

MARIO HONDA

ESTUDO DA PERMEABILIDADE PARA A TRATABILIDADE DE
EUCALYPTUS CITRIODORA HOOK, *E. PANICULATA* SM., *E.*
TERETICORNIS SM. E *E. UROPHYLLA* S.T. BLAKE

Dissertação submetida à consideração
da Comissão Examinadora, como requis
sito parcial na obtenção de Título de
"Mestre em Ciências - M.Sc.", no Curs
so de Pós-Graduação em Engenharia Flor
estal do Setor de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA
1980

À Elisabeth

Cláudia, Hugo, Marcelo e Roberta

Dedico

tímulo em todas as fases do trabalho e aos meus filhos Cláudia, Hugo, Marcelo e Roberta.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) por proporcionar os meios necessários para a execução deste trabalho.

CURRICULUM VITAE

Nome: MARIO HONDA

Residência: SQS 305, bloco "A", aptº 602 - Brasília - D.F.

Naturalidade: Amazonense Nacionalidade: Brasileira

Filiação: Mitsue Honda e Shizukó Honda

Data de Nascimento: 18.08.1939 Estado Civil: Casado

CURSOS:

Licenciado em História Natural pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Preto, São Paulo. Participou de Cursos de Treinamento em "Forest Products and Forestry Mechanization" (Nunata-Japão), "Sawmilling, Kiln Drying, Manufacturing of Flooring Board & Plywood" (Hokkaido-Japão), "Fimber Harvesting, Wood Technology and Products Chemistry" (Tóquio - Japão), "Forestry and Forest Products Research" (Tóquio - Japão), "Comportamento da Madeira Submetida a Esforços Mecânicos e Tratamentos Tecnológicos, sob o Ponto de Vista de sua Estrutura Macro, Micro e Submicroscópica" (Curitiba-PR), "Problemas Escolhidos sobre Técnicas de Processamento na Indústria Madeireira" (Curitiba-PR), "Defeitos da Madeira" (Curitiba-PR).

ESTÁGIO:

No Setor de Anatomia de Madeiras do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo.

BOLSAS DE ESTUDO:

- Pesquisador Adjunto, Classe B, concedida pelo Conselho Nacional de Pesquisa em 1973.

- Bolsa de treinamento para o Japão, concedida pela Overseas Technical Cooperation Agency - Japão em 1973.

FUNÇÕES EXERCIDAS

- Responsável pelo Laboratório de Anatomia de Madeiras do INPA, em 1969.
- Diretor da 1ª Divisão do INPA, em 1974.
- Diretor substituto do INPA, conforme designação do Exmo. Sr. Presidente do CNPq, em 1975.

PARTICIPAÇÃO EM PROJETOS DE PESQUISA

- Projeto de Pesquisa estabelecido pelo Convênio 28/76 entre SUDESUL - IBDF - Gov. Estado do Paraná.
- Projeto de Pesquisa estabelecido pelo Convênio entre PRESERVA Produtos Químicos S/A - Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná.

TRABALHOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS

- Contribuição ao Estudo do Lenho do Gênero Vochysia da Amazônia Brasileira. I - Vochysia quianensis Aubl. V. obscura Warm. e V. inundata Ducke. Bol. INPA; Pesquisas Florestais, Manaus, 5.
- Contribuição ao Estudo do Lenho do Gênero Vochysia da Amazônia Brasileira. II - Vochysia maxima Duche, V. vismiifolia Spruce ex. Warm e V. rufa Mart. Bol. INPA; Pesquisas Florestais, Manaus, 16.
- Nota Prévia sobre RUTACEAE Nova da Amazônia. Acta Amazonica, I(1) : 24. (Em coautoria com Byron W.P. Albuquerque).
- Madeiras denominadas UCUUBA. I - Vicinia divergens Ducke e V. multinervia Ducke. Acta Amazonica, I(2): 79 - 83.
- Contribuição ao Estudo Anatômico de cinco SAPOTACEAE da Amazônia. Acta Amazonica, I(3): 71 - 83
- RUTACEAE Nova Amazônica. Acta Amazonica, II(3): 49 - 54 (Em coautoria com Byron W.P. Albuquerque).

S U M Á R I O

	Página
Lista de abreviaturas.....	VIII
Lista de figuras	IX
Lista de quadros	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. PERMEABILIDADE	5
2.1.1. DEFINIÇÕES GERAIS	5
2.1.2. MADEIRA EM GERAL	7
2.1.2.1. CONÍFERAS	8
2.1.2.2. FOLHOSAS	9
2.1.2.2.1. ASPECTOS MACROSCÓPICOS	9
2.1.2.2.2. INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES TIPOS DE CÉLULAS..	10
2.1.3. DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE	12
2.1.3.1. FLUXOS DE GASES E LÍQUIDOS	12
2.1.3.2. MÉTODOS POR ABSORÇÃO	15
2.1.4. PERMEABILIDADE DE <i>EUCALYPTUS</i>	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. MATERIAL	25
3.2. MÉTODOS	26
3.2.1. AVALIAÇÃO POR PESOS	26
3.2.2. VEDAÇÃO DAS AMOSTRAS	27

	Página
3.2.3.	INSTALAÇÕES PARA O TRATAMENTO 28
3.2.4.	LÍQUIDO PRESERVATIVO 29
3.2.5.	TRATAMENTOS REALIZADOS 29
3.2.6.	ANÁLISES DOS TRATAMENTOS 30
3.2.6.1.	ANÁLISE QUANTITATIVA POR ABSORÇÃO 30
3.2.6.2.	ANÁLISE QUALITATIVA 30
3.2.7.	AValiação estatística 30
4.	RESULTADOS 32
4.1.	PERMEABILIDADE DAS 4 ESPÉCIES ESTUDADAS ... 32
4.2.	CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES EM CLASSES DE TRA TABILIDADE 40
4.3.	COMPARAÇÃO DA PERMEABILIDADE DE <i>EUCALYPTUS</i> COM OUTRAS ESPÉCIES 40
5.	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES 44
6.	RECOMENDAÇÕES 49
	RESUMO 50
	SUMMARY 52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 54
	APÊNDICE 58

