para tipo interior e intermediária; e na condição seca passaram 5 do total de painéis (35,7%). Quando comparado com painéis tipo exterior (mínimo de 80%) só 3 compensados (21,43%) lograram superar essa exigência na condição úmida e só 1 (7,15%) na condição seca.

Em base aos resultados dos testes pode-se concluir que o compensado elaborado nas condições especificadas pela indústria não é apta como compensado a prova d'água. Sugere-se aprimorar as formulações do adesivo utilizado, eliminando a farinha de trigo e adicionando casca de noz.

5.2.2. Propriedades físicas

A Tabela 28, mostra os resultados médios obtidos para a massa específica aparente e umidade dos compensados e seus respectivos desvios padrões. De acordo com os resultados, observa-se que os valores médios da massa específica aparente variaram de 0,797 a 0,739 g/cm³, sendo a média de 0,771 g/cm³.

A espécie, umidade, pressão e temperatura usadas na fabricação em geral influem na densidade de um compensado. Para pressões entre 7 -20 kg/cm², ocorre uma compressão de 5 a 10 %, para um teor de umidade de lâmina de até 9 %, ocasionando uma redução do volume por esmagamento e um leve aumento do produto comprimido, pelo que pode observar-se que a densidade de um compensado é um pouco maior do que a madeira sólida (KOLLMANN et alii, 1975).

Pode-se observar uma grande uniformidade quanto aos valores obtidos entre os compensados testados, com um desvio padrão de 0,0163 para a massa específica aparente.

Os teores de umidade dos compensados foram muito uniformes, quando comparados um com outro, tendo uma média de 8,72 %.

Devido a cura da resina não permitir adsorção de água no caso de cola fenólica, todas as amostras não alcançaram a umidade de equilíbrio de 12 % nas condições de aclimatação; os valores de porcentagem de umidade, desvio padrão são apresentado na Tabela 28.

Segundo KOLLMANN et alii (1975), o teor de umidade em diferentes compensados (pesos específicos variando entre 0,430 e 0,794 g/cm³), depois de armazenagem em um clima normal (umidade relativa de 65 % e temperatura de 20°C), variou entre 7,3 e 12,7 %; sendo 10 % o seu valor médio.

TABELA 28. Propriedades físicas do compensados de *Eucalyptus dunnii* (teor de umidade e massa específica aparente).

Compensado	Umidade (%)	S	Massa específica aparente (g/cm ³)	S
1	9.08	0.109	0.758	0.0068
2	8.87	0.143	0.782	0.0354
3	9.06	0.178	0.760	0.0118
4	8.32	0.273	0.767	0.0026
5	8.26	0.352	0.739	0.0096
6	8.20	0.359	0.766	0.0119
7	8.41	0.348	0.769	0.0161
8	9.08	0.185	0.787	0.0170
9	8.82	0.178	0.774	0.0113
10	8.65	0.273	0.791	0.0181
11	8.58	0.342	0.792	0.0087
12	8.83	0.245	0.751	0.0098
13	8.84	0.202	0.763	0.0062
14	9.08	0.100	0.797	0.0138
Média Geral	8.72	0.307	0.771	0.0163

Durante a prensagem dos compensados se produz um incremento da densidade e tensões internas, fatores estes que afetam a estabilidade dimensional na direção da compressão.

A pressão induz tensões internas no compensado que ficam localizados em seu corpo com distintas intensidade, devido a constituição anisotrópica e heterogênea da madeira, as quais voltam-se ativas ao sobrevir o inchamento.

Quando o produto absorve água e incha, parte das tensões internas são liberadas, e é a causa disto que quando o produto é seco não consegue retornar a sua espessura original.

O inchamento na espessura dos compensados está formado por dois componentes, o inchamento por absorção de água e o causado pela liberação das tensões de prensagem.

Segundo MEDINA (1986), o aumento tanto da recuperação da espessura como de inchamento pode-se explicar pelas tensões originadas na prensagem as quais foram crescendo principalmente com o aumento do tempo de prensagem, resultando para maiores tensões maiores inchamentos.

Os valores médios de inchamento em espessura, assim como os valores de recuperação de espessura são apresentados na Tabela 29, onde pode-se observar que a média geral dos compensados foi de 11,63 % (variando entre 8,69 % e 12,81%) e com uma recuperação de espessura em média de 2,58% (máxima de 3,76 e mínima de 1,50%).

