

SIDON KEINERT JUNIOR



**A Viabilidade de Utilização de Espécies de
Eucalyptus saligna e *Eucalyptus viminalis* para
a Produção de Chapas de Composição**

Tese submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial à posição de professor titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais da Universidade Federal do Paraná.

SIDON KEINERT JUNIOR

**A Viabilidade de Utilização de Espécies de
Eucalyptus saligna e *Eucalyptus viminalis* para
a Produção de Chapas de Composição**

Tese submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial à posição de professor titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1985

RESUMO

Esta pesquisa caracterizou não mecânica e mecanicamente duas espécies de Eucalyptus presentes no Estado do Paraná, ou seja o **saligna** e o **viminialis**, posteriormente a esta fase estas espécies foram utilizadas na produção de chapas de partículas estruturais, demonstrando-se através de suas propriedades com a matéria-prima viável, além disso desenvolveu-se dois equipamentos a nível piloto, um refinador de polpação termo-mecânica e uma estação formadora para produção de chapas de fibras de média densidade as quais foram introdutoriamente caracterizada.

SUMMARY

This research has characterized mechanically and non mechanically two especies of Eucalyptus introduced in Parana State, **saligna** and **viminalis**; after this the species were utilized in the production of Scrutural composition boards, showing through its properties to be a feasible raw material.

In the next phase two pilot equipments for the production of medium density fiberboard (MOF) were developed a termo mechanical refiner and a forming station being the boards inicially characterized.

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	vi
	LISTA DE TABELAS	vii
1	<u>INTRODUÇÃO</u>	1
2	<u>OBJETIVOS DO ESTUDO</u>	4
3	<u>CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES DE EUCALYPTUS</u>	5
4	<u>AS ESPÉCIES DE EUCALYPTUS NO BRASIL</u>	9
5	<u>MATÉRIA-PRIMO DO ESTUDO</u>	10
6	<u>CHAPAS DE COMPOSIÇÃO</u>	11
7	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	14
7.1	AMOSTRAGEM E TESTES DA MADEIRA SÓLIDA	15
7.1.1	Dimensão de Fibras	15
7.1.2	Flexão Estática	18
7.1.3	Cizalhamento Paralelo a Grã	18
7.1.4	Inchamento e Contração	18
7.1.5	Compressão Paralela e Perpendicular a Grã	19
7.1.6	Peso Específico e Conteúdo de Umidade ...	19
7.2	FABRICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E MANUFATURA DAS CHAPAS	19
7.2.1	Manufatura das chapas de Partículas Estruturais	22
7.2.2	Secagem das Partículas	22
7.2.3	Determinação do Teor de Umidade das Partículas	26

7.2.4	Armazenagem e Medição das Partículas....	26
7.2.5	Quantidade de Partículas	28
7.2.6	Aplicação da Resina	28
7.2.7	Formação do Colchão	28
7.2.8	Prensagem	28
7.2.9	Manufatura das Chapas de Fibras de Média Densidade	31
7.3	AMOSTRAGEM E TESTES DAS CHAPAS	33
7.3.1	Flexão Estática	33
7.3.2	Expansão Linear e Inchamento em Espessu- ra	36
7.3.3	Ligação Interna	36
8	<u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	38
8.1	PROPRIEDADES DA MADEIRA SÓLIDA	38
8.1.1	Fibras	38
8.1.2	Densidade e Outras Propriedades	39
8.2	PROPRIEDADES DAS CHAPAS DE COMPOSIÇÃO	40
8.2.1	Módulo de Ruptura (MOR)	40
8.2.2	Módulo de Elasticidade	42
8.2.3	Ligação Interna	43
8.2.4	Estabilidade Dimensional	44
8.2.4.1	Inchamento em Espessura	45
8.2.4.2	Expansão Linear	47
9.	<u>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	49
9.1	PROPRIEDADES DA MADEIRA SÓLIDA	49
9.1.1	Generalidades	49
9.1.2	Propriedades Físicas	50
9.1.2.1	Peso Específico	50
9.1.2.2	Retrabilidade	51

9.1.3	Propriedades Mecânicas	53
9.1.3.1	Flexão Estática	53
9.1.3.2	Compressão	54
9.1.3.3	Cizalhamento	56
9.1.3.4	Comprimento de Fibras	56
9.2.	PROPRIEDADES DAS CHAPAS	57
9.2.1	Construção dos Equipamentos	57
9.2.2	Propriedades das Chapas de Partículas Estruturais	59
9.2.2.1	Módulo de elasticidade e ruptura	59
9.2.2.2	Expansão Linear	63
9.2.2.3	Inchamento em Espessura	65
9.2.3	Chapas de fibras de média densidade ...	67
10	<u>CONCLUSÕES</u>	68
	<u>LITERATURA CITADA</u>	70

LISTA DE FIGURAS

1	Estados e Territórios Australianos de ocorrência de Eucalyptus	6
2	Patente de Watson	13
3	Esquema de Obtenção dos Pranchões	16
4	Máquina Universal de Testes	17
5	Refinador de Polpação Termo-mecânica (construído)	20
6	Formadora de Massa Tipo ciclone (construída) ...	21
7	Esquema de Confecção de Blocos	23
8	Gerador de Partículas tipo disco	24
9	Peneira Mecânica	25
10	Balança de Umidade para Partículas	27
11	Aplicador de Adesivo tipo Cilindro Rotatório ...	29
12	Prensa Hidráulica Marca Siempelkamp	30
13	Chapas Estruturais e de Fibras de Média Densidade Fabricadas	32
14	Esquema de obtenção dos corpos de prova das chapas	34
15	Amostragem para o teste de ligação interna	37

LISTA DE TABELAS

1	Propriedades exigidas para chapas de partículas.	35
2	Valores médios das amostras por espécie (g/cm^3).	50
3	Valores médios de retrabilidade por espécie (%).	51
4	Valores médios de coeficientes de Retrabilidade por espécie	52
5	Valores médios de MOE e MOR por espécie (kg/cm^2)	53
6	Valores médios de compressão perpendicular por espécie (kg/cm^2)	54
7	Valores médios de compressão paralela por espécie (kg/cm^2)	55
8	Valores médios de cisalhamento por espécie (kg/cm^2)	56
9	Valores médios de MOE e MOR (kg/cm^2) à $0,65 \text{ g}/\text{cm}^3$ com 6% de adesivo fenólico por espécie	59
10	Valores médios de MOE e MOR (kg/cm^2) à $0,75 \text{ g}/\text{cm}^3$ com 6% de adesivo fenólico por espécie	60
11	Valores médios de ligação interna (kg/cm^2) a $0,65 \text{ g}/\text{cm}^3$ por espécie	61
12	Valores médios de ligação interna (kg/cm^2) a $0,75 \text{ g}/\text{cm}^3$ por espécie	62
13	Valores médios de expansão linear (%) a $0,65 \text{ g}/\text{cm}^3$ por espécie	63

14	Valores médios de expansão linear (%) a 0,75 g/cm ³ por espécie	64
15	Valores médios de inchamento em espessura (%) a 0,65 g/cm ³ por espécie	65
16	Valores médios de inchamento em espessura (%) por espécie	66
17	Valores médios das diversas propriedades por espécie a 10% de adesivo uréia formol	67

1 INTRODUÇÃO

Por padrões mundiais o Brasil é favorecido com altos índices de precipitação pluviométrica e bons solos. Nossas florestas nativas eram abundantes, mas a maioria de nossas florestas junto a costa marítima foram pesadamente dizimadas nos séculos iniciais de colonização européia.

Durante a metade de nosso século as florestas de **Araucaria angustifolia** presentes no sul foram praticamente devastadas para consumo interno e exportação, somente permanecendo as florestas do centro e da Amazonia como potenciais reservas de matéria-prima.

O Brasil como país em desenvolvimento é ideal do ponto de vista econômico para o estabelecimento de uma amplitude bastante grande de investimentos em tecnologia dirigidas a utilização da madeira.

Indústrias como a de polpa, papel e chapas de partículas demandam grandes quantidades de matéria-prima perto das plantas de manufatura e mercados a serem servidos. Os programas de reflorestamento serão e são os responsáveis em grande parte pela manutenção destas indústrias.

Espécies exóticas como o **Eucaliptus** spp e **Pinus** spp são as preferidas nestes programas, crescimento rápido, curta rotação, e altas taxas de retorno são algumas das razões para seu largo uso.

A crescente demanda no Brasil para construção civil e indústria de móveis encorajara a adoção de eficientes técnicas de manufatura nestas indústrias. Na indústria de móveis estes desenvolvimentos serão paralelos a aqueles que ocorreram na Europa e Estados Unidos desde a Segunda Guerra, principalmente o que já ocorre que é a introdução da chapa de partícula na construção de nossos móveis. Estas chapas já são manufaturadas em uma grande variedade de tipos e qualidades dependendo da matéria-prima usada e tipo de aplicação. Se a indústria de construção civil brasileira seguirá ou não o exemplo norte-americano e europeu não existe qualquer previsão. A preferência em nosso país pela construção em alvenaria é possivelmente mais devido a uma questão de tradição do que o resultado de esforços no sentido de minimizar custos.

A grande demanda de painéis industriais como existe na América do Norte o que resultou no desenvolvimento de uma grande capacidade instalada de indústrias de compensados e mais recentemente de chapas de composição estruturais pode não se materializar no Brasil em futuro próximo.

Isto não impede, de qualquer maneira, a viabilização de uma indústria de chapas de composição estruturais e de fibras de média densidade para específicas aplicações de mercado. Estas indústrias terão como base mais lógica os Pinus tanto tropicais como sub-tropicais e Eucalyptus.

A maioria dos produtos laminados de madeira refletem de certa maneira as propriedades da espécie da qual foram manufaturados. Estas relações entre propriedades da matéria-prima e produto final tem sido objetivo de consideráveis esforços de pesquisa. O desenvolvimento de uma indústria de

chapas de composição no Brasil fundamentada em Eucalyptus se beneficiará grandemente pela investigação destas relações de ordem tecnológica.

2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Avaliação de duas espécies de *Eucalyptus* na produção de chapas de partículas estruturais e de fibras de média densidade (***Eucalyptus saligna*** e ***Eucalyptus viminalis***).

Construção a nível piloto de refinador de polpação termo-mecânica e ciclone de formação de massa, para chapas de fibras de média densidade (desenvolvimento de tecnologia).

O habitat original das espécies de Eucalyptus é o Con tinente Australiano, sendo suas regiões de ocorrência os Es tados de Queensland, New South Wales, Victoria, Tasmânia South Australia, Western Australia e Northern Territory (Figu ra 1).

A história sobre o cultivo de Eucalyptus e o reconhe cimento do seu potencial econômico iniciou com o estabeleci mento de pequenas plantações no sul da Europa e norte da Áfri ca praticamente a 100 anos atrás. Sendo suas espécies de fácil cultivo, rápido crescimento, fácil adaptabilidade, le vou a sua introdução em diversos países especialmente aqueles com poucos recursos florestais. Eles se tornaram fator de ta manha importância na economia de certos países que milhões de árvores são agora plantadas a cada ano em todo mundo.*[29]

Hoje, espécies de Eucalyptus são plantadas em todos os cinco continentes do mundo confirmando sua importância co mo matéria-prima para produtos manufaturados no mundo inteiro.

A área plantada de Eucalyptus, fora da Australia, cres ceu de 0,7 milhões de ha em 1950 para 3,7 milhões em 1974 [2] e continua a crescer rapidamente. O incremento anual destas novas florestas é estimado em 40 milhões de m³ comparados com 9 milhões de m³ derrubados anualmente de cerca de 12 milhões de ha de florestas comerciais australianas. [8]

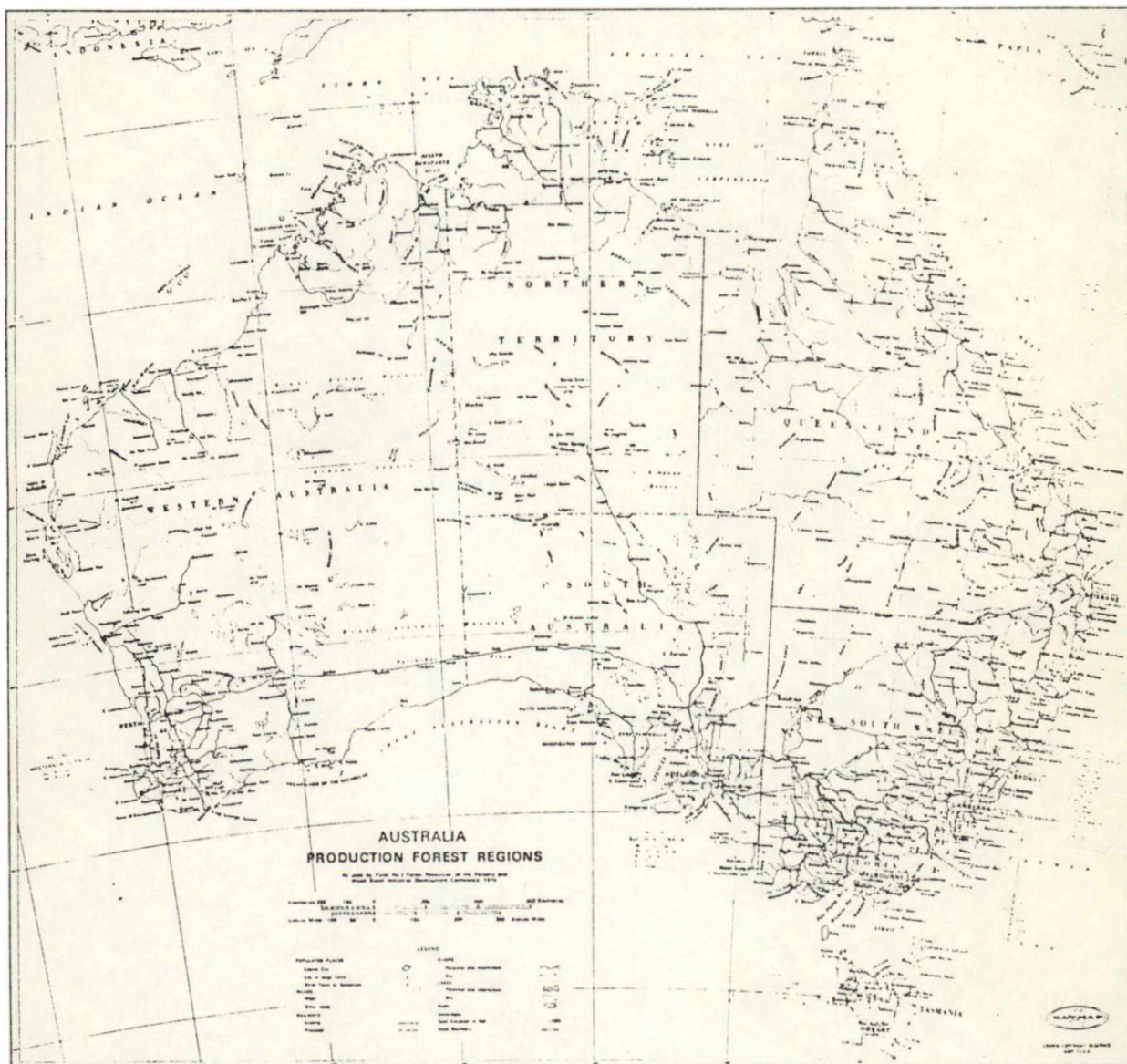


Figura 1 - Estados e Territórios Australianos de ocorrência de Eucalyptus

Muitas espécies de *Eucalyptus* crescem naturalmente em solos de baixo teor de nutrientes, mas tem capacidade de responder com taxas de crescimento. Crescente a condições de solos mais férteis e especialmente a níveis altos de nitrogênio e fósforo.