LISTA DE ABBREVIATIONS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene

CCA - Chromium-Copper-Arsenic

CCB - Chromium-Copper-Boron

DAP - Diameter at chest height

EMK - Ethyl-Methyl-Cetone

SUDESUL - Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul

LISTA DAS FIGURAS

Figura		Página
1	Modelo para o fluxo longitudinal em folhosas	58
2	Aparelho para medir a permeabilidade de líquidos	59
3	Célula do aparelho para medir o fluxo transversal de gases	60
4	Aparelho para medir a permeabilidade de gases	61
5	Aparelho para medir a permeabilidade aos gases	62
6	Aparelho para medir a permeabilidade de líquidos	63
7	Aparelho para medir a absorção de líquidos ..	64
8	Corpos de prova de <i>Eucalyptus</i> utilizados para determinação de sua permeabilidade pelo método de absorção	65
9	Unidade de tratamento construída para a realização dos testes de permeabilidade em madeiras de <i>Eucalyptus</i>	66
10	Representação da absorção média (K ₃), segundo as espécies, direção, penetração e alburno/cerne.....	67

LISTA DOS QUADROS

Quadro		Página
01	Classes de tratabilidade de madeira	17
02	Classificação das madeiras de folhosas em <u>a</u> grupamento, segundo as seguintes <u>considera</u> <u>ções</u> : A - Absorção da madeira com 12-14% de umidade, em relação à absorção média (%); B - Distribuição do preservativo a uma distância de 1 cm da extremidade impermeabilizada (%) e I , II, III e IV referem-se às classes de <u>ma</u> <u>deira</u> segundo Mc QUIRE; ¹³	18
03	Agrupamentos da qualidade de permeabilidade .	19
04	Avaliação para o cálculo da absorção	68
05	Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento do tratamento e da absorção do preser vativo (K%) por árvore nas 3 direções da <u>es</u> <u>pécie</u> <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook	69
06	Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento do tratamento e da absorção do preser vativo (K%) por árvore nas 3 direções da <u>es</u> <u>pécie</u> <i>Eucalyptus paniculata</i> Sm	70
07	Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento do tratamento e da absorção do preser	

	vativo (K%) por árvore nas 3 direções da <u>es</u> pécie <i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm	71
08	Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento do tratamento e da absorção do preser vativo (K%) por árvore nas 3 direções da <u>es</u> pécie <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake	72
09	Valores médios do conteúdo de umidade (U%) e da absorção do preservativo (K%), nas 3 dire ções de penetração, das 4 espécies estudadas	
10	Absorção média (K%) em porcentagem nas 3 di reções de penetração das 4 espécies estudadas, com o teor de umidade da madeira entre 12,61% e 13,09%	33
11	Análise de variância para absorção do albur no das 4 espécies de <i>Eucalyptus</i>	33
12	Análise de variância para absorção do cerne das 4 espécies estudadas	34
13	Comparação das médias de absorção entre as 3 direções do alburno das 4 espécies	35
14	Comparação das médias de absorção entre as 3 direções do cerne das 4 espécies	36
15	Comparação das médias de absorção entre as 3 direções do cerne das 4 espécies	37
16	Comparação das médias de absorção entre o al burno das 4 espécies estudadas	37
17	Comparação das médias de absorção entre o cer ne das 4 espécies estudadas	38

Quadro		Página
18	Comparação das médias de absorção entre o cerne das 4 espécies estudadas	39
19	Classificação da tratabilidade das 4 espécies estudadas	41
20	Classificação da Permeabilidade das 4 espécies estudadas	42
21	Comparação da permeabilidade das 4 espécies de <i>Eucalyptus</i> com outras espécies	43

1. INTRODUÇÃO

A maioria das espécies do gênero *Eucalyptus* é nativa da Austrália, e a data de sua introdução no Brasil, não está determinada com segurança. ANDRADE¹, faz referências aos anos de 1855, 1856, 1867, 1868 e 1870. Entretanto para RODRIGUES*, citado por ANDRADE¹, o eucalipto foi introduzido no Brasil muitos anos antes (1824 - 1829).

A madeira das espécies do gênero *Eucalyptus* tem o mais amplo emprego no Brasil. Com a carência das madeiras de lei, o eucalipto apresenta-se como alternativa para o suprimento de moitões, dormentes e especialmente para postes de eletrificação e comunicações, além de apresentar também, possibilidades de uso para outros fins, como por exemplo, o da construção civil.

Entre as espécies de eucalipto mais conhecidas no Brasil, as seguintes podem ser citadas: *Eucalyptus citriodora* Hook, *E. grandis* Hill ex Maiden, *E. paniculata* Sm, *E. punctata* D.C., *E. resinifera* Sm, *E. robusta* Sm, *E. saligna* Sm, *E. tereticornis* Sm e *E. urophylla* S.T. Blake.

Segundo KARSTEDT & GLOGER¹¹, até 1978 o Brasil consumia aproximadamente 86.000 m³ de postes de madeira tratada e 6.000.000 de dormentes tratados anualmente, sendo, em am

* RODRIGUES, J.B. *Hortus Fluminensis*, 1894.

bos os casos, constituídos em sua grande maioria por espécies de *Eucalyptus*.

Com o grande desenvolvimento nos campos energético e das comunicações, e com os programas de novas ferrovias, as necessidades de postes e dormentes tratados tiveram um notável crescimento, não sendo por isso surpreendente que a sua utilização por empresas do governo fosse regulamentada pela Lei nº 4.997, de 20 de outubro de 1965 e pelo Decreto-Lei nº 58.016, de 18 de março de 1966. Entretanto, somente a partir de 1973, a madeira tratada recebeu a sua normalização através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Com o recente Programa de Eletrificação Rural do Governo, o consumo de postes tratados exigirá uma produção maior que a atual.

A maioria dos tratamentos de postes de madeira era, até 1975, feita com preservativos oleossolúveis Creosoto e Pentaclorofenol. Contudo, a partir de 1976, houve um aumento na utilização dos preservativos hidrossolúveis, como por exemplo, Cromo/Cobre/Arsênio (CCA) e Cromo/Cobre/Boro (CCB) fabricados no Brasil, e no ano de 1977, 59,96% dos postes já eram tratados com preservativos hidrossolúveis, reduzidos assim para 40,04% o número de postes tratados com preservativos oleossolúveis (GERALDO & CAVALCANTE⁸).