TABELA 29. Propriedades físicas do compensado de *Eucalyptus dunnii* (Inchamento e recuperação de espessura e a diferença entre os dois valores).

Compensado	Inchamento (%)	Recuperação de Espessura (%)	Diferença , Inch. e Rec de espessura (%)
1	11.01	2.05	8.96
2	12.10	2.90	9.20
3	8.69	2.05	10.74
4	11.86	2.77	9.09
5	12.09	3.74	8.35
6	12.63	3.59	9.04
7	12.69	3.54	9.15
8	12.81	3.76	9.05
9	11.75	2.12	9.63
10	11.48	2.24	9.24
11	11.13	1.50	9.63
12	11.17	1.73	9.44
13	11.32	1.94	9.38
14	12.09	2.19	9.90
Media Geral	11.63	2.58	9.34

Desvio padrão:

Inchamento.....0,99

Rec. de espessura.... .0,76

Na Tabela 30 pode-se observar valores médios de absorção de água para cada um dos compensados, com uma média geral de 44,09 % (máxima de 47,96 % e mínima de 39,45 %) apresentando uma variação muito pequena entre as amostras.

TABELA 30. Propriedades físicas do compensado do *Eucalyptus dunnii* (Absorção de água).

Compensado	Absorção de água (%)	S
1	43.04	1.097
2	47.96	0.959
3	46.28	1.291
4	39.45	0.629
5	47.27	1.763
6	42.78	1.131
7	46.81	0.637
8	41.95	1.846
9	46.51	1.869
10	45.53	3.140
11	43.70	0.896
12	42.97	2.570
13	39.70	2.162
14	43.28	1.456
Média geral	44.09	2.611

No que diz respeito ao teor de umidade, apresentou-se uniforme nas amostras ensaiadas. No inchamento e recuperação de espessura pode observar-se a grande estabilidade dimensional.

Durante a prensagem dos compensados se produz um incremento da densidade e tensões internas, fatores estes que afetam a estabilidade dimensional na direção da compressão. Quando o produto

absorve água e incha, parte das tensões internas são liberadas, e é a causa disto que quando o produto é seco não consegue retornar a sua espessura original. O inchamento na espessura dos compensados está formado por dois componentes, o inchamento por absorção de água e o causado pela liberação das tensões de prensagem.

5.2.3. Propriedades mecânicas

A finalidade deste teste é a determinação da resistência e da rigidez do compensado, propriedade de maior importância nos usos estruturais. A rigidez é um indicador de resistência a deformação do material sob tensão e expressa em termos de módulo de elasticidade. Quanto maior o módulo de elasticidade, menor é a deformação sob determinada tensão.

Na Tabela 31, pode-se ver os valores obtidos no teste de flexão estática (módulo de ruptura "MOR" e módulo de elasticidade "MOE"), também apresenta-se os valores de umidade e peso específico aparente nas condições do teste, no sentido paralelo as fibras e na Tabela 32 no sentido perpendicular as fibras.

TABELA 31. valores médios de resistência a flexão estática no sentido paralelo as fibras (módulo de elasticidade "MOE" e módulo de ruptura "MOR").

Amostra	Umidade (%)	Massa Esp. Aparente (g/cm³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
1	9.26	0.788	9.422,19	73,28
2	9.45	0.777	8.995,99	81,31
3	9.57	0.807	9.584,23	68,03
4	9.04	0.719	7.749,18	50,31
5	9.51	0.789	8.889,60	64,36
6	9.90	0.768	8.936,01	65,52
7	9.49	0.775	7.113,96	58,11
Média			8.672,16	65,85
S			838,52	9,28

TABELA 32. Valores médios de resistência a flexão estática no sentido perpendicular as fibras (módulo de elasticidade "MOE" e módulo de ruptura "MOR")

Amostra	Umidade (%)	Massa Esp. Aparente (g/cm³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
8	9.13	0.798	7.959,79	67,32
9	9.19	0.782	8.250,50	63,67
10	9.73	0.778	7.617,99	62,22
11	9.88	0.779	5.983,13	52,17
12	9.83	0.790	7.889,44	58,15
13	8.63	0.756	7.073,39	43,90
14	9.22	0.774	6.089,70	58,27
Média			7.266,27	57,96
S			847,65	7,27

Da comparação dos valores obtidos no teste de flexão no sentido paralelo e perpendicular as fibras, pode-se observar uma diferença entre elas, sendo maior para o sentido paralelo as fibras com aproximadamente 17 % para o módulo de elasticidade e 12 % para o módulo de ruptura.