A maioria dos *Eucalyptus* não suportam solos alcalinos que tenham grandes quantidades de cálcio livre ou sulfato. Os efeitos do clima no crescimento de *eucalyptus* são tão importantes quanto os efeitos do solo e como resultado disto estes são plantados em grandes qualidades em áreas tropicais e sub-tropicais. (CARTES, 1974)⁶ relatou rendimentos de 15 m³/ha/ano em sitios de baixa quantidade de 31,9 m³/ha/ano em sitios de alta qualidade para ***Eucalyptus grandis*** de 10 anos em Southern Queensland (Austrália). (RUDOLPH ET AL)^[33] 1978, relatou taxas de crescimento no Brasil 40 m³ em média para plantações de 7 a 8 anos de idade. Algumas espécies de *Eucalyptus* desenvolvem altos níveis no que se refere a tensões de crescimento, que podem causar fendilhamento se vero em toras, distorções durante o desdobro, e severas contrações durante sua secagem. As causas destes altos níveis de tensão não são bem entendidas, os fatores suspeitos são, genótipo, idade, tamanho da tora, taxa de crescimento, etc. No entanto é claro, que taxas de crescimento podem ser altas em árvores de rápido crescimento, e geralmente menos serve ras em toras de maior porte do que em toras de menor porte da mesma idade. [17]

A maioria dos esforços de pesquisa no que se refere a silvicultura, manejo, utilização e economia das espécies de *Eucalyptus* na Australia, Brasil, África e Estados Unidos

podem ser encontrados no livro "Eucalyptus for Wood Production" por HILLIES E BROWN¹⁷.

4 AS ESPÉCIES DE EUCALYPTUS NO BRASIL

O Brasil é a nação líder no que se refere a plantações de Eucalyptus totalizando uma área de cerca de 1.500.000 ha + (IBDF, 1977), graças ao pioneirismo de Edmundo Navarro de Andrade, que em 1910 trabalhando para o serviço florestal da estrada de ferro paulista, tomou para si a tarefa de tornar o Eucalyptus importante do ponto de vista econômico para o país. Ele foi responsável pelo plantio de mais de 38 milhões de árvores durante sua vida.

Eucalyptus são plantados principalmente nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Maranhão, Bahia, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás. Apesar do reflorestamento com espécies do gênero Eucalyptus não ser o preferido pelos reflorestadores nos Estados do Paraná e Santa Catarina, assim mesmo a participação do gênero nos programas de reflorestamento são de 6,7 % no Paraná (52.600 ha) e 5,5 % em Santa Catarina (20.947 ha).

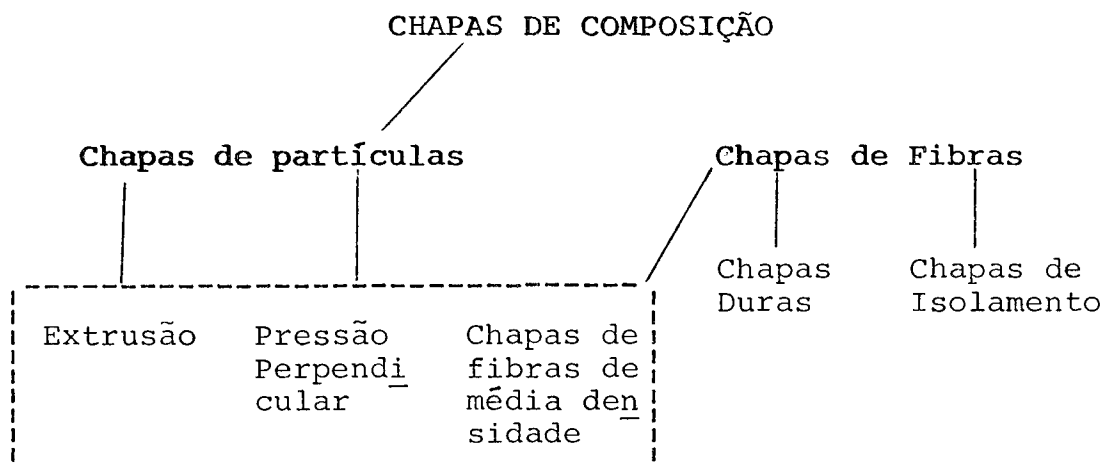
Ainda não existe nenhuma indústria nestes estados que viva exclusivamente desta matéria-prima.

5 MATÉRIA-PRIMA DO ESTUDO

A matéria-prima utilizada neste estudo foi obtida de árvores uniformes de **Eucalyptus saligna** e **Eucalyptus viminalis** da Estação Experimental de Rio Negro, divisa dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Os plantios contavam com 17 anos de idade. Diâmetro médio a altura do peito e altura média para **Eucalyptus saligna** foram 34,48 cm e 34,1 m e diâmetro médio a altura do peito e altura média para **Eucalyptus viminalis** foram 35,86 cm e 31,8 m.

6 CHAPAS DE COMPOSIÇÃO

Chapas de composição são originadas da combinação da madeira sólida convertida em uma série de partículas ou massa de fibras de distintas geometrias e um adesivo que pode ser adicionado ou gerado durante o processo de manufatura. A qualidade destes produtos é fundamentalmente determinada pela qualidade de colagem (continuidade e permanência) pela geometria das partículas, e espécies sendo usadas. Chapas de composição podem ser agrupadas nestas categorias:



Chapas de Partículas são fabricadas de elementos de madeira geralmente maiores que a célula que compõe a estrutura anatômica da madeira.

Chapas de Fibras são fabricadas a partir de fibras

ou massa de fibras tendo dimensões da mesma ordem de magnitude que a célula que compõe a estrutura anatômica da madeira.

A chapa de partículas foi inventada 75 anos atrás por Henry Watson de Valparaiso, Indiana. Uma patente básica emitida pelo escritório oficial de patentes nos Estados Unidos da América do Norte foi emitida em 1905. (Figura 2).

Esta patente demonstra claramente uma chapa de "Flo-cos" de madeira (Geometria) similar às fabricadas hoje.

O desenvolvimento industrial que começou na Europa é um resultado da escassez de matéria-prima, madeira e, grandes diâmetros e a necessidade econômica de utilizar grandes quantidades de resíduos de madeira.

No início, tecnologia era simplesmente transferida da Europa para os Estados Unidos, nas medidas que os padrões de demanda e a matéria-prima básica de madeira na forma roliça para resíduos mais baratos, diferentes modificações de processo ocorreram.

Chapas de partículas estruturais ou a chamada chapa de Wafers traduzindo literalmente para o português, Wafers sendo partículas mais longas e largas usadas para fins estruturais, sendo que na produção das chapas, estas partículas não sofrem orientação pré determinada.

Chapas de fibras de média densidade - uma chapa de fibras produzida por prensagem com material seco - por isso o nome de processo a seco, onde a ligação entre fibras e substancialmente uma função de adesivo adicionado. Densidade média em torno de $0,75 \text{ gr/cm}^3$.

No. 796,545.

PATENTED AUG. 8, 1905.

H. F. WATSON.
COMPOSITE BOARD.

APPLICATION FILED OCT. 11, 1901. RENEWED JAN. 5, 1905.

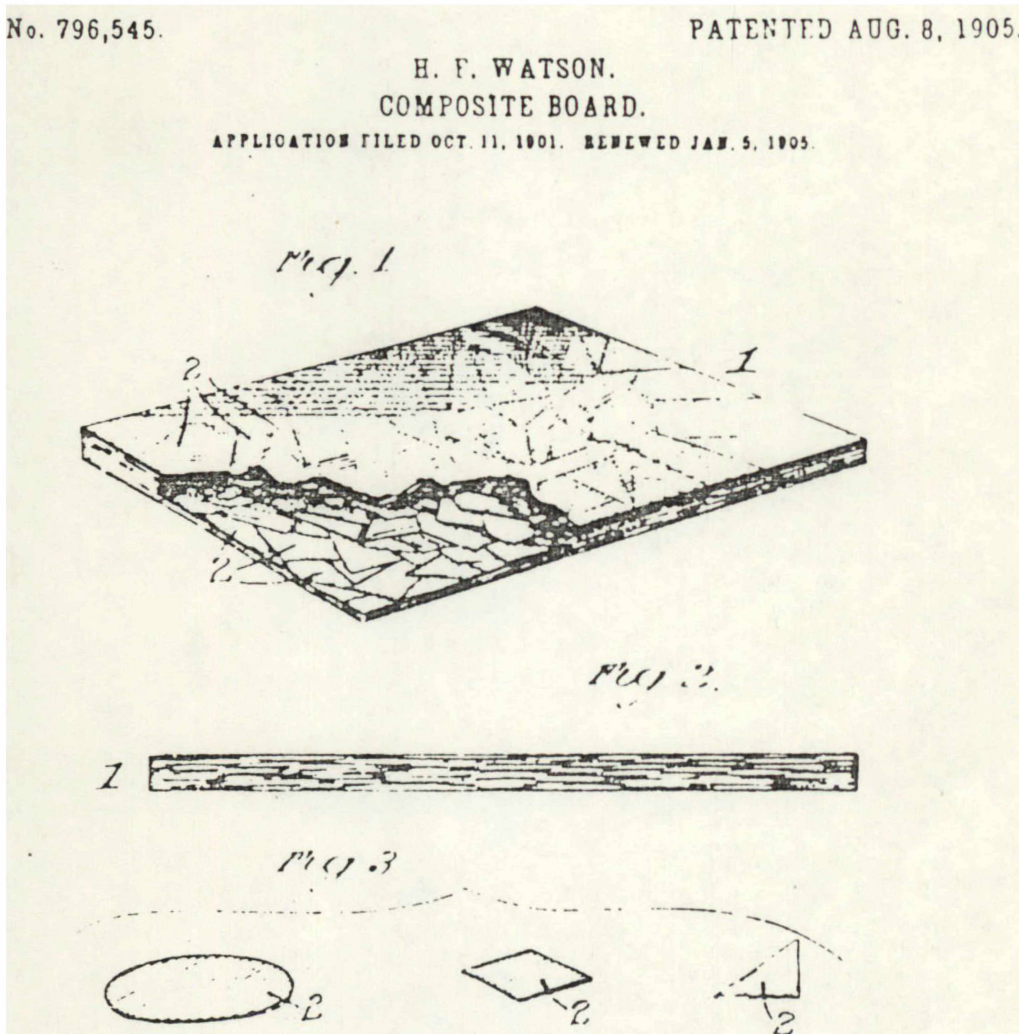


Figura 2 - Patente de Watson

7 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento conduzido neste estudo consistiu de três partes:

1. A determinação das propriedades físico-mecânicas básicas da madeira bruta de **Eucalyptus saligna** e **Eucalyptus viminalis**;
2. O desenvolvimento a nível piloto de uma formadora e refinador de polpação termo-mecânica para produção de chapas de fibras de média densidade;
3. A manufatura e avaliação em laboratório de chapas partículas estruturais e chapas de fibras de média densidade a partir destas espécies.

7.1 AMOSTRAGEM E TESTES DA MADEIRA SÓLIDA

Foram amostradas cinco árvores de cada espécie para os fins deste estudo principalmente em função do porte avantajado das árvores e uniformidade encontrada quanto a forma das árvores de plantio.

Todos os testes físico-mecânicos tiveram como linha a norma Copant (Comissão Pan-Americana de normas técnicas) .

Todas as árvores foram codificadas quando da sua

obtenção e para cobrir a variação dentro da árvore foram usados toretes da base, do meio e da altura comercial para avaliação das propriedades e posterior manufatura de chapas, tanto de **Eucalyptus saligna** como **viminalis**.

Os toretes tinham 2 metros de comprimento e foram tomados dois em cada situação considerados como suficiente.

As seguintes propriedades padrão foram selecionadas para avaliação:

1. Dimensão de Fibras
2. Flexão Estática
3. Compressão - Paralela
Perpendicular
4. Cizalhamento - Paralelo
5. Inchamento e Contração
6. Peso Específico e Conteúdo de Umidade

Corpos de prova foram tomados do pranchão central após desdobro dos toretes, e secagem dos mesmos. (Figura 3).

Todos os testes mecânicos foram feitos em máquina universal padrão Tinius-Olsen com capacidade para 30 toneladas (Figura 4).

7.1.1 Dimensão de Fibras

Dos Toretos da base, do meio e da altura comercial das árvores de **Eucalyptus saligna** e **Eucalyptus viminalis** foram retiradas amostras de pequenino porte e maceradas pelo processo de Jeffrey.