Experiências realizadas em outros países, como a Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Inglaterra, têm mostrado a existência de preservativos qualificados e eficazes na imunização da madeira para uso externo. Contudo, a qualidade do preservativo isoladamente, nem sempre é suficiente para uma boa imunização: é igualmente importante que a madeira aceite o preservativo a um nível julgado satisfatório para o seu de

sempenho em serviço (PURSLOW & REDDING¹⁶), isto é, o preservativo deve ser absorvido em quantidade adequada e penetrar profunda e homogeneamente na madeira maciça. Em outras palavras, é importante conhecer a permeabilidade específica de cada madeira antes de submetê-la a qualquer tipo de tratamento preservativo, pois sem este conhecimento, mesmo o melhor método de tratamento não proporcionará a necessária proteção à madeira.

Ultimamente, no Brasil, têm-se notado muitas dificuldades quanto à durabilidade de postes de eucalipto tratados e instalados, principalmente em linhas de transmissão elétrica, provocadas por ataque de cupins e de fungos causadores de podridão mole, reduzindo a durabilidade média desses postes para somente 5 anos, aproximadamente. Isto tem trazido grandes prejuízos para o prestígio da madeira tratada, provocando o seu descrédito no mercado. Estes fatos podem ser decorrentes dos seguintes fatores:

- Classificação inadequada dos postes a serem tratados (relação alburno/cerne).
 - Condições inadequadas de armazenamento antes e depois do tratamento, e durante o período de fixação do preservativo.
 - Falta de conhecimento sobre a permeabilidade, entre e dentro das espécies de eucalipto.
 - Falta de conhecimento sobre os fatores inerentes às condições da madeira a ser tratada (conteúdo de umidade, rachaduras, etc.).
- Falta de programas de tratamento conjunto para estudo comparativo entre diferentes espécies.

- Controle de qualidade deficiente.

Na intenção de contribuir para o desenvolvimento de uma melhor qualidade de tratamento de madeiras a níveis técnico e prático, bem como melhorar o atual conceito da madeira tratada no Brasil, o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

- a) Identificar as permeabilidades de *Eucalyptus citriodora Hook, E. paniculata Sm, E. tereticornis Sm, e E. urophylla S.T. Blake, as mais conhecidas no Brasil.*
- b) Comparar a permeabilidade entre estas espécies.
- c) Comparar a permeabilidade das espécies estudadas com outras espécies.
- d) Classificar as 4 espécies por qualidade de imunização nas condições práticas das usinas de tratamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PERMEABILIDADE

2.1.1 DEFINIÇÕES GERAIS

A permeabilidade aos líquidos é uma propriedade que exerce uma influência marcante na impregnação da madeira por soluções preservativas.

A permeabilidade pode ser definida como "a facilidade com que um líquido flue através de um material poroso, sob a influência de um gradiente de pressão" (SIAM²²). Similarmente, WILKINSON²⁶ define a permeabilidade como "a facilidade com que os líquidos fluem sob pressão, através de um material poroso".

A teoria geral que procura calcular a permeabilidade da madeira aos líquidos, é baseada na Lei de Darcy, expressa como:

$$k = \frac{\text{Fluxo}}{\text{Gradiente}} = \frac{\frac{V}{tA}}{\frac{\Delta P}{L}} = \frac{VL}{tA\Delta P} \quad \text{onde:}$$

$$k = \text{Permeabilidade, } \frac{\text{cm}^3 \text{ (líquido)}}{\text{cm} \cdot \text{atm} \cdot \text{seg}} \text{ ou } \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{cm}}{\text{dina} \cdot \text{seg}}$$

$$V = \text{Volume do líquido que passa através da amostra, cm}^3 \text{ (líquido)}$$

t = Tempo do fluxo (seg)

L = Comprimento da amostra na direção do flu
xo (cm)

A = Área transversal da amostra, perpendicular à
direção do fluxo (cm^2)

ΔP = Diferença de potencial ou de pressão entre
os extremos da amostra (atm ou dina/cm^2).

Apesar da Lei de Darcy ter sido formulada para a permeabilidade aos gases, ela é aplicada também para líqui
dos, desde que o fluxo de líquidos e o gradiente de pressão se
jam constantes no espaço e no tempo.

SIAU²², propôs o modelo representado na Fig. 1, Apêndice, para calcular o fluxo longitudinal de líquidos na madeira de folhosas. Neste modelo, somente os vasos são consi
derados devido a seus grandes diâmetros, quando comparados com os diâmetros das aberturas das pontuações.

De acordo com a Lei de Poisseuille (SIAU²²) , o fluxo viscoso é calculado através da equação:

$$Q = \frac{R^4 \Delta P}{8 \eta L}, \text{ onde:}$$

Q = Volume do líquido ou gás passando (cm^3/seg)

R = Raio do capilar (cm)

ΔP = Pressão diferencial (dina/cm^2)

η = Viscosidade do líquido ou gás

L = Comprimento do capilar

Se numa seção transversal de uma peça de madeira
há existem "N" capilares paralelos, a equação acima pode ser
expressa como:

$$Q = \frac{N \tilde{\gamma} R^4 \Delta P}{8 \eta L}$$

Considerando-se que o fluxo de líquidos através dos capilares é uma função do coeficiente de permeabilidade, da pressão diferencial e da distância L , teremos:

$$Q = \frac{k_L \cdot A \cdot \Delta P}{L} = \frac{N \tilde{\gamma} R^4 \Delta P}{8 \eta L}$$

Sendo $N = A \cdot n$, teremos $k_L = \frac{n \tilde{\gamma} R^4}{8 \eta}$ onde:

k_L = Permeabilidade longitudinal

R = Raio dos capilares

$n = N/A$ = Número de capilares por mm^2 da área transversal.

Segundo esta equação, aplicada para o fluxo viscoso dos líquidos, a permeabilidade longitudinal das folhosas, depende somente da concentração e do raio de seus vasos e da viscosidade do fluido (SIAU²²).

2.1.2 MADEIRA EM GERAL

Devido a alta complexidade da estrutura da madeira e aos fenômenos físico-químicos que ocorrem entre madeira e líquido, a validade das teorias sobre a permeabilidade ainda é discutível, apesar dos esforços que se desenvolvem para melhorar a adaptação das fórmulas teóricas à aplicação prática. Por outro lado, tendo em vista as grandes diferenças anatômicas entre as madeiras de coníferas e folhosas, estes 2 grupos

devem ser considerados separadamente em relação às suas permeabilidades. Entretanto, reconhece-se que em ambos os grupos, o alburno é mais permeável do que o cerne e que os líquidos movem-se mais rapidamente na direção longitudinal do que nas direções perpendiculares ao eixo das árvores e que, em geral, a permeabilidade da madeira conífera é maior do que a de folhosas (TESORO & CHOONG²⁴).