Na realidade o que acontece é que no teste, as camadas de lâminas com as fibras perpendiculares ao comprimento do painel, praticamente não contribuem com nada aos valores de resistência e rigidez. A diferença entre os dois sentidos é normalmente mais acentuada em compensados de três camadas KOLLMANN et alii (1975).

Segundo HAYASHIDA (1972), essa diferença se reduz notavelmente para os compensados de 5 a mais camadas, quanto maior é o número de camadas, maior é a equalização da resistência e da rigidez nas duas direções, devida a uma melhor distribuição das cargas através do painel. Pode-se observar na Tabela 33 que os valores obtidos de tensão de ruptura e módulo de elasticidade foram menores que os valores de compensados de outras espécies de eucaliptos e do pinho; o que em parte pode ser atribuído a que a capa e contracapa dos compensados do *Eucalyptus dunnii* que foram de 1 mm, sendo que as lâminas utilizadas para o miolo foram de 2 mm, pelo contrario as lâminas utilizadas na elaboração dos compensados comparativos foram todas de 2 mm.

TABELA 33. Valores de comparação de flexão estática em (MPa).

Normas e Espécie para comparação	Flexão paralela		Flexão perpendicular		Observações
	MOR	MOE	MOR	MOE	
DIN 68705	40		15		Valores mínimos exigido para compensados de construção
E. grandis (Gaiotto et al 1993)	78,72	10.618	47,84	4.805	Compensados de 12 mm, composto de 7 lâminas. Cola fenólica
E. grandis (Gaiotto et al 1993)	70,,78 10.757		58,82	6.380	Compensado de 15 mm. composto de 9 lâminas. Cola fenólica
A. angustifolia (Gaiotto et al 1993)	86,76	14.546	26,96	2.751	Compensado de 12 mm, composto de 7 lâminas. Cola fenólica
A. Angustifolia (Gaiotto et al 1993)	74,70	10.162	37,84	3.998	Compensado de 15 mm. composto de 9 lâminas. Cola fenólica
E. dunnii (Resultado da Dissertação)	65,85	8.672	57,96	7.266	Compensado de 16 mm. composto de 7 lâminas. Cola fenólica

6. CONCLUSÕES

Produção de lâminas:

Com base na análise dos resultados deste trabalho, pode-se concluir que:

- a rachadura de topo em *Eucalyptus dunnii* é acentuada após o corte e aumenta significativamente com o aumento da temperatura de aquecimento;
- as perdas maiores do processo foram no rolo-resto, e o fator que mais contribuiu foi o problema de fixação das garras do torno;
- o rendimento e as demais variáveis estudadas (fendas de laminação, rugosidade, variação de espessura, tração perpendicular as fibras) apresentam os melhores resultados com temperatura de aquecimento das toras entre 65 e 80°C e regulagem (abertura horizontal) entre 1,8 e 1,9 mm;
- pelas características que apresentam as lâminas de *Eucalyptus dunnii*, é possível utilizá-las para manufatura de compensados.

Produção de compensados:

- pelos resultados obtidos dos testes dos compensados manufaturados a nível industrial, pode-se concluir que o *Eucalyptus dunnii* é uma espécie com alto potencial para a utilização como matéria-prima na indústria;
- na determinação das propriedades físicas (inchamento e recuperação de espessura) o compensado produzido mostrou-se estável;
- na análise das propriedades mecânicas (flexão estática) os resultados são muito próximos aos valores da literatura, para painéis feitos com outra espécies;
- a colagem apresentou-se com pouca resistência, quando analisada a linha de cola, pelo que pode-se concluir que o compensado produzido não é a prova d'água e pode ser classificado como intermediário ou interno.

Sugestões:

- O aquecimento das toras com fuste comprido e anelamento nos topos, é a melhor metodologia a adotar para a produção de lâminas;
- Realizar pesquisas mais aprimoradas, na relação profundidade e quantidade de fendas de laminação com respeito à tração perpendicular as fibras das lâminas.
- Estudar outras formulações de adesivos fenólicos visando obter painéis que possam ser classificados como a prova d'água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATIONS (Standar PS 1-83)-
Softwood Plywood, Construction and Industrial , 1967.