Um número de 150 fibras foram medidas em comprimento

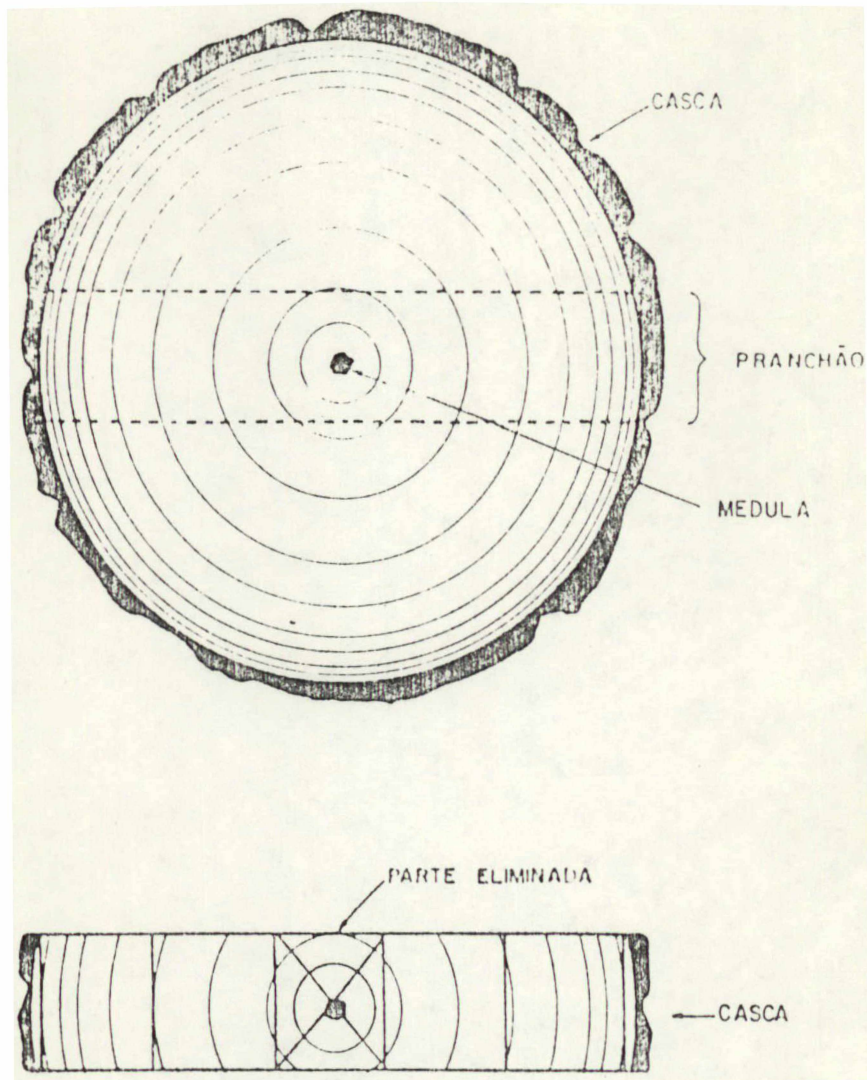


Figura 3 - Esquema de Obtenção dos Pranchões

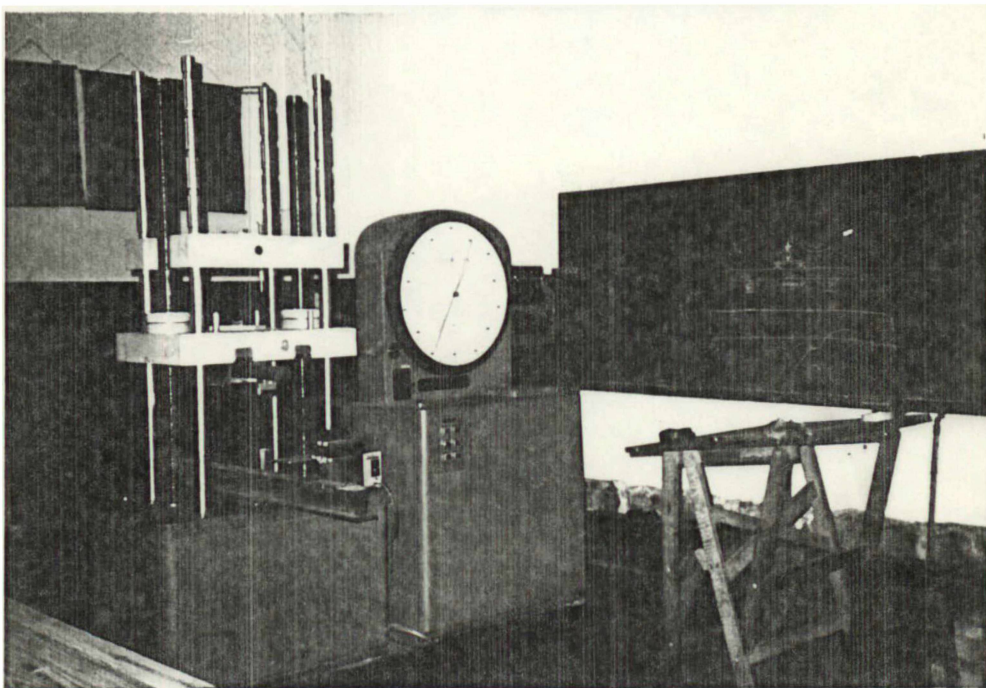
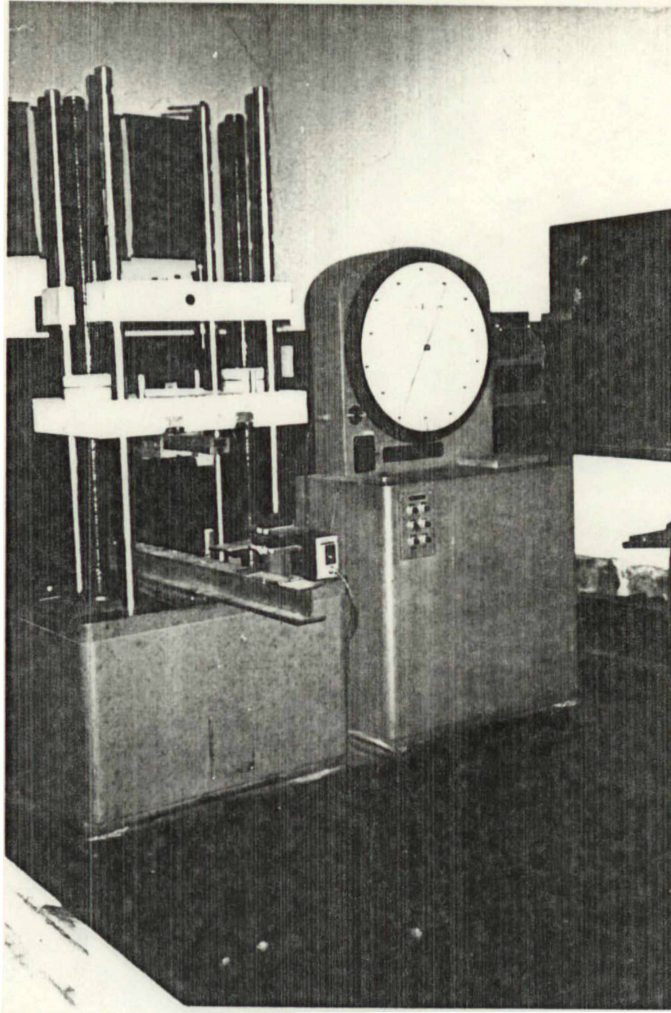


Figura 4 - Máquina Universal de Testes

e diâmetro usando um microscópio graduado e calibrado.

7.1.2 Flexão Estática

Dez corpos de prova de cada árvore de cada espécie foram preparados, com dimensões de 2 x 2 x 30 cm totalizando 60 corpos de prova. Os testes foram todos feitos de acordo com a norma Copant 30:1-006. Devido as irregularidades da natureza estrutural das espécies de Eucalyptus usadas neste estudo, foi muito difícil orientar os corpos de prova num ângulo de 0° à direção longitudinal.

Esta dificuldade pode ter ocasionado algumas alterações de resultado. Devido a anisotropia da madeira é muito importante que os corpos de prova sejam muito bem orientados, de maneira a se obter resultados precisos.

7.1.3 Cizalhamento Paralelo a Grã

Dez corpos de prova de cada árvore de cada espécie foram preparados, de acordo com as dimensões 5 x 5 x 6,5 cm, especificação da norma Copant 30:1-007. A mesma dificuldade encontrada para os corpos de prova de flexão aqui também foi encontrada.

7.1.4 Inchamento e Contração

Devido a importância de orientação da grã, especificamente neste tipo de teste todos os 10 corpos de prova, retirados de cada árvore de cada espécie tiveram sua manufatura de peças livres de defeitos.

As dimensões dos corpos de prova foram de 2,5 x 2,5x

x 10 cm. Os testes foram feitos de acordo com a norma Copant 30:1.005.

7.1.5 Compressão Paralela e Perpendicular a Grã

Para estes testes também foram retirados, um número de dez corpos de prova de cada árvore de cada espécie totalizando 120 corpos de prova.

As dimensões dos corpos de prova para compressão paralela foi de 5,0 x 5,0 x 2,0 cm e testados de acordo com a Copant 30: 1-008 e para compressão perpendicular 5,0 x 5,0 x 15 cm e testados de acordo com a Copant 30:1-0011.

7.1.6 Peso Específico e Conteúdo de Umidade

Determinações de peso específico foram feitas em todos os corpos de prova (peso e volume a 12% de conteúdo de umidade). Conteúdo de umidade foi determinado nos corpos de prova de flexão, cisalhamento e inchamento (Base peso seco).

7.2 FABRICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E MANUFATURA DAS CHAPAS

Para o desenvolvimento do presente estudo foi necessário o desenvolvimento e fabricação de dois equipamento básicos para chapas de fibras de média densidade, especificamente um refinador de polpação termomecânica (TMP) e uma formadora de massa tipo ciclone. (Figuras 4, 5 e 6).

Quanto a manufatura das chapas, foram produzidas chapas de partículas do tipo estrutural usando-se partículas

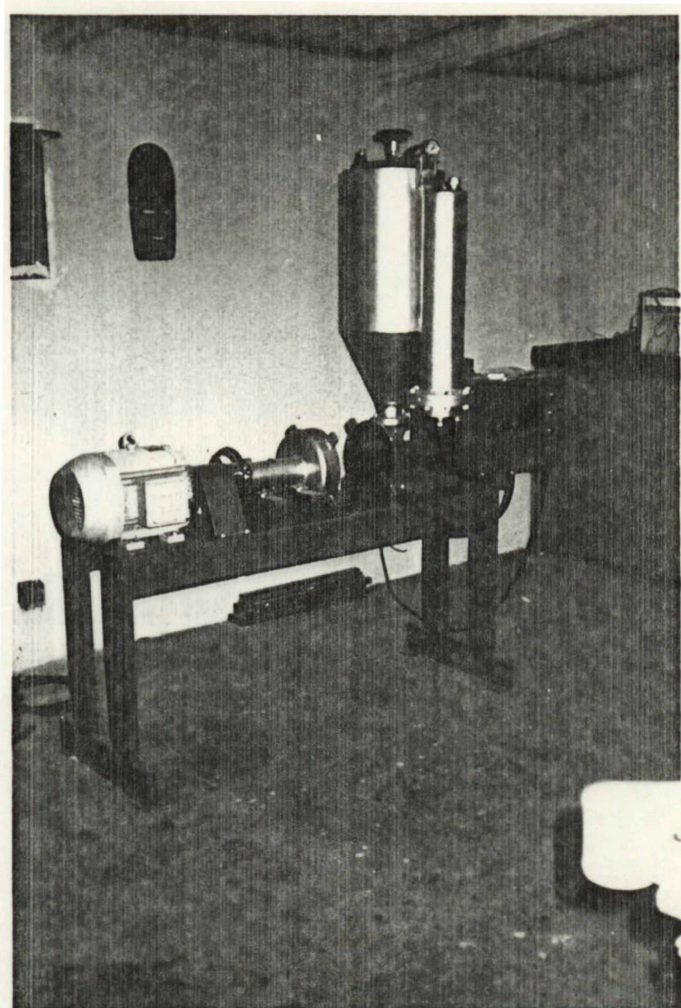


Figura 5 - Refinador de Polpação Termomecânica (construído)

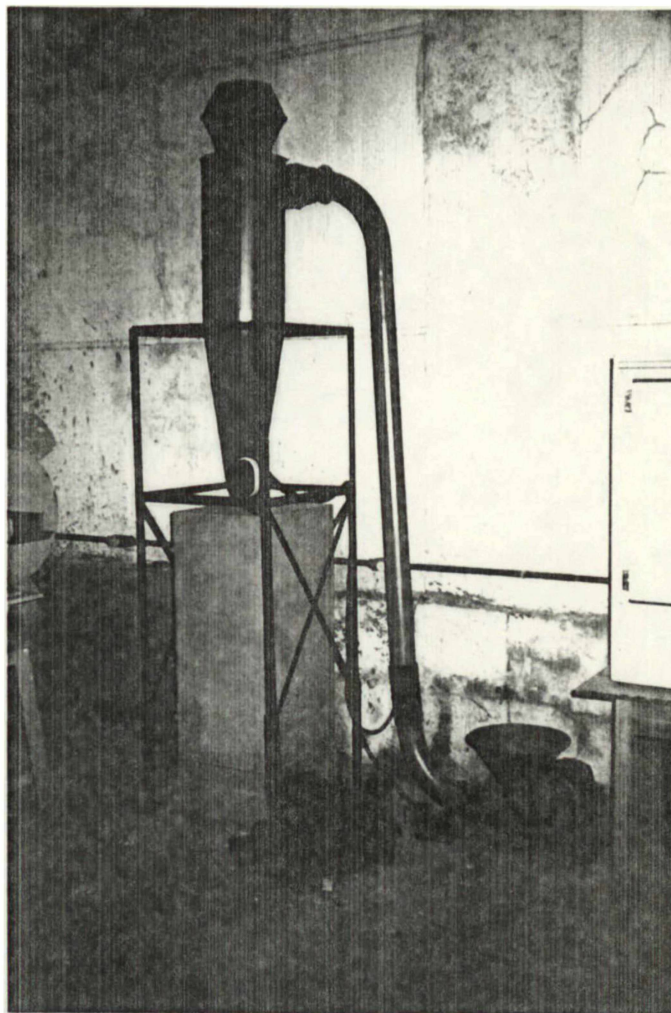


Figura 6 - Formadora de massa tipo ciclome (construída)

chamadas "Wafers" e chapas de fibras de média densidade usando-se massa de fibras.

7.2.1 Manufatura das Chapas de Partículas Estruturais

A parte dos toretes destinada a confecção de partículas foi transformada, em discos de 0,075 m de espessura os quais, posteriormente, foram cortados em distâncias de 0,07 m no sentido da largura. Desta forma produziu-se pequenos blocos com largura e espessura definidos e o comprimento variando em função do diâmetro do torete (Figura 7).

Os blocos assim obtidos foram transformados em partículas, em um gerador de partículas tipo disco, que pode ser visualizado na Figura 8.

Neste trabalho foi obtida uma geometria de partículas definida, ou seja, a do tipo "Wafers". As dimensões nominais das partículas foram as seguintes: espessura de 0,0762 cm e comprimento 3,175 cm no sentido da grã. A largura não foi controlada. As partículas, depois de confeccionadas, foram classificadas em uma peneira mecânica com malhas de 10 Mesh, a fim de eliminar-se os finos. (Figura 9).

7.2.2 Secagem das Partículas

Antes da secagem propriamente dita, foi feita uma homogeneização das partículas provenientes de uma mesma espécie. Em seguida, essas partículas foram colocadas em um cilindro adaptável a uma estufa de secagem convencional, onde procedeu-se a secagem. Em intervalos mais ou menos regulares era executada uma rotação manual no cilindro de forma a misturar as partículas secas das extremidades com aquelas

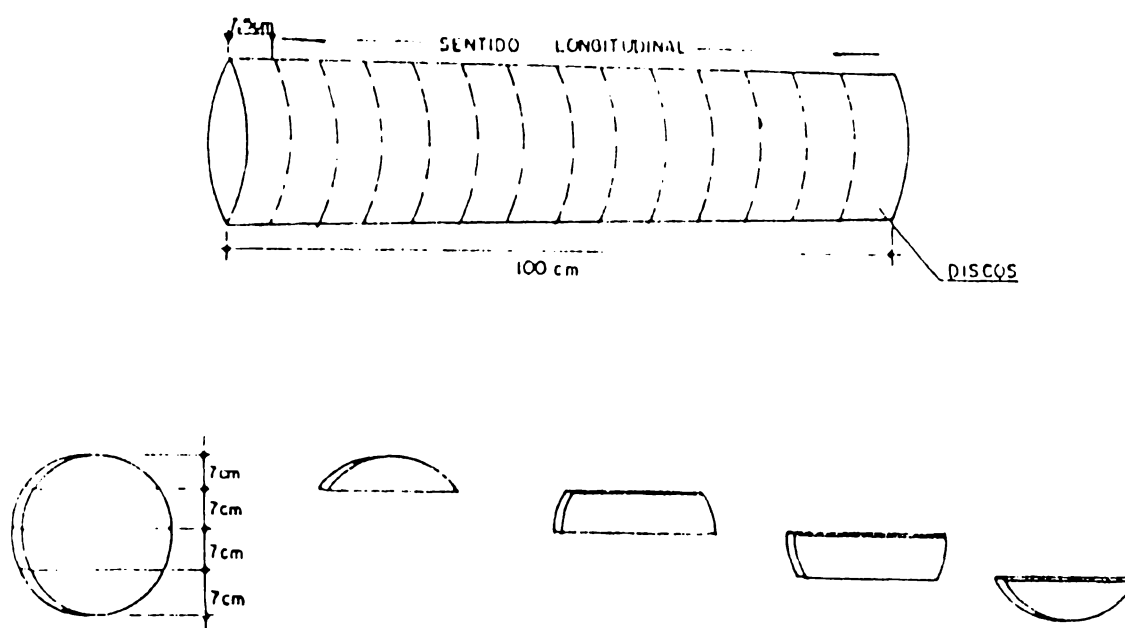


Figura 7 - Esquema de Confecção dos Blocos

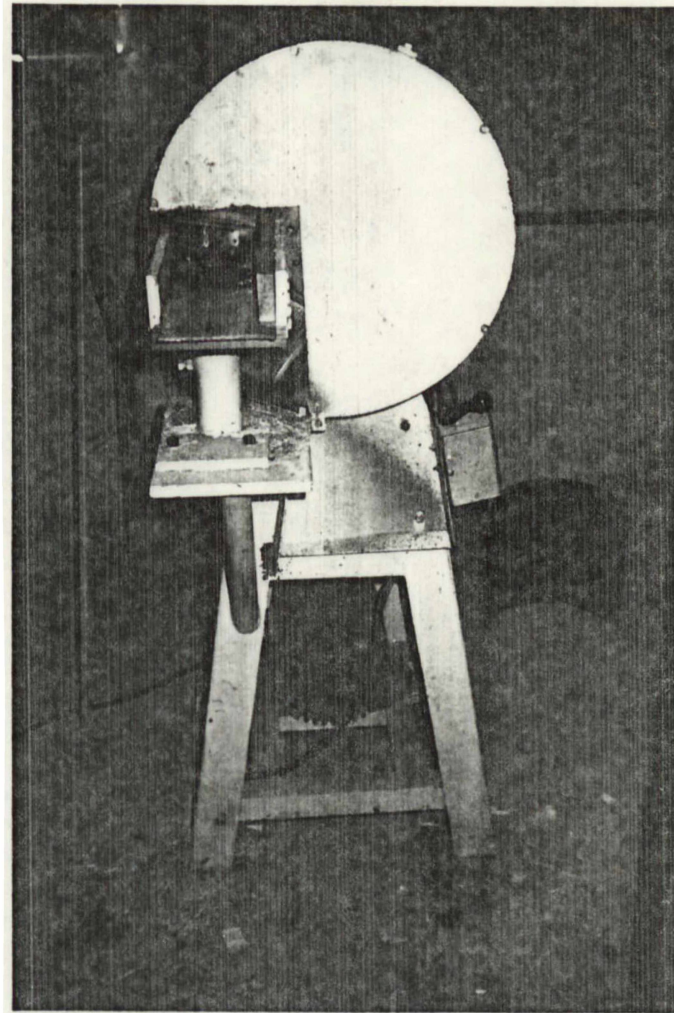


Figura 8 - Gerador de partículas tipo disco

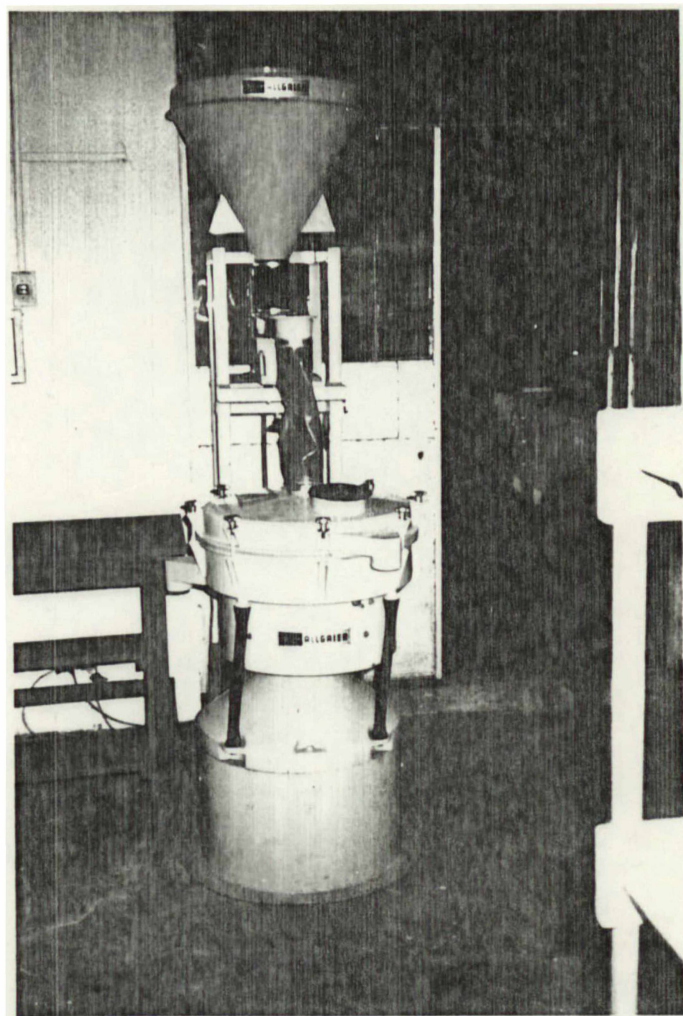


figura 9 - Peneira Mecânica

mais umidas mais internas. A temperatura utilizada foi constante, de 80º C. O tempo de secagem médio foi de 17 horas, estando em função do teor de umidade das partículas.