2.1.2.1 CONÍFERAS

Devido a estrutura relativamente simples e homogênea da madeira de coníferas, os caminhos para o fluxo de líquidos de célula para célula são mais simples (CÔTE⁴).

A penetração longitudinal ocorre principalmente através dos traqueóides. Segundo CÔTE⁴, a influência dos outros elementos orientados longitudinalmente (canais resiníferos e parênquima longitudinal) é muito variável e pode muitas vezes ser negligenciado: os primeiros não estão presentes em todas as coníferas e quando o são, geralmente estão bloqueados por tilosóides e as células do parênquima axial geralmente estão cheias de materiais de reserva, impedindo ou diminuindo o movimento de líquidos através dos seus lúmens.

Na permeabilidade lateral das coníferas, segundo WARDROP & DAVIES²⁵, os raios são de grande importância, sendo às vezes até mais permeáveis do que os traqueóides como no gênero *Pinus*.

CÔTE⁴, afirma que pelo menos em algumas coníferas os raios são de grande significância no movimento lateral de líquidos, assumindo-se que existem comunicações entre tra

queóides longitudinais e células do parênquima radial, através dos pares de pontuações semi-areoladas.

2.1.2.2 FOLHOSAS

2.1.2.2.1 ASPECTOS MACROSCÓPICOS

Tendo a madeira de folhosas uma estrutura anatômica mais complexa do que a de coníferas, a sua permeabilidade é também muito mais complexa de ser definida.

Para HAYASHI & NISHIMOTO⁹, HUNT & GARRAT¹⁰ e LIESE¹², a permeabilidade da madeira de folhosas depende principalmente de sua anatomia, isto é, dos vasos, parênquima axial, parênquima radial, fibras, etc. Os trabalhos de CRONSHAW⁵ e RUDMAN^{20,21}, mostram que também existe a influência da anatomia submicroscópica da madeira nos movimentos laterais do preservativo.

De acordo com WILKINSON²⁶, a penetração do preservativo na madeira de folhosas ocorre principalmente e inicialmente na direção longitudinal.

CÔTE⁴ e CRONSHAW⁵, confirmam que a permeabilidade ao longo da grã é muito maior do que nas direções transversais.

Geralmente o alburno é mais permeável do que o cerne. Este fato pode ser explicado pelas alterações anatômicas, físicas e/ou químicas que ocorrem na madeira quando o alburno se transforma em cerne (TESORO & CHOONC²⁴).

A modificação da madeira considerada como a mais importante para a permeabilidade, é o desenvolvimento de tiloses nas cavidades dos vasos, as quais podem inibir completa

mente a condução de líquidos. O acúmulo de resinas, gomas, taninos, etc, em outros tipos de células (parênquima axial, pa-rênquima radial, fibras), quando tóxicos, aumentam a durabilidade natural da madeira. Entretanto, estas inclusões orgânicas podem diminuir ou impedir totalmente o movimento de líquidos.

Em relação à permeabilidade transversal da ma-deira de folhosas, esta é muito mais complexa do que a permea-bilidade longitudinal, devido ao maior número de obstáculos que o líquido tem a atravessar. Contudo CRONSHAW⁵ reconhece espe-cialmente a influência dos pares de pontuações areoladas no movimento lateral do preservativo.

2.1.2.2.2 INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES TIPOS DE CÉLULAS

A influência da estrutura macroscópica da madei-ra sobre a permeabilidade é reconhecida, e estudos sobre os aspectos teóricos e práticos têm sido realizados por vários au-tores como HUNT & GARRAT¹⁰, LIESE¹² e CÔTE⁴. Mais recentemente, a estrutura submicroscópica tem sido intensamente estudada (CÔ-TE⁴ e CRONSHAW⁵).

Sobre o comportamento dos diferentes elementos que compõem os tecidos da madeira em relação à permeabilidade, conhecem-se os seguintes detalhes:

VASOS: Vários autores confirmam que os vasos constituem, geralmente, o principal caminho de penetração lon-gitudinal (NICHOLAS & SIAU¹⁴, HAYASHI & NISHIMOTO⁹, HUNT & GARRAT¹⁰). Entretanto, segundo HAYASHI & NISHIMOTO⁹ e HUNT & GARRAT¹⁰, a eficácia dos vasos na condução de líquidos depen-

de da isenção de incrustações orgânicas (gomas, resinas, e principalmente tiloses), de seus tamanhos, número e distribuição, e também da permeabilidade dos tecidos vizinhos.

De acordo com HUNT & GARRAT¹⁰, o movimento lateral (de um vaso para outro adjacente ou para outro tipo de célula) ocorre através dos pares de pontuações nas paredes em comum.

FIBRAS: Em geral, as fibras não constituem um fator importante na promoção da penetração inicial dos líquidos preservativos, embora sua relativa permeabilidade possa ter uma influência marcante na subsequente distribuição dos líquidos a partir dos vasos ou de outros pontos de concentração (HUNT & GARRAT¹⁰). Todavia, em alguns casos especiais, como ocorre no cerne da *Carya* spp, as fibras têm mais influência do que os vasos, porque estes, ou estão bloqueados por tiloses ou são pequenos e poucos (HUNT & GARRAT¹⁰ e WILKINSON²⁶).

RAIOS: O efeito dos raios na condução de líquidos é muito variável nas folhosas. Segundo CÔTE⁴, em algumas espécies o movimento lateral dos líquidos é grandemente favorecido pela sua penetração através dos raios. LIESE¹², admite a importância dos raios na penetração de preservativos em madeiras de folhosas e relaciona sua eficácia com a quantidade e dimensões de suas células.

Por outro lado, autores como HUNT & GARRAT¹⁰, admitem que os raios, às vezes, não têm qualquer influência na penetração de preservativos em madeiras de folhosas, devido à natureza de sua pontuação simples, ao tamanho de células relativamente pequeno, e ao fato de que suas cavidades estão co

mumente obstruídas por substâncias (nutrientes e outros extra_{ti}vos).

PARÊNQUIMA AXIAL: As células que compõem o pa_{re}nquima axial são semelhantes às que compõem o parênquima ra_{di}al, inclusive na natureza de suas pontuações. Aparentemente o parênquima axial pouco contribui na penetração inicial mas, as células que circundam os vasos podem exercer influência na distribuição subsequente dos preservativos a partir dos pon_{to}s de maior concentração (HUNT & GARRAT¹⁰).