AGUIAR, O.J.R. Método para controle das rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, visando a produção de lâminas por desenrolamento. Piracicaba, 1986. 104p. (TESE-MESTRADO-ESALQ/USP)

ALBA QUÍMICA. Primeiro Seminário Técnico de Desenvolvimento e Aperfeiçoamento Profissional. São Paulo, Fevereiro 1986. 99p.

ANANÍAS, H.R. & HERRERA, G.H. Efecto de la contracción, la densidade básica y algunas características anatómicas macroscópicas sobre las ondulaciones de chapas foliadas en corte radial de *Eucalyptus globulus* L. Revista Ciencia e Investigación Forestal.vol. 6,N.2.Santiago de Chile.Diciembre 1992.

ANDRADE, E.N. De. O Eucalipto. 29 ed. Jundiaí. CPEF, 1961.
667p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- NBR. Norma de controle de qualidade e classificação de compensados. Ministério da Agricultura. 79p. São Paulo 1985.

BALDWIN, R.F. Plywood manufacturing practices. San Francisco, M. Freeman, 1975.

CHOW, S.; TROCHTON, G.E.; HANCOCK, W.V. e MUKAI, H.N.
Quality control in veneer drying and plywood gluing. Cong. For. Sev.inf.R VP-X-113,1973.

COSTA, J.D. Os eucaliptos no planejamento da política florestal brasileira. São Paulo, Estrada de Ferro Central do Brasil, 1961.
7p.

F.A.O. Consulta internacional sobre tableros de contrachapados y otros paneles. Roma, 1968. 250p.

F.A.O. Eucalyptus for planting. Rome. 1979. 667p.

F.A.O. Eucalyptus for planting. Rome. 1981. 503p.

- FEIHL, O. & GODIN, V. Seeting veener lathe with aid of instruments. Ottawa, Canadian Forest Service, 42p. (Publication N° 1206).1970.
- FEIHL, O. Heating frozen and non-frozen veneer logs. Forest Products Journal, Madison, 22(10): 41-51, 1972.
- FISHWICK, R.W. Comportamento de espécies, procedências de *Eucalyptus* na região sul do Brasil, diante da geada de 1975. Comunicação técnica N° 3.PRODEPEF. 1976.
- FREITAS, A.R. De. O uso da madeira serrada de eucalipto. Tecnologia, São Paulo, (3):3-6, Out.1979.
- GAIOTTO, M.R. Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas.Piracicaba, 1993. 119p. (TESE-MESTRADO-ESALQ/USP).
- GAIOTTO, M.R.; TADASHI WATAI, L.; e JANKOWSKY, I.P. Avaliação experimental do compensado de eucalipto.Anais do 7° Congresso Florestal Brasileiro- 1° Congresso Florestal Panamericano .783p. Curitiba, 1993.
- GALVÃO, A.P.M. & COUTO, H.T.Z.; Man- made industrial forest in Brazil. Prospects and constraints. In Strategies an Designes for Afforestation and tree Planting. Proceedings of an International Symposium. Wageningen, 19-23. Setembro.1983.

- GERALDO, F.C. & SODRE, J.A.C. A comparative study of some anti-splitting devices, using *Eucalyptus saligna* and hybrids of *Eucalyptus saligna* x *Eucalyptus spp* poles. The International Research Group on Wood Preservation, Australia, 1983.
- GOLFARI, L. & PINHEIRO, F.A. Escolha de Espécies de Eucalipto Potencialmente Aptas para a diferentes Regiões do Brasil. Brasil Florestal, Vol. 1(3).1976.
- GOLFARI, L. Zoneamento Ecologico para Reflorestamento de Regiões Tropicais e Subtropicais. Série divulgação N°14. PRODEPEF. Centro de Pesquisa Florestal das Região do Cerrado, Belo Horizonte, MG.1978.
- GRANTHAM, J. B. & ATHERTON, G.H. Heating Douglas-fir blocks. Does it pay? Bulletin For.Prod. Res. Center, N.9, 1959. 64p.
- HALL, N. ; JOHNSTON, R.D. & CHIPPENDALE, M.G. Forest of Australian Departament of Agriculture; Forest and Timber Bureau; Australian Government Publishing Service, Camberra, Australia, 1975.
- HAYASHIDA, K. Compensado de *Pinus elliottii* e suas propriedades físicas e mecânicas. São Paulo, IPT. 1972. 6p. (relatório número 6.248).