7.2.3 Determinação do Teor de Umidade das Partículas

O teor de umidade a ser obtido no final da secagem foi de 5%. Para esta determinação foi utilizada uma balança de umidade, à base de luz infra-vermelha (Figura 10). Amostras de 5 g de partículas eram retiradas, manualmente, e ao acaso, no decorrer da secagem eram levadas à balança onde permaneciam até perder toda a umidade e estabilizar-se em peso. Então fazia-se a leitura em uma escala graduada e aplicava-se na seguinte fórmula.

$$P' = \frac{P \times 100}{100 - P}$$

onde,

P' = Teor de Umidade das Partículas (%)

P = Peso perdido em relação ao peso inicial (unidade)

7.2.4 Armazenagem e Medição das Partículas

Após a secagem, as partículas foram armazenadas em sacos plásticos até o momento da confecção das chapas, para evitar a troca de umidade com o ambiente.

Numa próxima etapa selecionou-se aleatoriamente 100 partículas de cada espécie que foram devidamente dimensionadas. O comprimento e a largura foram determinados com um paquímetro e a espessura com um micrômetro, ambos com precisão de centésimos de milímetros.

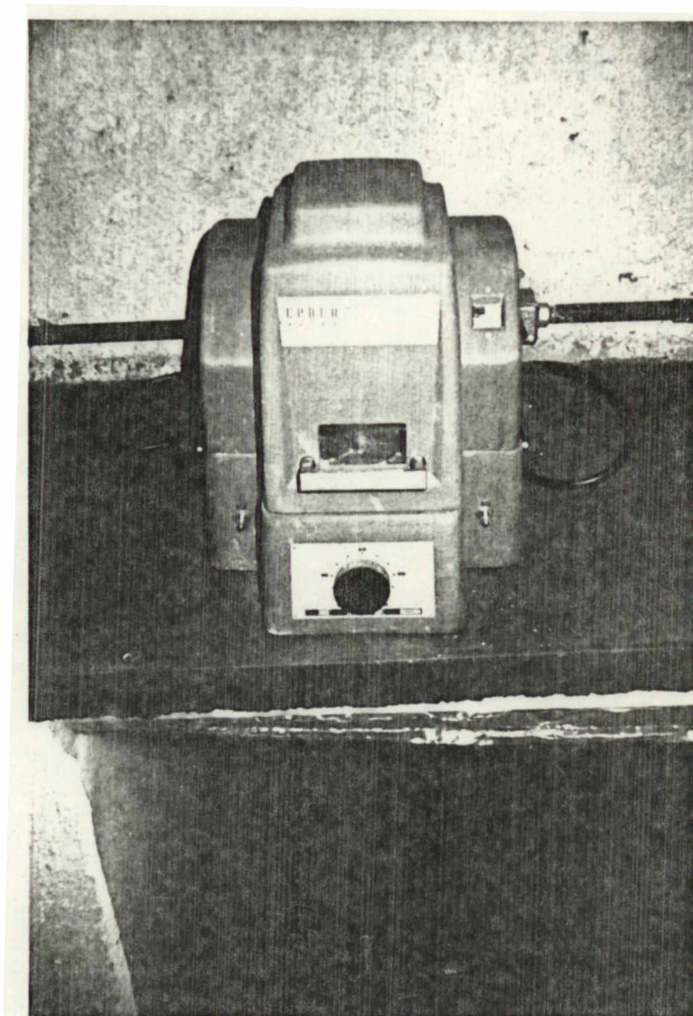


Figura 10 - Balança de Umidade para Partículas

7.2.5 Quantidade de Partículas

A quantidade de partículas a ser utilizada na manufatura das chapas foi determinada em função das densidades das chapas a serem alcançadas e das dimensões das chapas. As densidades para fins deste estudo foram de $0,65 \text{ g/cm}^3$ e $0,75 \text{ g/cm}^3$ e as dimensões das chapas $55 \times 55 \times 1,3 \text{ cm}$.

7.2.6 Aplicação da Resina

Quantidades apropriadas de partículas foram colocadas em um cilindro rotatório, onde a resina fenólica era aplicada por pulverização de maneira uniforme (Figura 11). A resina utilizada foi fenol-formaldeído com 50% de sólidos, nos níveis de 6% base peso/peso.

7.2.7 Formação do Colchão

As partículas impregnadas de resina foram retiradas manualmente do cilindro e distribuídas, de maneira a mais uniforme possível, em caixas formadoras de $55 \times 55 \text{ cm}$ sobrepostas a lâminas de alumínio planas e de superfícies lisas. Em seguida realizou-se uma pré-prensagem manual.

7.2.8 Prensagem

As chapas foram prensadas a quente com pressão perpendicular a superfície das mesmas. Para isto foi utilizada uma prensa hidráulica, marca Siemple Kamp (Figura 12) utilizando-se uma pressão específica de 35 kg/cm^2 e temperatu-

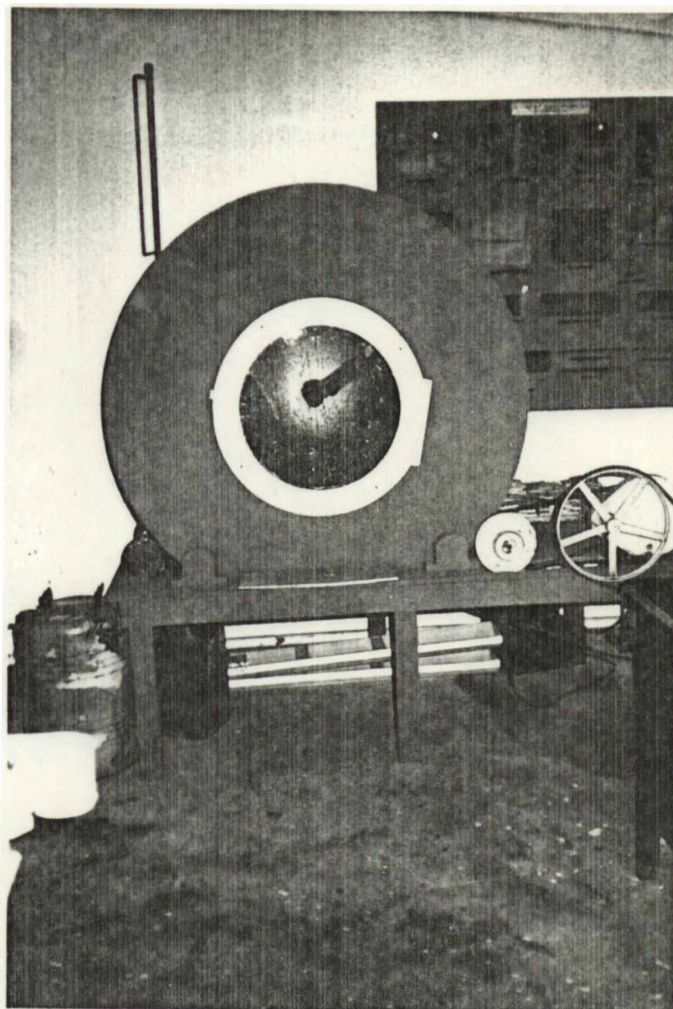


Figura 11 - Aplicador de Adesivo tipo Cilindro Rotatório

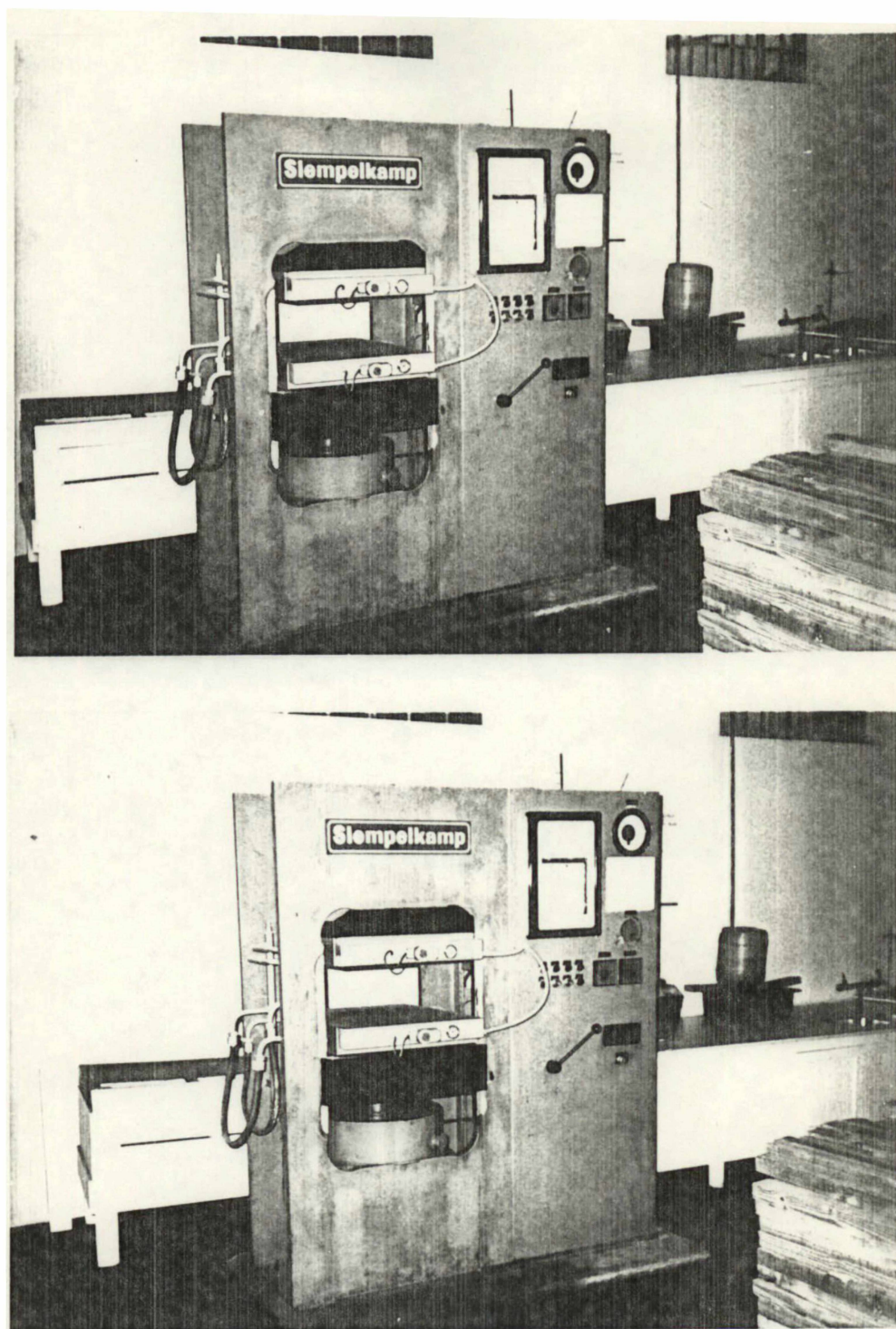


Figura 12 - Prensa Hidráulica Marca Siempelkamp

ra dos pratos de 160º C. Depois de prensadas as chapas em número de 5 repetições (Figura 13) por tratamento foram aclimatadas em sala com temperatura de $20 \pm 3^\circ \text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 1\%$.

7.2.9 Manufatura das Chapas de Fibras de Média Densidade

Dos toretes amostrados foram também fabricados cavacos com dimensões nominais de espessura igual a 2 cm e comprimento igual a 2 cm, os quais foram então utilizados para testar o refinador de polpação termo-mecânica e produzir a polpa necessária a produção das chapas de fibras de média densidade.

Nesta fase foram produzidas as fibras obedecendo o seguinte:

Tempo de retenção no refinador \rightarrow 3 min

Pressão \rightarrow 3 kg/cm²

Temperatura \rightarrow 80º C

Abertura das Placas \rightarrow 0,1 mm

Seguiu-se então a secagem, até 5% de umidade. A mistura da massa com resina uréia-formol a 10% base peso/peso. A formação na formadora tipo ciclone em moldes de 50 x 40 cm x 40 cm x 1,3 cm (Figura 13) e posterior prensagem em densidades nominais de 0,75 g/cm³ usando-se pressão de 35 kg/cm² e temperatura de 160º C com tempo de prensagem de 10 minutos foram produzidas cinco repetições por espécie.