Além dos estudos realizados sobre a relação tí_{po}s de células/permeabilidade de madeiras de folhosas, vários autores estudaram a influência das pontuações existentes nas paredes celulares. NICHOLAS & SIAU¹⁴, por exemplo, afirmam que embora não haja aberturas no toro, existem caminhos tortuosos irregularmente orientados, e que a densidade relativa das mi_{cro}fibrilas nas membranas do toro e a quantidade e tipo de ma_{te}rial incrustante, podem ter uma influência significativa so_{bre} o fluxo de líquidos. Ainda de acordo com estes autores, a composição química da pontuação pode ser também importante, de_{vi}do às possíveis reações químicas e físicas que ocorrem en_{tre} a solução preservante e o toro da pontuação.

2.1.3 DETERMINAÇÃO DE PERMEABILIDADE

2.1.3.1 FLUXOS DE GASES E LÍQUIDOS

Vários métodos para se determinar a permeabili_{da}de da madeira são encontrados na literatura sobre o assunto.

RESCH & ECKLUND¹⁸, examinaram a permeabilidade longitudinal e lateral do cerne de *Sequoia sempervirens* Endl.,

usando os aparelhos ilustrados nas Figs. 2 e 3, Apêndice.

Neste trabalho os autores tinham os seguintes objetivos:

- a) comparar a velocidade do fluxo de 2 gases (Nitrogênio e Oxigênio) na madeira, com diferentes viscosidades e pesos moleculares;
- b) avaliar, por meio da velocidade do fluxo de Nitrogênio, a magnitude das variações da permeabilidade nas 3 direções anatômicas;
- c) determinar a influência dos extrativos sobre a permeabilidade e,
- d) comparar a velocidade do fluxo do gás, com a velocidade do fluxo de líquido.

Nesta pesquisa, os autores concluíram que a permeabilidade de líquidos na madeira, pode ser expressa em função dos valores empíricos estabelecido pelo experimento, se assumirmos que o fluxo laminar ou viscoso é o único que ocorre na madeira.

Em relação à permeabilidade nas 3 direções anatômicas, os autores concluíram que o cerne da madeira apresenta as permeabilidades tangencial e radial extremamente baixas e que a permeabilidade longitudinal é muito maior.

A presença de materiais extrativos na madeira dificulta a sua penetração e a sua remoção aumenta a permeabilidade, uma vez que extraíndo esses materiais os raios e outros caminhos tornam-se livres, possibilitando uma melhor penetração.

SIAU²², apresentou 3 modelos para medir a permeabilidade da madeira aos gases, através do método de deslo

camento de volume de água nos sentidos ascendente e descendente.

Os aparelhos para os dois últimos métodos são apresentados pelas Figs. 4 e 5, Apêndice.

Estes métodos, apesar dos resultados precisos na medição da permeabilidade da madeira, são limitados à permeabilidade de gases, não sendo possível a sua utilização para a medição da permeabilidade à líquidos preservativos, sendo a sua aplicação mais teórica do que prática.

Outros autores, como BANKS³ e ERICKSON & ESTEP⁶, também desenvolveram métodos para o estudo da permeabilidade de madeiras mas, como os autores anteriormente citados, estes métodos foram desenvolvidos para o estudo sob o aspecto puramente científico, sem grande validade para uma aplicação prática direta.

Para estudar a influência do tipo de preservativo sobre a permeabilidade, diferindo das pesquisas anteriormente mencionadas em madeiras difíceis de preservar, RAK¹⁷ aplicou o método ilustrado na Fig. 6, Apêndice, usando uma solução preservativa. Este autor estudou a permeabilidade radial, comparando os resultados dos tratamentos preservativos realizados com a solução aquosa de amônia com os resultados obtidos dos tratamentos realizados com soluções aquosas de alguns sais inorgânicos. As amostras estudadas foram retiradas do alburno de *Picea abies*, cortadas em micrótomo (aproximadamente 0,40 mm de espessura), em uma sequência contínua de lenho ou tonal e lenho primaveril.

No trabalho de RAK¹⁷, para efeito de comparação foram usados dois líquidos:

- líquido A: solução de hidróxido de amônia com 6% de NH_3
- líquido B: solução de Sulfato de Cobre, Pentóxido de Arsênio e Trióxido de Cromo (1% do peso/volume de sal).

Como resultado, a proporção do fluxo de líquido A foi sempre maior do que a do fluxo de líquido B: para os cortes do lenho primaverai, na ordem de 1,1 a 28,2 e média de 5,2, e para o lenho outonal na ordem de 1,4 a 7,9 e média de 3,1, comprovando a melhor penetração das soluções de hidróxido de amônia e sais inorgânicos à baixas concentrações do que para as soluções aquosas.

As teorias de RAK¹⁷ sobre os tratamentos de madeira de difícil penetração, foram comprovadas em tratamentos comerciais com um preservativo baseado nos elementos Cobre e Arsênio, dissolvido em solvente aquoso de amônia, uma vez que os resultados indicaram que a madeira roliça de *Picea abies* é tratável com tais soluções de sais, sem qualquer pré-tratamento especial.

2.1.3.2 MÉTODOS POR ABSORÇÃO

Uma das propostas de grande significância prática para avaliação da permeabilidade é a apresentada por FOUGE⁷ ROUSSE.

Baseando-se nas experiências para a determinação da tratabilidade de madeiras sob pressão, com preservativos comerciais usados no Prices Risborough Laboratory, Inglaterra, e no Forest Product Research, Austrália, o seguinte pro

grama de tratamento é recomendado:

- Vácuo Inicial: - 0,68 bar/cm² - 15 minutos
- Pressão 10,4 bar/cm² - 60 minutos
- Vácuo Final : - 0,68 bar/cm² - 15 minutos

O material deve ser retirado de cinco diferentes árvores e, de cada uma delas, cinco ou mais amostras, tendo no mínimo quatro amostras com as dimensões 50mm x 50mm x 1000mm e com um teor de umidade entre 5 - 20%.

Na avaliação dos resultados, a absorção do preservativo de cada amostra deve ser determinada pela pesagem imediatamente antes e após o tratamento.

Para a avaliação da penetração, recomenda-se uma pulverização na superfície do corpo de prova tratado com um reagente para cobre, como por exemplo o Cromoazurol. A área penetrada deve ser determinada em porcentagem para todas as direções anatômicas, sendo indicada separadamente para o cerne e para o alburno.