- HILLIS, W.E. & BROWN, A.G. *Eucalyptus for Wood Production*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia, 1978.
- HORWINK, R. & SALOMON, G. *Adhesion and adhesives*. 2ed. New York. Elsevia Publishing V1. 1965.
- JANKOWSKY, I.P. *Qualidade das Lâminas de Pinus strobus (MARTINEZ) var. chiapensis Obtidas por Desenrolamento* Anais do 3º Congresso Florestal Brasileiro- Vol. II. 5p.1978.
- JANKOWSKY, I.P. *Manufatura de Painéis Compensados com madeiras de Eucalyptus Sp.* IPF. Circular Técnica N° 82, 4p. Piracicaba, São Paulo. 1979.
- JANKOWSKY, I.P. & AGUIAR, O.J.R. *Manufatura de painéis compensados com Eucalyptus: Caracterização de diversas espécies*. Revista Floresta, Curitiba, 14(1): 46-53, Jun.1983.
- KOCH, P. *Utilization of southern pines*. Agricultura hand book, 420, 1972.
- KOLLMANN, F.F.P.; KUEZI, E.W. & STAMM, A.J. *Principles of Wood Science and Technology*. Berlin, Springer, 1975. Vol.2. 703p.

- LIMBACH, J.P. A Method of Measuring Checks in veneer. *Journal of Forestry (Amer.)* 44(2) . 1946.
- LUTZ, J.F. Research at forest products laboratory reveals that heating southern pine bolts improves veneer quality. *Plywood & Panel.* 21-28.1967.
- LUTZ, J.F. Techniques for peeling, slicing and drying veneer. USDA: Forest Service FPL research paper, Madison, (228): 1-63, 1974.
- LUTZ, J.F. Wood Veneer: log selection, cutting and drying. USDA. - Technical Bulletin, (1577).1978.
- MARTINUZZI, F. & ECHARRI, J. Crecimiento de *Eucalyptus dunnii* en el Centro Forestal Castelar-Provincia de Buenos Aires. Argentina. Jornadas sobre eucaliptos de alta productividad. Tomo I. 233p. 1991.
- Mc. MILLAN , W.P. Reconstituted Wood Products. In: Hills, W.E. e Brown, A.G. Eucalyptus for Wood production. Adelaide, CSIRO. 6p. 1978.
- MEDINA, J.C. Efeito da temperatura de aquecimento na obtenção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm. Curitiba, 113p. 1996. (TESE-MESTRADO-UEFS).

- MONTEIRO, R.F.R.; KIKUTI, P. & CORDERO, J.A. Produção de semente de Eucalyptus dunnii (Maiden) na Fazenda Monte Alegre -(PR), Um desafio. In: Sinpósio Internacional: Métodos de Produção e Controle de Qualidade de Sementes e Mudas Florestais. Curitiba. 1984. Simpósio Internacional. IUFRO p.209-226.
- NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. Voluntary Product Standard PS 51-71. Hardwood and decorative plywood, 18p. 1972.
- PEREYRA, O. & SUIREZ, T. Eucalyptus dunnii (Maid) . Contribución al conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de su madera. Departamento de Tecnología de Maderas. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M). Publicación interna. 5p. Argentina. 1990.
- SELBO, M.L. Adhesive bonding of wood. Technical B. For. Ser. USDA, 1512, 1975. 121p.
- SPARNOCHIA, I.J. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de Eucalyptus dunnii, cultivado en Oliveros, Provincia de Santa Fe. Jornadas sobre Eucaliptos de alta productividad. CIEF. Tomo II. 207 p. Buenos Aires, Argentina. 1991.
- SUCHSLAND, O. & JANKOWSKY, I.P. A produção de lâminas por desenrolamento. IPF. Circular técnica N° 33 . 9p. Piracicaba, São Paulo. 1978

TOMASELLI, I. Produção de compensados e laminados na bacia Amazónica, Uma atrativa oportunidade de investimento, IBDF. pg. 225-244. Brasilia. 1989.

TOMASELLI, I. Secagem das lâminas para Indústria de Painéis. Madeira Moveis. pg 27-33. São Paulo 1983.