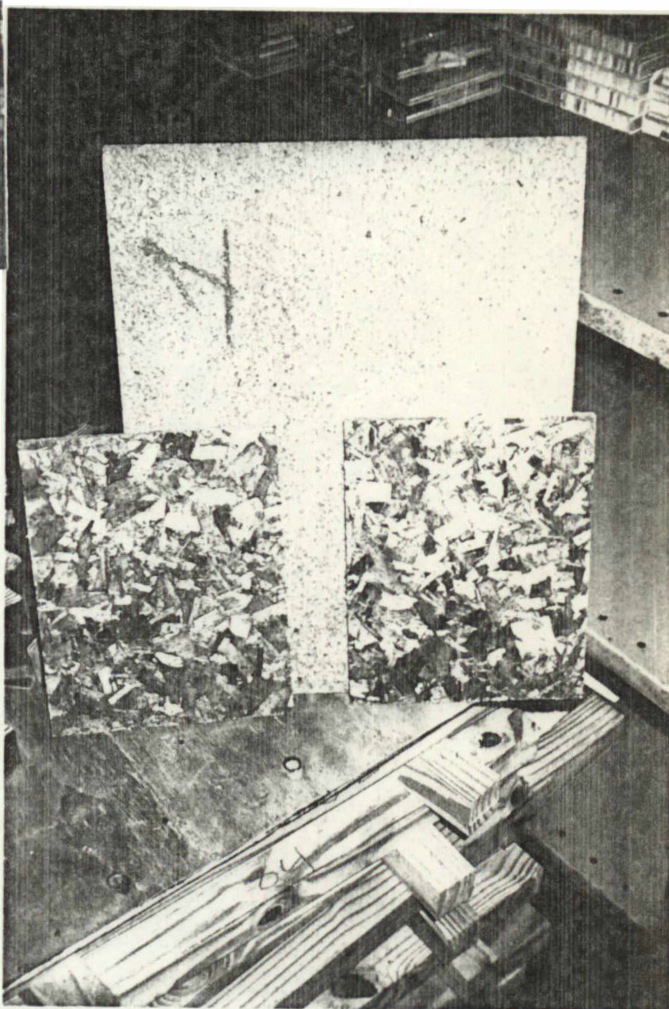
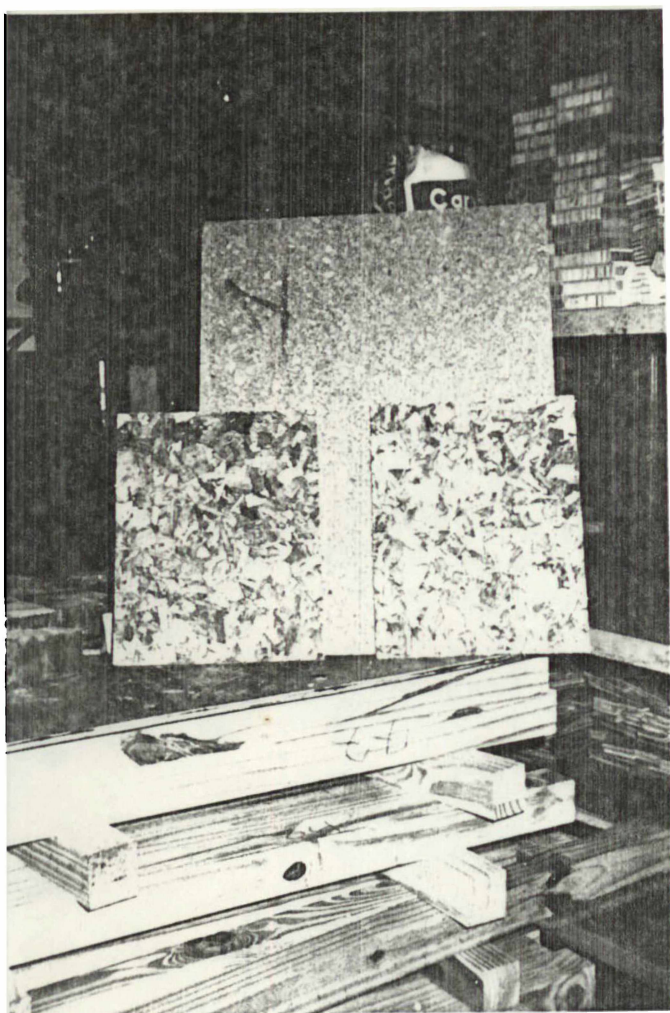


Figura 13 - Chapas Estruturais e de Fibras de Média Densidade fabricadas.

7.3 AMOSTRAGEM E TESTES DAS CHAPAS

A confecção dos corpos de prova provenientes das chapas de partículas e de fibras de média densidade obedeceu ao esquema da Figura 14, cujas dimensões foram aquelas especificadas pelas normas relativas a cada teste. Os corpos de prova, após a confecção, foram acondicionados em uma sala de aclimação (com $65\% \pm 1\%$ de umidade relativa e $20 \pm 3^\circ$ C de temperatura) até atingirem o teor de umidade de equilíbrio, quando então foram pesados para posterior determinação na densidade e do conteúdo de umidade.

Neste estudo, as propriedades das chapas foram avaliadas pelos seguintes testes:

Flexão Estática (módulo de ruptura e elasticidade)

Expansão Linear

Inchamento em Espessura

Ligação Interna

Os testes de natureza mecânica foram realizados em uma máquina universal de teste (Figura 10), dotada de relógio registrador de carga e gráfico analítico.

Os resultados obtidos neste estudo foram comparados aos valores mínimos exigidos pela norma comercial CS 236 - 66 (Tabela 1).

7.3.1 Flexão Estática

No teste de flexão estática foram determinados o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE). Os

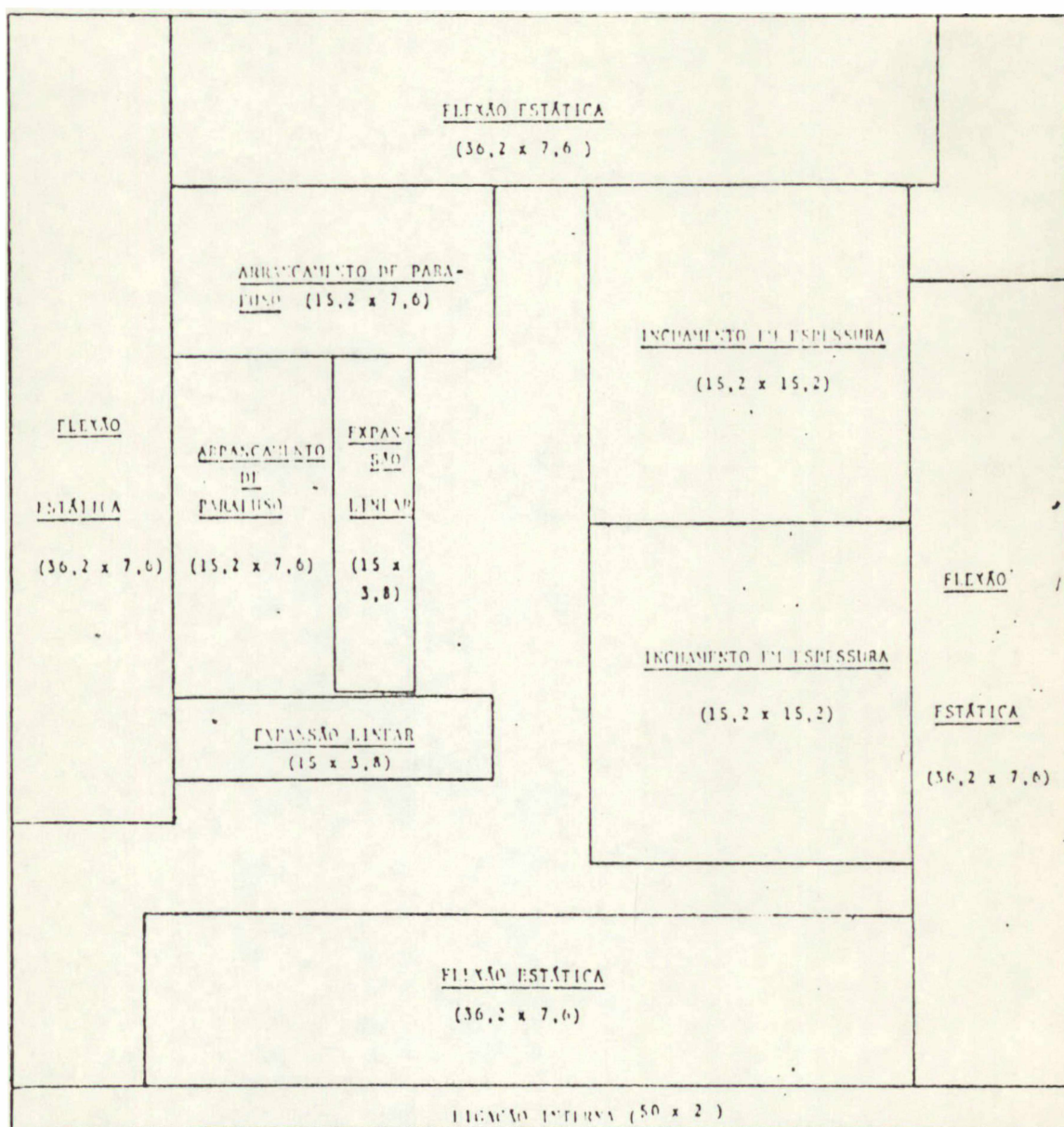


Figura 14 - Esquema de obtenção dos corpos de prova das chapas

tabela 1 - Propriedades exigidas para chapas de partículas

Ipo	DENSIDADE média min.	CLASSE ³ média min.	MÓDULO DE	MÓDULO DE	LIGAÇÃO	EXPANSÃO	ARRANCAMENTO	DE
			RUPTURA (kg/cm ²) média min.	ELASTICIDADE (kg/cm ²) média min.	INTERNA (kg/cm ²) média min.	§ média min.	PARAFUSO Face média min.	Bord. média min.
1	A alta densidade, 0,80 g/cm ³ e acima	1	168	24500	14	0,55	204,12	---
		2	236	24500	9,8	0,55	--	---
	B média densidade, entre 0,60 e 0,80 g/cm ³	1	112	24500	4,9	0,35	102,06	72,38
		2	168	28000	4,2	0,30	102,06	90,72
	C baixa densidade, 0,60 g/cm ³ e abaixo	1	56	10500	1,4	0,30	56,70	---
		2	98	17500	2,1	0,30	79,38	---
2	A alta densidade, 0,80 g/cm ³ e acima	1	168	24500	8,75	0,55	204,12	---
		2	238	35000	28,0	0,55	226,80	158,76
	B média densidade, entre 0,60 e 0,80 g/cm ³	1	126	17500	4,55	0,35	102,06	72,58
		2	175	31500	4,2	0,25	113,40	90,72

IPO 1: Chapa de partícula (geralmente feita com resina uréia-formaldeído) adequada para aplicações interiores

IPO 2: Chapa de partícula feita com resina durável e altamente resistente à umidade e calor (geralmente resina fenólica) adequada para aplicações interiores e certas aplicações exteriores quando assim classificadas

IPO 3: Classificações de resistência baseadas nas propriedades dos painéis correntemente produzidos.

NTE: CS 236-66

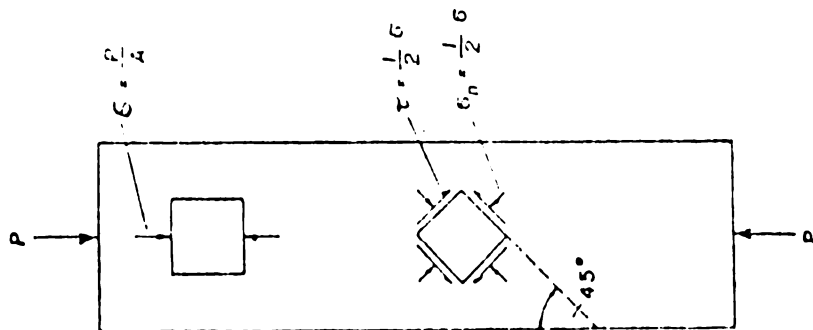
corpos de prova para este fim foram confeccionados segundo a seção 12 da Norma ASTM D 1037, perfazendo um total de 60 corpos de prova para ambas as construções de chapas. Os testes propriamente ditos foram executados segundo as seções 11, 13-18, parágrafos 20.1 e 20.2 da seção 20, da mesma norma.

7.3.2 Expansão Linear e Inchamento em Espessura

Nestes testes foram determinados a expansão linear expressa em porcentagem segundo a seção 108 da Norma ASTM e o inchamento em espessura expresso em porcentagem segundo a seção 101 da norma ASTM. Um total de 120 corpos de prova para ambos os testes e construções foram confeccionados e testados segundo as seções 100, 107, 109, 110 da Norma ASTM.

7.3.3 Ligação Interna

Para este teste foi retirada uma amostra de 2,5 cm de largura abrangendo toda a extensão de uma das margens de cada chapa amostrada. Essa amostra foi montada posteriormente entre chapas compensados de 20 milímetros e cortadas de tal maneira, que o plano de seu eixo central ficasse num ângulo de 45° (Figura 15) e fornecesse o cisalhamento máximo quando fosse submetido a uma força de compressão. O número de corpos de prova testados para ambas as construções foram de 120. O método empregado neste trabalho foi desenvolvido por Suchsland⁴⁰, e foi utilizado por apresentar uma correlação muito alta ($r = 0,917$) com o teste padrão de ligação interna, como também, por ser bastante prático.



P = carga aplicada

σ = tensão

$\tau = \tau_m$ = tensão de cisalhamento máxima

B - DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA PARA O TESTE DE COMPRESSÃO

- chapa de partícula a ser testada, com inclinação de 45°
- chapa compensada, utilizada como suporte

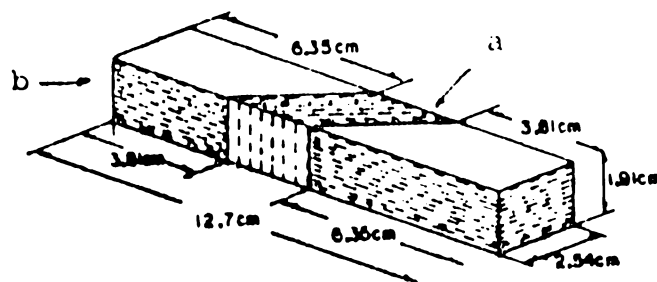


Figura 15 - Amostragem para o teste de ligação interna

8.1 PROPRIEDADES DA MADEIRA SÓLIDA

8.1.1 Fibras

Comotendência geral, o comprimento de fibra, diâmetro e espessura de parede aumentam com a idade das espécies de *Eucalyptus*, isto foi demonstrado para ***Eucalyptus grandis*** (New South Wales e South África) (Bamber and Humphreys 1963)^[3] (Taylor 1972)^[4]

É importante ressaltar que a estrutura anatômica do ***Eucalyptus grandis*** na literatura é citada como praticamente igual a do ***Eucalyptus saligna***.

Em ***Eucalyptus grandis*** provenientes de plantios de rápido crescimento (South África) o comprimento de fibra cresceu de 0,69 mm a 1,05 mm da medula para cambio e resultados similares foram obtidos a diferentes alturas.

(GUHA et al 1965, 1967)^[12, 13] relataram que o comprimento médio de fibra ***Eucalyptus robusta*** (Índia) proveniente de polpa sulfato foi de 0,90 mm, 1,40 mm máximo e 0,36 mm mínimo.

SRIVASTAVA e MATUR, 1964^[34] pelo mesmo processo mostraram um comprimento médio de fibra para ***Eucalyptus grandis*** de 0,82 mm, 1,40 mm máximo, e 0,56 mm mínimo.

Para a maioria dos usos finais para a madeira de *Eucalyptus*, a variação em comprimento de fibra dentro das

árvores e entre árvores tem pequena importância, e para detectar diferenças aproximando 0,14 mm, pelo menos 80 fibras devem ser medidas (BURLEY et al 1970) [5]. Da literatura pode-se notar que os dados apresentados referem-se a **Eucalyptus grandis** semelhante ao **Eucalyptus saligna** sem referências ao **Eucalyptus viminalis**.

8.1.2 Densidade e Outras Propriedades

Densidade ou peso específico é uma propriedade que se correlaciona muito bem com todas outras propriedades físico-mecânicas de uma espécie.

(HILLIS e BROWN, 1978) [17] demonstraram que a densidade de **Eucalyptus saligna** varia entre 580 kg/m³ a 900 kg/m³ em diferentes idades e diferentes origens. Os mesmos autores demonstraram que para **Eucalyptus viminalis** a variação ficou entre 650 kg/m³ a 800 kg/m³ para diferentes idades e origens.

Isto demonstra que na literatura as faixas de variação para **saligna** e **viminalis** não são muito diferentes.

Entre os principais problemas encontrados na utilização da madeira sólida de **Eucalyptus** de plantios jovens de rápido crescimento é a excessiva taxa de contração e defeitos de secagem como rachaduras e fendas que tendem a ser pior em madeiras de baixa densidade (HILLIS e BROWN) 1978 [17].

Os mesmos autores demonstraram para **Eucalyptus saligna** resistência definida em termos de MOR e MOE variando entre 960 kg/cm² a 1400 kg/cm² e 126.000 kg/cm² a 168.000 kg/cm² para diferentes idades e origens, contração tangen-

cial (Estado verde ao seco) maior que 8,1% e contração radial (Estado verde ao seco) maior que 5,1% os mesmos autores para **Eucalyptus viminalis** resistência em termos de MOR e MOE tendo como médias 1000 kg/cm^2 e 130.000 kg/cm^2 respectivamente, para diferentes origens, sendo a contração tangencial e radial bastante semelhantes ao **Eucalyptus saligna**.

A literatura demonstra algumas semelhanças entre as espécies de **Eucalyptus saligna** e **Eucalyptus viminalis** e algumas diferenças.

8.2 PROPRIEDADES DAS CHAPAS DE COMPOSIÇÃO

A maioria das chapas de composição consistem de mais de 90% de material ligno-celulósico (base peso seco) e adesivo como complemento.