Para a utilização das classes de tratabilidade, estas deverão ser usadas separadamente para alburno e para cerne e para cada tipo de preservativo.

As quatro classes de tratabilidade sugerida pelo autor acima citado são apresentadas no Quadro 01.

O autor salienta que esta classificação é em parte subjetiva e que o classificador deve ser experiente e flexível ao adotar os critérios de seleção, interpretando-os como um guia e não de uma maneira muito rígida.

Outro método para a avaliação da permeabilidade de madeira é o recomendado por Mc QUIRE¹³, para o tratamento de madeiras baseado no método Bethell, pelo uso do aparelho

ilustrado na Fig. 7, Apêndice.

QUADRO 01 - Classes de tratabilidade de madeira

Percentagem da área penetrada pelo preservativo (média de 10 amostras) (%)	Classificação
> 90	Tratável
50 - 90	Moderadamente tratável
10 - 50	Difícilmente tratável
< 10	Tratamento extremamente difícil

Fonte: FOUGEROUSSE, 1975

Segundo este autor, a velocidade do fluxo perpendicular à grã é de difícil determinação pelas seguintes razões:

- a) as velocidades do fluxo são extremamente baixas;
- b) podem ocorrer falhas no selamento das amostras (pequenas fendas ou ruptura), e
- c) o fluxo através dos canais resiníferos pode resultar numa alteração de sua velocidade.

Os resultados obtidos através deste método, com madeiras provenientes das Ilhas Samôa, foram comparadas com os obtidos pelo uso da espécie *Endospermum macrophylla*, de permeabilidade conhecida como padrão.

Após o tratamento, as madeiras foram classificadas como apresentadas no Quadro 02.

QUADRO 02 - Classificação das madeiras de folhosas, em agrupamentos, segundo as classes A e B, onde: A significa a absorção da madeira com 12 - 14% de umidade em relação à absorção máxima e B significa distribuição do preservativo a uma distância de 1 cm de extremidade impermeabilizada.

GRUPO	A	B
I	> 60	> 80
II	40-59	50-79
III	20-39	20-49
IV	< 20	< 20

Fonte: Mc QUIRE, 1975

Com as duas variáveis que determinam os grupos acima, a classificação da permeabilidade das madeiras tornou-se ampla e precisa. Tomando-se como exemplo uma madeira cujo corpo de prova apresente uma absorção de 48% em relação à sua absorção máxima (coluna A), e uma distribuição do preservativo correspondente a 35% de sua área a 1 cm de superfície selada (coluna B), a sua classificação será II_A/III_B.

Do mesmo modo, relacionando as variáveis em discussão, o autor apresenta os seguintes agrupamentos de qualidade de permeabilidade das madeiras de folhosas, como demonstra o Quadro 02.

QUADRO 03 - Agrupamentos da qualidade de Permeabilidade

Agrupamento	Qualidade de permeabilidade
I_A/I_B	Muito fácil de ser preservada e potencialmente qualificada para qualquer uso.
II_A/II_B	Fácil de ser preservada, mas a absorção em torno dos vasos é mais lenta; recomenda-se um maior período de pressão. Risco de ataque de podridão mole, em serviço.
II_A/II_B	Tratabilidade satisfatória. Pode ser melhorada com aumento do período de pressão. Pode ser usada satisfatoriamente em contato com o solo.
III_A/III_B	Tratabilidade satisfatória para condições leves em serviço, por exemplo, imunização contra insetos. Uso sem contato com o solo.
II_A/III_B	Tratabilidade duvidosa
III_A/III_B	Tratabilidade duvidosa
III_A/IV_B	Tratabilidade insuficiente
IV_A/III_B	Tratabilidade insuficiente
IV_A/IV_B	Tratabilidade muito pobre

Fonte: Mc QUIRE, 1975

2.1.4 PERMEABILIDADE DE *EUCALYPTUS*

No exterior, especialmente na Austrália, os trabalhos encontrados referem-se, em sua maioria, às espécies *Eucalyptus maculata* Hook, *E. obliqua* L'Herit, *E. macrorrhyncha* F. Muell e *E. regnans* F. Muell.

CRONSHAW⁵, investigou a ultraestrutura das pontuações dos vasos, das células do parênquima radial, das fibras e dos traqueóides do alburno de *Eucalyptus regnans* F. Muell, mostrando detalhadamente a estrutura das membranas através da técnica de réplica de carbono. Neste trabalho, o autor descreve os tipos e formas das pontuações e o arranjo das microfibrilas nas pontuações e membranas das pontuações. Relacionando estes fatores estruturais com o movimento de líquidos, concluiu, que os vasos parecem apresentar um caminho muito fácil para o rápido movimento de líquidos na direção da grã das madeiras. Contudo, o fluxo direto através das pontuações dos vasos, tal como ocorre nas pontuações das coníferas, é diferente devido a estrutura de suas membranas. Deste modo, o movimento lateral na madeira pode ocorrer, mas com grande dificuldade. Entretanto, WARDROP & DAVIES*, citados por RUDMAN^{19,20} afirmam que a penetração dos vasos para as células adjacentes pode ocorrer através das pontuações.

CRONSHAW⁵, também realizando experimentos preliminares com *Eucalyptus regnans* F. Muell usando suspensões de carbono e ouro coloidal, observou ao microscópio óptico que as partículas acumularam-se na câmara das pontuações, confir

* WARDROP, A.P. & DAVIES, G. W. - *Holzforschung* 15, 129-141, 1961.

mando suas observações ao microscópio eletrônico, de que a membrana da pontuação aparece sem perfurações.

RUDMAN²¹, estudou detalhadamente a penetração de líquidos no alburno das espécies *Eucalyptus maculata* Hook, *E. macrorrhyncha* F. Muell, *E. obliqua* L'Herite e *E. regnans* F. Muell, usando soluções aquosas de hidróxido de sódio a 4%, Cromo/ Cobre/Arsênio e sulfato de cobre a 1%. Os tratamentos foram realizados com uma pressão de 7 bar em aparelho de laboratório e 14 bar em autoclave maior. Os tratamentos sem pressão foram realizados pelos banhos quente/frio. Deste trabalho, o autor chegou às seguintes conclusões:

- a) A penetração do alburno de eucalipto é um processo de dois estágios: o primeiro envolve a penetração dos vasos e o segundo, a penetração dos outros tecidos.
- b) O acesso aos vasos é feito através da seção transversal do topo e através de fendas na superfície da amostra.
- c) Os líquidos polares e não polares passam através das pontuações de célula para célula, e os líquidos polares podem adicionalmente se mover dentro da parede celular.
- d) Os vasos, particularmente em *E. maculata* Hook, não foram penetrados em todo o comprimento da amostra (como se fossem mais curtos) possivelmente devido ao bloqueio por tiloses ou partículas sólidas.
- e) No parênquima radial não houve penetração para ambos os tipos de líquidos, exceto quando

do foram usadas soluções aquosas quentes.