Conseqüentemente, as propriedades desta matéria-prima tem efeito significativo tanto na fabricação como nas propriedades físico-mecânicas do produto final. Mas os efeitos da interação entre variáveis de processamento nas propriedades resultantes são bastante grandes e muitas vezes separação destas interações provaram ser impossíveis. (KELLY, M.W) [21].

8.2.1 Módulo de Ruptura (MOR)

Módulo de ruptura (MOR) é uma importante variável na determinação da aplicabilidade de chapas de composição para fins estruturais. A densidade de chapa dividida pela densidade de madeira é igual a razão de compactação. HSE, C-Y [19]

encontrou alta correlação entre razão de compactação e MOR para diferentes chapas de partículas a três diferentes densidades produzidas de nove diferentes espécies de folhosas de baixo até alto peso específico.

VITAL et al ⁴³ encontrou que chapas de Partículas fabricadas de quatro diferentes espécies de folhosas de grande variação de peso específico, chapas de densidade constante, tiveram valores mais altos de MOR a medida que a razão de compactação cresceu de 1,2 para 1,6 . STEWART, H.A. e LEHMANN, W.F. [35] demonstraram que o MOR cresce linearmente com densidade crescente de painel para quatro diferentes espécies de folhosas com peso específico variando entre 0,37 a 0,67 (peso seco sobre volume a 8% de umidade).

É praticamente aceito, sob a luz de várias evidências, que o MOR aumenta com o aumento da densidade de chapa quando todos os outros fatores (orientação e configuração das partículas, espécie conteúdo e adesivo, condições de prensagem forem constantes).

POST, P.W. [31] encontrou aumento contínuo para os valores de MOR para chapas de partículas a medida que aumenta o comprimento de partícula até 1,00 a 1,25 cm, mas a taxa de aumento com comprimentos maiores que 5 cm. De qualquer maneira a medida que a espessura da partícula aumentou acima de 0,254 mm, o MOR diminuiu para todos os comprimentos de partícula. A razão entre o comprimento de partícula/espessura de partícula é citada na literatura como intimamente ligada aos valores de MOR a todos os comprimentos e espessuras de partícula.

Como tendência geral na literatura, a espessura de

partícula tem maior influência no comportamento quanto a MOR do que o comprimento de partículas; pelo menos em comprimentos maiores que 2,5 cm até 5 cm. O efeito da geometria de partícula no valor resultante do módulo de ruptura parece bem estabelecido na literatura.

Partículas com altas razões entre comprimento/espessura onde danos estruturais sejam mínimos, normalmente produzem chapas com valores mais altos quanto a MOR.

8.2.2 Módulo de Elasticidade

Módulo de Elasticidade (MOE) é uma medida da rigidez, ou resistência à flexão, quando o material é submetido a tensão. Em geral, MOE e MOR, sofrem efeitos similares a diversos parâmetros de processo.

SUCHSLAND, O. e WOODSON, G. [39] afirmaram que para chapas de fibras de média densidade produzidas em prensas aquecidas a óleo, densidade de chapa e gradiente de densidade afetam diretamente o módulo de elasticidade. Em outro estudo SUCHSLAND O., LYON, D.E. e SHORT, P.E. [37] afirmaram que para oito tipos de chapas de fibras de média densidade comerciais, uma forte correlação entre MOE, densidade de chapa e densidade da face.

Chapas de partículas de densidade média constante possuem altos valores de MOE, a medida que a densidade de madeira decresce ou a razão de compactação aumenta. A literatura contém muitos estudos que demonstram uma relação direta entre densidade de chapa e módulo de elasticidade efetivo; todos foram unânimes que um aumento em densidade aumentará o

módulo de elasticidade.

O módulo de elasticidade é fortemente dependente no comprimento de partícula, partículas mais longas produzem chapas de partículas com módulos de elasticidades substancialmente altos. (HEEBINK, B.G. e HANN, R.A.) [16].

LEHMANN, W.F. [24] definiu um decréscimo no efetivo MOE quando a espessura de partícula cresceu de 0,75 cm a 1,00 cm a um comprimento constante de partícula de 5 cm a diferentes conteúdos de resina fenol-formaldeído. MALONEY, T. [27] em um estudo para determinar o efeito de misturadores de curta retenção em massas de partículas compridas, encontrou um acréscimo no MOE a medida que a densidade de chapa aumentou para todos os níveis de resina estudados (2,4 e 6% de sólidos resinosos por peso seco de madeira).

8.2.3 Ligação Interna

A resistência à ligação interna (RIP) de uma chapa de partículas (resistência a tração perpendicular ao plano da chapa) é um importante indicador de qualidade de chapa. Esta propriedade não somente revela a qualidade de colagem que também permite estimar propriedades correlatas, mas também em combinação com MOE, dão indicações do balanço da construção que é por exemplo afetado pelo ciclo da prensa. (SUCHSLAND, O.)^[40].

A maioria dos pesquisadores tem encontrado altos valores de resistência a ligação interna com crescente densidades de chapa conteúdos de resina (adesivo) e tempos de prensagem e temperatura.

O gradiente vertical de densidade em chapas de partículas afeta adversamente a resistência à ligação interna. Superfícies altamente densificadas aumentam a resistência em flexão, mas o miolo da chapa menos densificado normalmente reduz a RIP. (STRICKLLER, M.D.)^[36] e (PLATH, L. e SCHNITZLER, E.)^[29].

De qualquer maneira, STRICKLLER, M.D. e GEIMER et al ^[10] não encontraram uma forte correlação entre densidade do miolo e a RIP; STRICKLLER atribuiu isto à umidade e efeitos do ciclo da prensa. VITAL et al ^[43] não encontrou uma relação mais direta entre resistência a ligação interna e densidade de chapa.

WOODSON, G.E. ^[36] afirmou que a RIP para chapas de fibras de média densidade aumentou em 38% quando o nível de adesivo mudou de 4 para 10%.

8.2.4 Estabilidade Dimensional

Os efeitos da umidade em chapas de partículas tem influência marcante nas suas propriedades e usos. Redução na resistência e a não confiabilidade quanto a estimativa do tempo de vida são alguns dos problemas, que não tem permitido o seu uso com material estrutural (HALLIGAN, A.F.)^[14].

KOLLMANN et al ^[23] comparou graficamente a estabilidade dimensional de chapas de partículas com aquela da madeira sólida de Pinus. A expansão linear média é comparável favoravelmente com o inchamento longitudinal de Pinus, mas o inchamento em espessura é muito maior que o inchamento tangencial e continua a aumentar a uma taxa crescente com o aumento do

conteúdo de umidade. Isto reflete a liberação de tensões associadas com as tensões de compressão introduzidas durante a prensagem.

8.2.4.1 Inchamento em Espessura

Existe controvérsia na literatura no que diz respeito ao efeito da densidade de chapa no inchamento em espessura devido a liberação de tensões de prensagem. VITAL et al [43] trabalhando com chapas de partículas fabricadas de folhosas de quatro diferentes densidades estudou a absorção d'água e propriedades de inchamento em espessura. Para todas as combinações de espécies, a mais alta razão de compactação (1,6) sempre absorveu uma menor quantidade de água do que a mais baixa razão de compactação (1,2).

LEHMANN, W.F. e HEFTY, F.V. [25] não encontraram relação entre densidade de chapa e inchamento em espessura exceto num percentual bastante baixo de adesivo, ou seja, igual a 2%. A este nível de uréia-formaldeído, a chapa com densidade mais baixa, $0,65 \text{ g/cm}^3$ teve um menor inchamento em espessura que uma chapa com densidade $0,75 \text{ g/cm}^3$. ROFFAEL, E. e RAUCH, W. [32] relataram sobre o inchamento em espessura de chapas de partículas em um campo bastante grande de densidade ($0,51$ a $0,94 \text{ g/cm}^3$) quando sujeitas a imersão em água a 20° C . Eles encontraram um decréscimo em absorção mas um aumento em inchamento em espessura quando a densidade aumentou.

HALLIGAN, A. F. e SCHNIEWIND, A.P. [15] para uma série de chapas de partículas com três diferentes níveis

de resina a três diferentes densidades de chapa encontrou alto inchamento em espessura a medida que a densidade de chapa aumentou para conteúdos de umidade acima de 10%. Abaixo de 10% de conteúdo de umidade a densidade chapa aparentemente teve pouca influência no inchamento em espessura.

SUCHSLAND, O.^[38] determinou o inchamento em espessura de dez diferentes tipos comerciais de chapas de partículas a baixo de ciclos de umidade relativa e imersão em água e não encontrou correlação entre densidade de chapa e inchamento em espessura.

HSE, E-Y^[18] encontrou em inchamento em espessura com aumento em densidade de chapa em cinco horas de teste de fervura e o teste vácuo-pressão em água para chapas de partículas consolidadas com adesivo fenol-formaldeído.

GERTJESANSEN et al^[11] encontrou um aumento em inchamento em espessura com o aumento de densidade de chapa para chapas de partículas estruturais ("WAFERBOARDS"). A literatura não demonstra muito consistente as relações entre densidade de chapa e inchamento em espessura.

TURNER, H.D.^[42] demonstrou que o comprimento de partícula não exerce efeito significativo quanto a inchamento em espessura. LEHMANN, W.F.^[24] em seu estudo usando partículas de Douglas Fir de 1,22, 2,54 e 5 cm de comprimento e 0,6 mm e 1 mm de espessura não encontrou nenhum efeito significativo no inchamento em espessura em chapas de partículas tanto em testes vácuo-pressão como imersão em água. De qualquer maneira as partículas menos espessas, suas chapas tiveram um menor inchamento. BRUMBAUGH, J.I.^[4] também relatou uma melhoria na estabilidade em espessura com chapas de partículas de

Douglas Fir com 0,1 mm e um decréscimo em estabilidade em espessura com partículas de comprimento igual a 1,22 cm.

POST, P.N. [31] relatou que o comprimento de partícula não teve relação com a estabilidade em espessura, quando a espessura de partícula era menor que 0,2 mm. Com partículas mais espessa que esta estabilidade melhorava com um aumento em comprimento de partícula. Existe concordância na literatura que chapas produzidas com partículas finas apresentam melhor estabilidade em espessura do que aquelas produzidas de partículas mais espessas. O mesmo não é verdade para comprimento de partícula.

Aumentando o conteúdo de resina melhora a estabilidade em espessura de chapas de partículas (KIMOTO et al GATCHELL et al, LEHMANN, W.F. e HEFTY, F.V. [22, 9, 25]).

8.2.4.2 Expansão Linear

A expansão linear de chapas de partículas quando expostas a umidade é bem menor que o inchamento radial, mas maior que o inchamento longitudinal, da madeira sólida, excluindo somente aquelas chapas muito bem orientadas, onde a expansão linear na direção da orientação decresce ao ponto de se aproximar do inchamento longitudinal da madeira e a expansão linear perpendicular ao alinhamento das partículas aumentará e se aproximará do inchamento transversal da madeira. (GEIMER et al) [10]. SUCHSLAND, O. et al [37] estudando as propriedades de algumas chapas de fibras de média densidade não encontrou relação entre expansão linear e densidade de chapa.

VITAL, V. et al^[43] em seus estudos relacionados com chapas de partículas fabricadas em duas diferentes razões de compactação, encontrou uma expansão linear um pouco maior relacionada a razão de compactação um pouco mais alta. SUCHSLAND, O^[38] não encontrou relação clara entre densidade de chapa e expansão linear para dez diferentes tipos de chapas de partículas comerciais. Nenhum investigador encontrou uma válida relação estatística entre expansão linear e densidade de chapa.

LEHMANN e HEFTY²⁵ estudaram a estabilidade dimensional de chapas feitas de uma mistura de flocos de *Pseudotsuga manzienssii* utilizando o teste de umidade relativa e imersão em água. Segundo eles, o conteúdo de resina e a densidade de chapa não tiveram nenhum efeito sobre a expansão linear para o teste de umidade relativa variando de 30 a 90%. Contrastando com esses resultados, tanto o conteúdo de resina como a densidade do painel afetaram a expansão linear no teste de imersão sob vácuo e pressão. Em outros trabalhos desenvolvidos por LEHMANN^[26] foi constatado mais uma vez a eficiência do conteúdo de resina na melhora da estabilidade dimensional. Entretanto, HAYGREEN e GERTSEJANSEN^[11] notaram ser muito pouca a influência causada pelo aumento do conteúdo de resina sobre as propriedades de expansão linear. De acordo com o exposto pode-se concluir que não há uma relação clara entre as variáveis estudadas e a expansão linear.

9 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1 PROPRIEDADES DA MADEIRA SÓLIDA

9.1.1 Generalidades

A madeira sólida de *Eucalyptus viminalis* e *saligna* para fins deste estudo foi desdobrada em pranchões de 8 x 8 cm sendo estes pranchões então submetidos a secagem em duas etapas devido as altas tensões de crescimento características às espécies de *Eucalyptus*, que causam os mais diversos tipos de defeitos, prejudiciais a trabalhabilidade da madeira bruta.

Numa primeira etapa a secagem foi ao ar livre embaixo de um barração com paredes abertas para permitir o mínimo de insolação e o máximo de ventilação. Esta etapa tomou aproximadamente dois meses. Numa segunda etapa então este material foi colocado em câmara climática por mais dois meses. Apesar de todos os cuidados, defeitos como, colapso, rachaduras, favos de mel, não foram possíveis de serem evitados o que evidencia a dificuldade de se trabalhar com esta madeira no seu estado bruto.

9.1.2 Propriedades Físicas

9.1.2.1 Peso específico

Tabela 2 - Valores médios das amostras por espécie (g/cm³)

	Eucalyptus saligna	Eucalyptus viminalis
Amostra 1	0,5592	0,792
Amostra 2	0,5902	0,837
Amostra 3	0,6590	0,774
Amostra 4	0,7568	0,873
Amostra 5	0,6558	0,813
Amostra 6	0,6519	0,935
<u>Média</u>	0,6455	0,837
Desvio Padrão	0,00682	0,0591

A tabela acima demonstra valores de **Eucalyptus saligna** tendendo a um peso específico médio e os **Eucalyptus viminalis** a um valor alto o que de certa maneira corresponde as faixas descritas na literatura. Como o peso específico é correlacionado com a maioria das propriedades, é de se esperar que o **Eucalyptus viminalis** venha a ter valores mais altos que o **saligna**.

9.1.2.2 Retrabilidade

Tabela 3 - Valores médios de Retrabilidade por espécie (%)

	<i>Eucalyptus saligna</i>			<i>Eucalyptus viminalis</i>		
	Volumétrica	Tangencial	Radial	Volumétrica	Tangencial	Radial
AMOSTRA 1	13,4278	9,2343	4,3445	16,765	10,935	6,031
AMOSTRA 2	16,8487	10,7125	6,6938	17,189	11,186	7,030
AMOSTRA 3	14,7033	9,3982	5,6377	15,337	10,147	5,158
AMOSTRA 4	15,6495	10,1265	5,9207	17,065	10,722	6,813
AMOSTRA 5	14,8923	9,9837	5,8947	16,372	12,162	4,408
AMOSTRA 6	14,2725	8,7002	6,4168	15,287	15,287	5,351
MÉDIA	14,9657	9,5259	5,8180	16,338	11,740	5,799
DESVIO PADRÃO	1,1776	0,7544	0,8180	0,844	1,860	1,016

Estes valores demonstram claramente o comportamento de contração tanto volumétrica como tangencial, e radial bem maiores no caso do *Eucalyptus viminalis*, em relação ao *saligna* o que confirma ser o *saligna* uma espécie neste estudo mais estável dimensionalmente. Todos os resultados demonstram a contração tangencial maior que a contração radial o que é fisicamente esperado.

Tabela 4 - Valores médios de Coeficiente de Retrabilidade por espécie

	<i>Eucalyptus saligna</i>			<i>Eucalyptus viminalis</i>		
	TANGENCIAL	RADIAL	ANISOTROPIA	TANGENCIAL	RADIAL	ANISOTROPIA
AMOSTRA 1	0,1605	0,0977	2,2647	0,1126	0,0914	1,834
AMOSTRA 2	0,1438	0,1191	1,6112	0,1492	0,0942	1,591
AMOSTRA 3	0,1553	0,1352	1,7012	0,1767	0,1125	2,381
AMOSTRA 4	0,1703	0,1140	1,7112	0,1758	0,1058	1,575
AMOSTRA 5	0,0992	0,0566	1,5253	0,1133	0,0658	2,761
AMOSTRA 6	0,1602	0,1368	1,4727	0,1287	0,0627	2,029
MÉDIA	0,1483	0,1099	1,7144	0,1427	0,0871	2,029
DESVIO PADRÃO	0,0256	0,0298	0,2856	0,0292	0,0206	0,481

O fator ideal de anisotropia seria 1 o que indicaria nula ou idêntica alteração das dimensões nos sentidos tangencial e radial. Quanto maior o desvio entre os movimentos dimensionais nesses dois sentidos, mais alto será o fator de anisotropia, e mais prejudicado será o comportamento da madeira durante a secagem. Madeiras com um fator de anisotropia de 1,2 a 1,5 são consideradas excelentes, um fator entre 1,6 - 1,9 é considerado normal, que neste estudo é o caso do *Eucalyptus saligna* e um fator de 2,0 em diante já elimina a madeira de várias utilizações e que neste estudo é o caso do *Eucalyptus viminalis*.

9.1.3 Propriedades Mecânicas

9.1.3.1 Flexão Estática

Tabela 5 - Valores médios de MOE e MOR por espécie (kg/cm²)

	<i>Eucalyptus saligna</i>		<i>Eucalyptus viminalis</i>	
	MOE	MOR	MOE	MOR
Amostra 1	136013	924	164711	1194
Amostra 2	122943	889	171364	1246
Amostra 3	146044	1047	178578	1149
Amostra 4	142678	1058	168967	1165
Amostra 5	144912	1013	94729	951
Amostra 6	145563	1021	88524	754
Média	139692	992	144478	1076
Desvio Padrão	9000	69	41232	186

Nota-se que os valores acima demonstram mais uma vez o *Eucalyptus viminalis* como o mais resistente. Os valores encontrados são compatíveis com a literatura para ambas as espécies sendo que houve grande variação nos valores de MOE e MOR de *viminalis*, o que se justifica por ter sido constatado durante o estudo podridão em árvore viva o que seria motivo de estudos patológicos, e que pode ter afetado os resultados.

9.1.3.2 Compressão

Tabela 6 - Valores médios de compressão perpendicular por espécie (kg/cm²)

	Eucalyptus saligna		Eucalyptus viminalis	
	Radial	Tangencial	Radial	Tangencial
Amostra 1	168,708	183,342	164,165	187,642
Amostra 2	145,399	167,789	181,339	180,881
Amostra 3	166,099	259,587	156,098	181,522
Amostra 4	199,583	218,919	220,405	232,777
Amostra 5	139,635	183,443	209,394	269,738
Amostra 6	119,921	177,753	217,164	240,389
Média	156,558	198,472	191,428	215,491
Desvio padrão	27,724	34,579	27,993	37,386

Nota-se novamente a partir destes valores uma predominância do **Eucalyptus viminalis** apesar da grande variação dos resultados. Todos os valores são compatíveis com a literatura, tangencial maior que o radial.

Tabela 7 - Valores médios de compressão paralela por espécie (kg/cm²)

	<i>Eucalyptus saligna</i>		<i>Eucalyptus viminalis</i>	
	TMax	MOE	TMax	MOE
Amostra 1	439,089	158537	630,560	249425
Amostra 2	612,928	158911	634,500	234609
Amostra 3	518,775	159961	691,526	257366
Amostra 4	732,748	243709	698,787	269207
Amostra 5	560,897	125250	595,040	200397
Amostra 6	619,731	157820	577,394	221636
Média	580,695	167365	637,968	238773
Desvio padrão	99,960	39743	49,288	25176

TMax - Tensão Máxima em Compressão

Nota-se também em valores de compressão paralela a predominância do *Eucalyptus viminalis* sobre o *Eucalyptus saligna*, e os valores de módulo de elasticidade em compressão bem superiores aos de flexão o que é comprovado na literatura.

9.1.3.3 Cizalhamento

Tabela 8 - Valores médios de cizalhamento por espécie
(kg/cm²)

	<i>Eucalyptus saligna</i>		<i>Eucalyptus viminalis</i>	
	Tangencial	Radial	Tangencial	Radial
Amostra 1	112,950	96,950	151,331	107,531
Amostra 2	108,200	109,200	124,536	104,400
Amostra 3	10,3500	82,200	178,051	126,444
Amostra 4	96,300	105,000	155,263	126,126
Amostra 5	108,250	106,800	150,200	130,867
Amostra 6	119,900	96,541	125,136	111,177
Média	108,818	99,582	147,420	117,758
Desvio padrão	8,039	10,016	20,214	11,346

Aqui novamente repete-se a predoninância do *Eucalyptus viminalis* sobre o *saligna*, predominando também os valores do sentido tangencial sendo maiores que os do sentido radial. Todos os valores são compatíveis com aqueles encontrados na literatura. (Boletim nº31 - IPT).

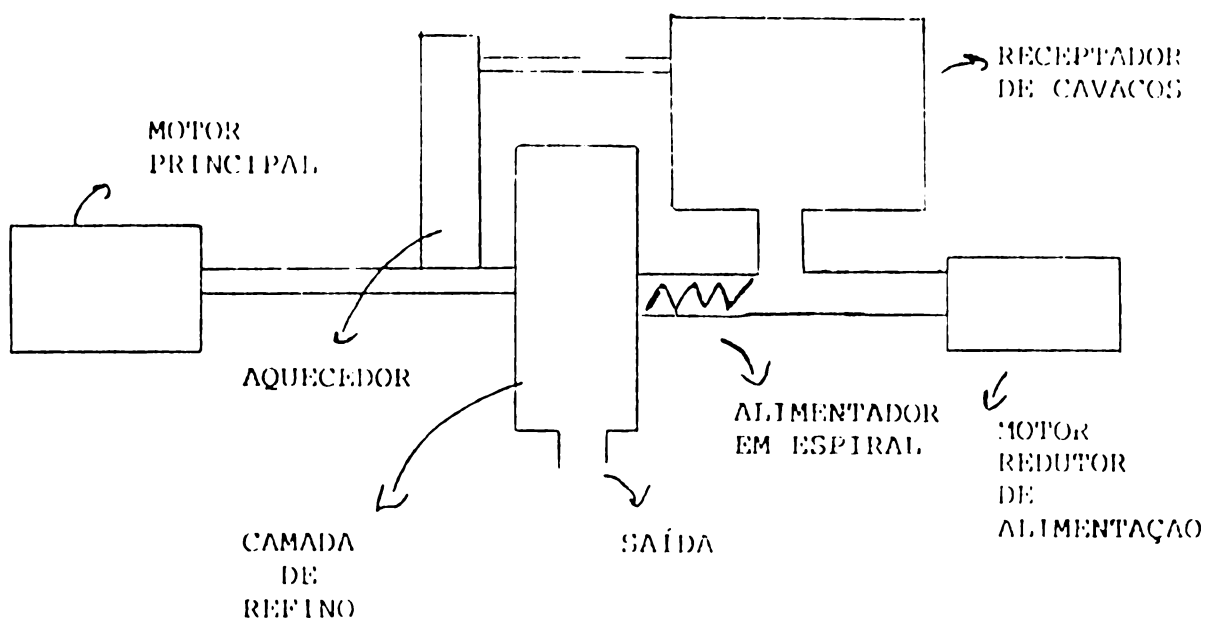
9.1.3.4 Comprimento de Fibras

O comprimento médio de fibras para o *Eucalyptus viminalis* ficou em torno de 1,1 mm e do *saligna* em torno de 0,90 mm.

9.2 PROPRIEDADES DAS CHAPAS

9.2.1 Construção dos Equipamentos

Esquema básico de construção do refinador polpação termo-mecânica.



Durante a construção do equipamento os problemas foram os mais diversos, que na sua maioria foram resolvidos principalmente no que se refere ao princípio básico de funcionamento (dinâmica da refinação) como:

Dimensionamento dos motores

Refinação → 10 HP

Alimentação → 2 HP com redutor

Transmissão → com regulagem de 0,1 mm de precisão na aproximação das placas

Camara de refino

Alimentador em espiral

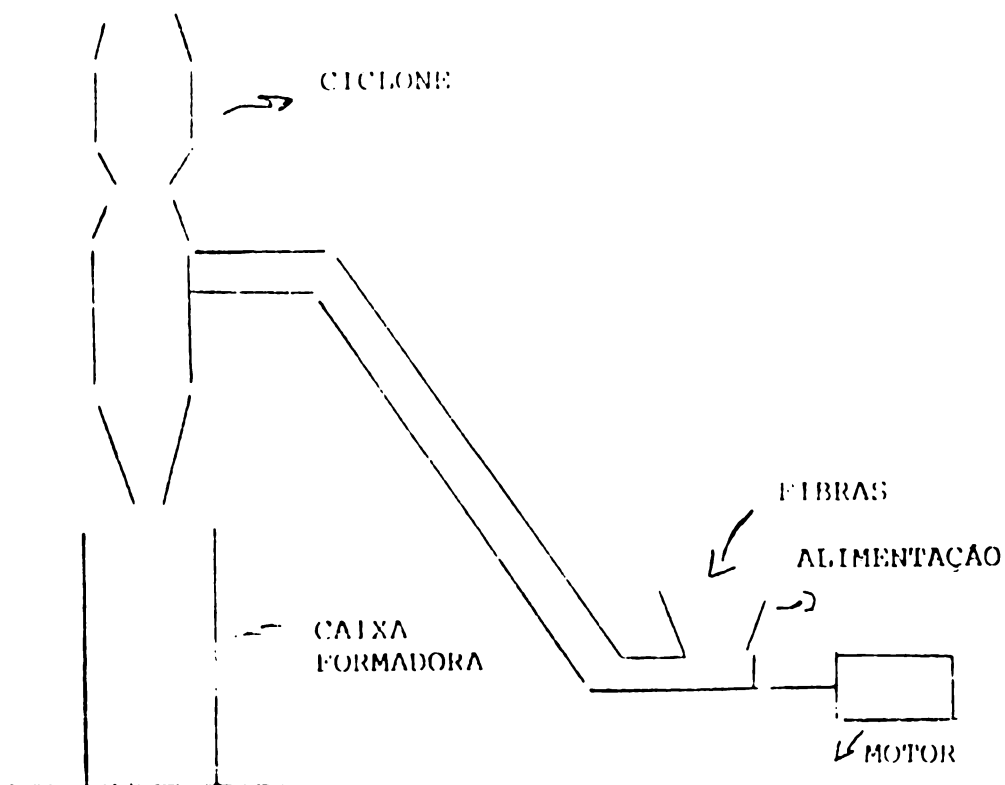
Aquecedor

Problemas que ainda terão que ser objetos de outros estudos no que se refere a eficiência do equipamento:

- a) Estudo de diferentes placas de refinação - 4 - 5 tipos;
- b) Estudo do sistema de válvula para manutenção da pressão;
- c) Estudo relacionado com segurança - pressão máxima com controles específicos.

Depois de eficientizado a nível piloto com obtenção da polpa considerada ideal, daí então, se partiria para a escala industrial com o equipamento plenamente desenvolvido.

No que se refere ao ciclone de formação, não tivemos nenhum problema quanto a sua construção nem ao seu funcionamento.



9.2.2 Propriedades das Chapas de partículas estruturais

9.2.2.1 Módulo de elasticidade e ruptura

Tabela 9 - Valores médios de MOE e MOR (kg/cm^2) a $0,65 \text{ g/cm}^3$ com 6% de adesivo fenólico por espécie

	<i>Eucalyptus saligna</i>				<i>Eucalyptus viminalis</i>			
	DENSIDADE g/cm^3	UMIDADE %	MOR	MOE	DENSIDADE g/cm^3	UMIDADE%	MOR	MOE
AMOSTRA 1	0,666	11,44	118,35	37019	0,676	11,34	184,79	36783
AMOSTRA 2	0,666	11,53	106,90	36631	0,667	11,18	216,91	38309
AMOSTRA 3	0,691	11,44	174,76	39084	0,696	11,34	218,17	39242
AMOSTRA 4	0,678	11,38	212,85	38505	0,630	11,35	162,34	36540
AMOSTRA 5	0,684	11,30	164,77	38249	0,645	11,42	153,29	33731
MÉDIA	0,677	11,42	169,53	37869	0,663	11,33	187,10	36921
DESMIO PADRÃO	0,011	0,045	39,39	892	0,026	0,088	30,06	2101

Módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) são dois importantes parâmetros particularmente no que se refere a aplicações estruturais.

Nota-se que os valores de MOR e MOE são baixos para o tipo de construção proposta, isto está em função de que a taxa de densificação quase que inexistiu em função dos pesos específicos da madeira, quando comparados com outros estudos e fundamentalmente com aqueles encontrados por KEINERT, J. [20] e OLIVEIRA, BRITO, E, [28]. De qualquer maneira as chapas fabricadas a partir do *E. saligna* são ligeiramente melhores que as de *E. viminalis* como era de se esperar.

Tabela 10 - Valores médios de MOE e MOR (Kg/cm^2) à $0,75 \text{ g}/\text{cm}^3$ com 6% de adesivo fenólico por espécie

	<i>Eucalyptus saligna</i>				<i>Eucalyptus viminalis</i>			
	DENSIDADE g/cm^3	UMIDADE %	MOR	MOE	DENSIDADE g/cm^3	UMIDADE %	MOR	MOE
AMOSTRA 1	0,766	11,32	198,78	39306	0,732	10,99	151,28	35887
AMOSTRA 2	0,777	11,36	291,77	44412	0,689	11,09	162,87	32677
AMOSTRA 3	0,732	11,34	243,74	38242	0,731	11,30	184,59	37289
AMOSTRA 4	0,774	11,11	250,79	42187	0,784	10,96	181,98	35985
AMOSTRA 5	0,742	11,42	266,17	40039	0,782	11,08	180,17	43069
MÉDIA	0,758	11,31	250,13	40797	0,744	11,08	172,18	36982
DESVIÓ PADRÃO	0,020	0,115	33,98	2393	0,040	0,133	14,46	3803

Uma das características marcantes em chapas de composição descritas através a literatura e o aumento do MOR e MOE com o aumento em densidade de chapa. No caso específico deste estudo esta diferença praticamente inexistiu em função da mesma razão explicada anteriormente ou seja a taxa de densificação praticamente inexistente principalmente no que se refere ao *Eucalyptus viminalis*. Os valores a este nível de densidade ainda são baixos quando comparados com os valores de KEINERT, J. [20] e OLIVEIRA, BRITO, E [28] .

Tabela 11 - Valores médios de ligação interna (kg/cm^2) a $0,65 \text{ g/cm}^3$ por espécie

	<i>Eucalyptus saligna</i>			<i>Eucalyptus viminalis</i>		
	Densidade g/cm^3	Umidade %	LI	Densidade g/cm^3	Umidade %	LI
Amostra 1	0,666	11,44	14,640	0,676	11,34	12,806
Amostra 2	0,666	11,53	13,309	0,667	11,18	16,468
Amostra 3	0,691	11,44	13,044	0,696	11,34	13,838
Amostra 4	0,678	11,38	12,867	0,630	11,35	16,250
Amostra 5	0,684	11,30	12,624	0,645	11,42	16,442
Média	0,677	11,42	13,289	0,663	11,33	15,161
Desvio padrão	0,011	0,045	0,795	0,026	0,088	1,7198

A ligação interna (LI) é uma propriedade fundamental no que diz respeito a qualidade de colagem e balanço da construção. Também a sua análise conforme a literatura é bastante controversa. Neste estudo específico nota-se a $0,65 \text{ g/cm}^3$ uma ligeira predominância do *Eucalyptus viminalis* sobre o *Eucalyptus saligna* o que não era de se esperar. Os valores encontrados são compatíveis com os da literatura em geral e com os encontrados por KEINERT. J. [20] e OLIVEIRA, BRITO E. [28].

Tabela 12 - Valores médios de ligação interna (kg/cm^2) a $0,75 \text{ g}/\text{cm}^3$ por espécie

	<i>Eucalyptus saligna</i>			<i>Eucalyptus viminalis</i>		
	Densidade g/cm^3	Umidade %	LI	Densidade g/cm^3	Umidade %	LI
Amostra 1	0,766	11,32	13,359	0,732	10,99	14,564
Amostra 2	0,777	11,36	16,131	0,689	11,09	15,593
Amostra 3	0,732	11,34	13,894	0,731	11,30	13,825
Amostra 4	0,774	11,11	15,087	0,784	10,96	14,419
Amostra 5	0,742	11,42	16,060	0,782	11,08	12,886
Média	0,758	11,31	14,906	0,744	11,08	14,574
Desvio padrão	0,020	0,118	1,253	0,040	0,133	0,9965

Nota-se neste caso o inverso do anterior ou seja agora uma predominância do *Eucalyptus saligna* sobre o *Eucalyptus viminalis*, e também não havendo praticamente diferença entre os valores encontrados para ambas as espécies a níveis diferentes de densidades de chapa. Tudo isto demonstra o comportamento irregular da propriedade ligação interna. Os valores são compatíveis com os encontrados na literatura.