- f) O volume dos vasos, como uma porcentagem do volume total da madeira, varia dentro e entre espécies e determina parcialmente a retenção total.

Com o objetivo de mostrar o fluxo de líquidos através das pontuações, RUDMAN²⁰ estudou a permeabilidade de *Eucalyptus obliqua* L'Herit e *E. maculata* Hook, usando para suas observações ao microscópio óptico, soluções aquosas de nitrato de prata a 10% e para as microradiografias, o preservativo baseado em C.C.A. (Tanalith C) a 4%. Na análise dos resultados deste trabalho, conclui-se que:

- a) A maior parte das soluções aquosas passam através do sistema de pontuações, mesmo quando algumas pontuações estejam bloqueadas.
- b) O movimento através das paredes celulares existe, mas só se torna importante quando existe uma grande porcentagem de células, contendo poucas pontuações como nas fibras libriformes.

Em continuação às suas pesquisas com *Eucalyptus* RUDMAN²¹ estudou a ultraestrutura destas duas espécies, para apresentar evidências da presença de capilares da parede celular e da pontuação da membrana. Através de observações ao microscópio eletrônico, o autor mostra que o eucalipto contém capilares na parede celular, os quais podem ser penetrados por soluções inorgânicas, incluindo-se os preservativos de madeira. As pontuações das membranas não contêm poros conspícuos e o líquido flue através da membrana devido à sua frouxa textu

ra microfibrilar. Em algumas pontuações e paredes celulares, não houve movimento de líquido devido à deposição de restos citoplasmáticos e extrativos.

O estudo da permeabilidade da madeira de *Eucalyptus* em particular e de outros gêneros em geral, ainda necessita de pesquisas mais detalhadas e profundas, tendo em vista que cada madeira possui sua própria permeabilidade específica, variando não somente de espécie para espécie mas dentro das espécies, bem como dentro de uma mesma árvore.

Dos trabalhos consultados sobre a permeabilidade de algumas espécies do gênero *Eucalyptus*, foram encontradas opiniões e conceitos, tanto semelhante como divergentes a respeito de um mesmo detalhe de condução de líquidos preservativos.

RUDMAN¹⁹, cita que nos trabalhos de ELWOOD^{*}, CRONSHAW^{**} e WARDROP & DAVIES^{***}, soluções aquosas penetraram em amostras de alburno de *Eucalyptus regnans* F. Muell, com até 10cm de comprimento, contudo, em recente pesquisa (não publicada) realizada no Laboratório de Preservação e Secagem de Madeira da Universidade Federal do Paraná com madeira roliça de *Eucalyptus saligna* Sm e *E. citricolora* Hook, amostras de até 120 cm de comprimento, apresentaram uma penetração total e ho

* ELWOOD, E. L. - Longitudinal Flow Through Eucalypt Vessels and Sapwood, Sub Project P. 7-8, Progress Report Nº I, Division of Forest Products, C.S.I.R.O, South Melbourne, Austrália, 1958

** CRONSHAW, J. - Aust. J. Bot. 8, 51-57, 1960

*** WARDROP, A.D. & DAVIES, G. W. - Holzforschung 15, 129 - 141, 1961.

mogênea no alburno. Este fato permite admitir que os vasos foram totalmente penetrados pelo preservativo ao longo das amostras, confirmando a assertiva de RUDMAN¹⁹, segundo a qual a penetração do preservativo nos vasos ocorre através da seção transversal do topo. Outros autores como CÔTE³, CRONSHAW⁴ e WILKINSON²⁵ também admitem que a penetração do líquido preservativo ocorre inicial e principalmente pelos vasos.

Em relação à penetração do líquido preservativo nas direções transversais, nem todas as opiniões dos autores consultados são semelhantes. Deste modo, alguns autores como CÔTE⁴ e LIESE¹², concordam que os raios contribuem para a penetração lateral de soluções preservativas. Contudo, segundo HUNT & GARRAT¹⁰, os raios, em certos casos, não têm qualquer influência na penetração lateral.

Opiniões contraditórias também existem em relação ao papel das pontuações na condução transversal de líquidos na madeira. Para RUDMAN^{20,21}, por exemplo, as pontuações são responsáveis pela distribuição lateral do preservativo. Todavia, pelas observações de CRONSHAW⁵, as pontuações não favorecem essa distribuição lateral de líquidos preservativos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

O material utilizado nesta pesquisa é proveniente das espécies *Eucalyptus citriodora* Hook, *E. paniculata* Sm, *E. tereticornis* Sm e *E. urophylla* S.T. Blake, coletadas de plantios para a produção de postes, no Município de Rio Claro, Estado de São Paulo, com diâmetro a altura do peito (DAP) entre 14-20 cm e idade entre 8-12 anos.

Foram coletadas ao acaso, duas amostras de 1 m de comprimento, de 5 diferentes árvores de cada espécie, entre 2 e 5 m de altura. O material mostrou homogeneidade em suas dimensões e todas as amostras apresentaram alburno e cerne.

De cada árvore foram retirados tanto do alburno como do cerne, 24 bastões com as dimensões 20cm x 2cm x 2cm, devidamente orientados, principalmente para os testes de permeabilidade nas direções radial e tangencial. Destes bastões, 16 foram cortados em amostras com 8 cm de comprimento, originando 16 corpos de prova por árvore para os testes de permeabilidade longitudinal (Fig. 8A, Apêndice). Os outros 8 bastões foram cortados em amostras com 2 cm de comprimento, originando 32 corpos de prova por árvore, dos quais 16 destinados para os testes de permeabilidade radial e 16 para os testes de permeabilidade tangencial (Fig. 8B, Apêndice). Devido a pouca es

grossura do alborno das espécies *Eucalyptus paniculata* Sm e *E. tereticornis* Sm, todos os corpos de prova do alborno das espécies foram preparados com a área transversal de 2cm x 1cm (Fig. 8C, Apêndice).