9.2.2.2 Expansão Linear

Tabela 13 - Valores médios de expansão linear (%) a 0,65 g/cm³ por espécie

	<i>Eucalyptus saligna</i>			<i>Eucalyptus viminalis</i>		
	Densidade g/cm ³	Umidade (%)	EL	Densidade g/cm ³	Umidade (%)	EL
Amostra 1	0,666	11,44	0,222	0,676	11,34	0,211
Amostra 2	0,666	11,53	0,176	0,667	11,18	0,216
Amostra 3	0,691	11,44	0,212	0,696	11,34	0,181
Amostra 4	0,678	11,38	0,27	0,630	11,35	0,248
Amostra 5	0,684	11,30	0,198	0,645	11,42	0,199
Média	0,677	11,42	0,209	0,663	11,33	0,2110
Desvio padrão	0,011	0,045	0,023	0,026	0,088	0,0247

Expansão linear tanto quanto MOE e MOR é uma propriedade importante quando os painéis são usados para propósitos estruturais. Alguns cientistas tem chegado a conclusão que a expansão linear aumenta com o aumento da densidade de chapa, outros não tem definido isto claramente. Olhando os resultados da Tabela 13 a 0,65 g/cm³ praticamente não existe diferença entre chapas fabricadas de *Eucalyptus saligna* e *viminalis*. Os valores encontrados são compatíveis com a literatura KEINERT, J. [20] e OLIVEIRA, BRITO, E. [28].

Expansão linear tanto quanto MOE e MOR e uma propriedade importante quando os painéis são usados para propósitos estruturais. Alguns cientistas tem chegado a conclusão

que a expansão linear aumenta com o aumento da densidade de chapa, outros não tem definido isto claramente. Olhando os resultados da Tabela 13 a $0,65 \text{ g/cm}^3$ praticamente não existe diferença entre chapas fabricadas de *Eucalyptus saligna* e *viminalis*. Os valores encontrados são compatíveis com a literatura KEINERT, J. [20] e OLIVEIRA, BRITO, E. [28].

Tabela 14 - Valores médios de expansão linear (%) a $0,75 \text{ g/cm}^3$ por espécie

	<i>Eucalyptus saligna</i>			<i>Eucalyptus viminalis</i>		
	Densidade g/cm^3	Umidade %	LI	Densidade g/cm^3	Umidade %	LI
Amostra 1	0,766	11,32	0,193	0,732	10,99	0,383
Amostra 2	0,777	11,36	0,211	0,689	11,09	0,353
Amostra 3	0,732	11,34	0,222	0,731	11,30	0,378
Amostra 4	0,774	11,11	0,240	0,784	10,96	0,259
Amostra 5	0,742	11,42	0,220	0,782	11,08	0,200
Média	0,758	11,31	0,217	0,744	11,08	0,316
Desvio padrão	0,020	0,118	0,0177	0,040	0,133	0,0784

Este estudo demonstra um ligeiro aumento da expansão linear para chapas de *Eucalyptus saligna* em função do aumento da densidade de chapa, e um aumento bastante significativo para as chapas fabricadas de *Eucalyptus viminalis*.

9.2.2.3 Inchamento em espessura

Tabela 15 - Valores médios de inchamento em espessura (%) a $0,65 \text{ g/cm}^3$ por espécie.

	<i>Eucalyptus saligna</i>			<i>Eucalyptus viminalis</i>		
	Densidade g/cm^3	Umidade %	IE	Densidade g/cm^3	Umidade %	IE
Amostra 1	0,666	11,44	3,628	0,676	11,34	6,394
Amostra 2	0,666	11,53	5,253	0,667	11,18	3,279
Amostra 3	0,691	11,44	1,137	0,696	11,34	3,959
Amostra 4	0,678	11,38	0,796	0,630	11,35	3,236
Amostra 5	0,684	11,30	1,783	0,645	11,42	3,112
Média	0,677	11,42	2,501	0,663	11,33	3,996
Desvio padrão	0,011	0,045	1,90	0,026	0,088	1,381

Inchamento em espessura é outra propriedade importante quando se considera a utilização final de chapas. É bem documentado na literatura que não existe uma clara relação entre inchamento em espessura e densidade de chapa.

Neste estudo pode-se notar claramente uma diferença entre chapas fabricadas de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus viminalis* sendo aquelas de *Eucalyptus viminalis* as de maior valor a $0,65 \text{ g/cm}^3$. Os valores de inchamento em espessura neste estudo são muito baixos quando comparados com a literatura KEINERT, J. [20] e OLIVEIRA BRITO, E. [28] isto se justifica pela praticamente inexistente taxa de densi-

ficação.

Tabela 16 - Valores médios de inchamento em espessura (%)
por espécie

	Eucalyptus saligna			Eucalyptus viminalis		
	Densidade g/cm ³	Umidade %	IE	Densidade g/cm ³	Umidade %	IE
Amostra 1	0,766	11,32	4,384	0,732	10,99	7,065
Amostra 2	0,777	11,36	6,369	0,689	11,09	9,244
Amostra 3	0,732	11,34	4,936	0,731	11,30	5,190
Amostra 4	0,774	11,11	3,713	0,784	10,96	7,908
Amostra 5	0,742	11,42	7,006	0,782	11,08	7,034
Média	0,758	11,31	5,282	0,744	11,08	7,298
Desvio Padrão	0,020	0,118	1,373	0,040	0,133	1,434

Nota-se pelos valores que neste estudo a densidade de chapa influenciou os resultados de inchamento em espessura ficando os das chapas fabricadas a 0,75 g/cm³ bem acima daqueles de 0,65 g/cm³. Mais uma vez fica evidenciado a baixa taxa de densificação e a predominância do **Eucalyptus saligna** com valores mais baixos.

9.2.3 Chapas de fibras de média densidade

Tabela 17 - Valores médios das diversas propriedades por espécie a 10% de adesivo uréia formol

	<i>E. saligna</i>	<i>E. viminalis</i>
Densidade (g/cm ³)	0,75	0,76
Umidade (%)	11,50	11,75
MOE (kg/cm ²)	38.000	35.150
MOR (kg/cm ²)	191	165
Ligação interna (kg/cm ²)	14,7	14,2
Expansão Linear (%)	0,127	0,148
Inchamento em espessura (%)	3,805	4,525

Os resultados relativos a chapas de fibras são resultados ainda de certa forma preliminares pois devido ao atraso na fabricação dos equipamentos só podemos fabricar algumas chapas .

Quanto aos resultados, podemos notar uma certa isotropia das chapas ou seja comportamento bastante estável e uniforme, de qualquer maneira o *Eucalyptus saligna* como matéria-prima se revelou melhor em todas as propriedades.

10 CONCLUSÕES

- 10.1 As duas espécies de Eucalyptus tanto o **saligna** como o **viminialis** apresentam diferenças em diversas de suas propriedades físicas e mecânicas sendo a mais importante o peso específico. Esta diferença é refletida na maioria das propriedades testadas.
- 10.2 Os equipamentos fabricados especificamente para este trabalho, tanto o refinador de polpação termo-mecânica como o ciclone de formação serviram a seus propósitos, com dificuldades no ajuste principalmente no refinador, o que acarretou certo prejuízo ao estudo devido a exiguidade do tempo.
- 10.3 Todas as propriedades determinadas tanto para chapas de partículas estruturais como de fibras de média densidade, preenchem perfeitamente os requisitos do padrão comercial CS 236-66 recomendando-as principalmente para o uso moveleiro.
- 10.4 Devido aos altos pesos específicos das espécies a taxa de densificação das chapas foi muito baixa prejudicando principalmente os valores de módulo de elasticidade e ruptura.

SUJESTÕES E RECOMENDAÇÕES

- 10.5 Nos parece recomendável que no ítem equipamentos, deveria se continuar a estudar e aperfeiçoar o refinador por ser um equipamento perfeitamente patenteável tanto a nível piloto como industrial, o desenvolvimento tecnológico deste tipo de equipamento é inédito em nosso país.
- 10.6 Numa próxima fase seria então a divulgação com estudos de mercado e econômicos das chapas fabricadas atingindo basicamente a indústria moveleira.
- 10.7 Estudar Eucalyptus ou Pinus em torno dos 7 anos de idade por provavelmente serem de pesos específicos bem menores facilitando assim a fabricação de chapas de composição.

11 LITERATURA CITADA

1. American Society for Testing and Materials. 1978. ASTM Standards, Wood; Adhesive, Philadelphia, Pa.
2. Anon. 1976. Eucalyptus for Planting (draft). For: Misc/70/10 (fao: Rome).
3. Bamber, R.K. and Humphreys, F.R. 1963. A preliminary Study of Some Wood Properties of E. grandis (Hill Maiden J. Inst. Wood Science II (63-70).
4. Brubaugh, J.I. 1960. Effect of Flake Dimensions on Properties of Particleboard. For. Prod. J. 10 (5) (243-246).
5. Burley, J., Posner, T., and Waters, P. 1970. Sampling Techniques for Measurement of Fibre Length in Eucalyptus Species. Wood Science and Technology, Vol. 4 (240-245).
6. Carter, W.G. 1974. Growing and Harvesting Eucalyptus on Short Rotations for Pulping. Aust. For 36 (214 - 225).

7. Commercial Standard CS 236-66 - Mat. Formed Wood Particleboard 1968.
8. Forwood. 1975. Report of the Forestry and Wood Based Industries Development Conference (Aust. Govt. Publ. Serv: Camberra).
9. Gatchell. C.J., Heebink, B.G. and Hefty, F.J. 1966. Influence of Component Variables on Properties of Particleboard for Exterior Use. For. Prod. J.V. 16 (4) (46-53).
10. Geimer, R.L. Montrey, H.M. and Lehmann, W.F. 1975. Effects of Layer Characteristics on the Properties of Three-Layer Particleboards. For. Prod. J. 25(3) (19-29).
11. Gertjenjansen, R., Hyvarinen, M., Haygreen, J., and French, D. 1973. Physical Properties of Phenolic Bonded Wafer-Type Particleboard from Mixture of Aspen Paper Birch, Tamarack. For. Prod. J. 23 (6) (24-28)
12. Guha, S.R.D., Sharma, Y.K, and Jadhau, A.G. 1965. Chemical Pulps for Writing and Printing Papers from Eucalyptus robusta . Indian For. 91 (5) (924-296).
13. Guha, S.R.D. et al. 1967. Chemical, Semi Chemical and Mechanical Pulps from Eucalyptus grandis. Indian.For. 93 (6) (360-372).

14. Halligan, A.F. 1970. A Riview of Tchickness Swelling in Particleboard. Wood Science and Technology 4 (4) (301-312) 73 ref.
15. Halligan, A.F. and Schniewind, A.P. 1972. Effect of Moisture on Physical and Credd Properties of Particleboard. For. Prod. J. 22 (4) (41-48).
16. Heebink, B.G., Hann, R.A., and Haskell, H.H. 1964. Particleboard Quality as Affected by Planer Shaving Geometry. For. Prod. J. 14 (10) (486-494).
17. Hilles, W.E. and Brown, A.G. 1978. Eucalyptus for Wood Production. Csiro, Australia.
18. HSE, C-Y 1974. Reaction Catalysts of Urea-formaldehyde Resins as Related to Strength Properties of Southern Pine Particleboard. J. Jap. Wood. Res. Soc. 20 (11) (538-540).
19. HSE, C-Y . 1975. Properties of Flakeboards from Hardwoods Growing on Southern Pine Sites. For. Prod. J. 25 (3) (48-53).
20. Kinert, J.S. 1980. Laboratory evaluation of Eucalyptus grandis and Eucalyptus robusta for the manufacture of composition board. Ph.D. Dissertation - MSU.

21. Kelly, M.W. . 1977. Critical Literature Review of Relationships Between Processing Parameter and Physical Properties of Particleboard. U.S.D.A. For. Serv. General Tech. Rep. FPL-10. For. Prod. Lab. Madison, Wisconsin.
22. Kimoto, R., Ishimoir, E., Sasaki, H. and Maku, T. 1964. Studies on Particleboards VI. Effects of Resin Content and Particle Dimension on The Physical and Mechanical Properties of Low Density Paeticleboards. Wood Res. Kyoto U. 32 (1-14).
23. Kollmann, F.P., Kuenzi, E. W. and Stamm, A.J. 1975. Principles of Wood Science and Technology. Vol. I and II. Springer-Verlag, New York, pp. 703.
24. Lehmann, W.F. 1974. Properties of Strutural Particleboard. For. Prod. J. 24 (1) (19-26).
25. Lehmann, W.F. and Hefty, E.J. 1973. Resin Efficiency and Dimensional Stability of Flakeboards. U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. FPL 207 For. Prod. Lab. Madison, Wisconsin.
26. Lehamnn, W.F. 1970. Resin Efficiency in Particleboard as Influenced by Density, Atomization, and Resin Content. For. Prod. J. 20 (11) (48-54).

27. Maloney, T.M. 1975. Use of Short-Retention-Time Blenders with Large-Flake Furnishes. For. Prod. J. 25 (5) 21-29
28. Oliveira Brito, E. 1984. Viabilidade de Utilização de espécies de Pinus para produção de chapas estruturais Curitiba.
29. Penfold, A.R. and Willies, J.L. 1961. The Eucalyptus. World Crop Books. London.
30. Plath, L. and Schnitzler, E. 1974. The Density Profile A Criterion for Evaluating Particleboard. Holz Roh Werkst. 32(11) (443-449).
31. Post, P.W. 1961. Relationship of Flake Size and Resin Content to Mechanical and Dimensional Properties of Flakeboard. For. Prod. J. 11 (1) (34-37).
32. Roffael, E. and Rauch, W. 1972. Influence of Density on the Swelling Behavior of Phenolic-Resin Bonded Particleboards. Holz Roh Werkst. 30 (5) (178-181).
33. Rudolph, J.J., Simões, J.W. and James, L.M. 1978. Forestry in Brazil : An Awakening Giant. Journal of Forestry Vol. 76 Nº. 12. (784-786).
34. Srivastava, J.S. and Mathur, G.M. 1967. Chemical Pulps for Writing and Printing Papers from Eucalyptus grandis Indian Pulp and Paper Calcutta. 19 (3) (215-216).

35. Stewart, H.A. and Lehmann, W.F. 1973. High Quality Particleboard from Cross Grain Knife Planed Hardwood Flakes. For. Prod. J. 23 (8) (52-60).
36. Strickler, M.D. 1959. Effect of Press Cycle and Moisture Content of Properties of Douglas - Fir Flake-Board. For. Prod. J. 9 (7) (203-205).
37. Suchsland, O., Lyon, D.E., dan Short, P.E. 1978. Selected Properties of Commercial Medium Density Fiberboards. For. Prod. J. 28 (9) (45-48).
38. Suchsland, O. 1972. Linear Hygroscopic Expansion of Selected Commercial Particleboards. For. Prod. J. 22 (11) (28-32).
39. Suchsland, O. and Woodson, E.G. 1976. Properties of Medium Density Fiberboard Produced in an Oil Heated Laboratory Press. South. For. Exp. Sta. Res. Pap. SO 116.
40. Suchsland, O. 1977. Compression Shear Test for Determination of Internal Bond Strength in Particleboard. For. Prod. J. (27) (1) (32-36).
41. Taylor, F.W. 1972. Anatomical Wood Properties of South African Grown Eucalyptus grandis. S. Afr. For. Journal. 80 (20-24).

42. Turner, H.D. 1954. Effect of Particle Size and Shape on Strength and Dimensional Stability of Resin Wood, Particle Panel. For. Prod. J. 4 (5) (210-222).

43. Vital, B.R., Lehmann, W.F. and Boone, R.J. 1974. How Species and Board Densities Affect the Properties of Exotic Hardwood Particleboards. For. Prod. J. 24 (12) (37-45).