Após a aferição das dimensões dos corpos de prova com paquímetro, foram separados de cada árvore grupos de 8 amostras para os testes, correspondentes a cada direção de penetração (longitudinal, radial e tangencial).

3.2 MÉTODOS

3.2.1 AVALIAÇÃO POR PESOS

Para se obter o Peso Seco (P_0) dos corpos de prova, isto é, seu peso teóricamente a 0%U, as amostras foram secas em estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até peso constante e em seguida mergulhados em água até a sua saturação total para se obter o seu Peso Saturado (P_S).

Os corpos de prova destinados aos testes de permeabilidade foram acondicionados a umidade de aproximadamente 12% (20°C , 65% UR). Através de pesagens periódicas, obteve-se o peso (P_1) da amostra, após observar a sua estabilização com as condições de temperatura e umidade relativa acima mencionadas.

A correção do peso da amostra para 12% foi corrigido através da fórmula:

$$P_2 = \frac{(P_1 - P_0) \cdot 12}{U} + P_0$$

onde U = umidade atual do corpo de prova.

3.2.2 VEDAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a realização de testes de permeabilidade de uma determinada direção (longitudinal, radial ou tangencial), foi necessário impermeabilizar as faces sem interesse, deixando livre a face desejada para a penetração do líquido preservativo. As outras faces das amostras foram impermeabilizadas por um material vedante.

Na literatura consultada, Mc QUIRE¹³ recomenda como material vedante o polímero ABS (Acrilonitrila- Butadieno-Estireno) dissolvido em Etil-Metil-Cetona (EMK), oferecendo as seguintes propriedades:

- a) ser de fácil aplicação
- b) possuir secagem rápida
- c) ser bastante forte para resistir à pressão
- d) ser bastante flexível para acompanhar as variações dimensionais da madeira quando umedecida.

Devido à dificuldade de se encontrar o vedante recomendado acima, este foi substituído por outro com propriedades idênticas e que tivesse constante disponibilidade no comércio. Após o desenvolvimento de testes preliminares qualitativos para alguns materiais que poderiam servir como vedante, a Cola para Isopor, marca Polar, foi a que apresentou resultados adequados, sendo então utilizada neste trabalho.

Para a impermeabilização das amostras, foram aplicadas 4-5 demãos com pincel de cerdas finas, deixando evidentemente a descoberto a face desejada para o estudo da penetração do preservativo. Após a secagem do vedante, os corpos

de prova foram novamente pesados, obtendo-se o peso da amostra com vedante (P_3), de cujo valor, subtraindo-se o (P_1) foi obtido o peso do produto vedante (P_4).

3.2.3 UNIDADE INSTALADA PARA O TRATAMENTO

Para os tratamentos de impregnação foi desenvolvido e contruido um conjunto de instalação como apresentado pela Fig. 9, Apêndice, de acordo com as características propostas por Mc QUIRE¹³.

O referido conjunto consta de:

a) Câmara de tratamento, resistente à pressão de até 25 bar e ao vácuo de até -0,85 bar, com capacidade de 2 litros, composta da parte superior de um extintor de incêndio de 20 kg, soldada a um anel obtido de uma chapa de ferro de 15 mm de espessura. O anel foi polido e nele, feito um sulco circular para a colocação de um anel de borracha (anel de pressão) e 6 furos para os parafusos, os quais servem para manter a câmara de tratamento hermeticamente fechada.

b) Tampa de ferro com 10mm de espessura, com furos para os parafusos e tubos de cobre ligados às bombas de pressão e de vácuo.

c) Vacuômetro marca Record

d) Manômetro marca Famabrás

e) Válvulas (registros)

f) Tubos de cobre, com diâmetro externo de 4 mm e conexões

g) Tubos de plástico

O funcionamento deste conjunto previamente tes

tado em uma pesquisa realizada para a Superintendência do De
senvolvimento da Região Sul (SUDESUL), cujos resultados provara
ram a sua eficiência.

3.2.4 LÍQUIDO PRESERVATIVO

O preservante utilizado foi o preservativo hi
drossolúvel "Tanalith A" 50%, cuja composição, conforme informa
ção do fabricante é a seguinte:

Cromo (CrO_3)	65%
Cobre (CuO)	18,5%
Arsênio (As_2O_5)	16,5%

A solução preservante foi preparada com água desti
lada a uma concentração de 2% de óxidos, aferidos através de
um aerômetro de acordo com a tabela fornecida pelo fabricante
do preservativo. O valor pH da solução, antes do tratamento ,
foi de 1,90 e, após o tratamento, entre 1,99-2,00. A temperatu
ra do líquido antes do tratamento foi de 18-20°C.

3.2.5 TRATAMENTOS REALIZADOS

Os tratamentos de permeabilidade executados para
se determinar o grupo das 4 espécies de *Eucalyptus* obedecera
ram ao seguinte programa:

- Vácuo: -0,8 bar durante 15 minutos
- Pressão: 14 bar durante 2 minutos.

Foram realizados 15 tratamentos, numerados de T_1
a T_{15} . Em cada tratamento foram testados conjuntamente, amos
tras de todas as espécies, de todas as árvores, de todas as disi

reções de penetração e tanto do alburno como do cerne.

3.2.6 ANÁLISES DOS TRATAMENTOS

3.2.6.1 ANÁLISE QUANTITATIVA POR ABSORÇÃO

Imediatamente após cada tratamento, as amostras foram pesadas, obtendo-se o peso (P_5), que representa o peso do corpo de prova impermeabilizado mais a solução preservativa por ele absorvido nas condições do tratamento. O cálculo da absorção da solução preservativa foi feito de acordo com o Quaro 4, apresentado no Apêndice, cuja validade também foi comprovada no trabalho de pesquisa realizado para a SUDESUL.

3.2.6.2 ANÁLISE QUALITATIVA

A análise qualitativa foi feita segundo a Norma MB-790 da ABNT, Item 2.5.1. Aproximadamente 1 semana após o tratamento, os corpos de prova foram cortados a 10 mm e a 3 mm da face vedade. A absorção foi determinada pela proporção existente (%) entre a área penetrada pelo cobre e a área total da seção examinada.

Para tal determinação a área de penetração foi identificada pelo pincelamento do reagente Cromoazurol "S" na face em questão, o qual reage com o cobre e apresenta uma coloração azul. Para melhor avaliação da área penetrada pelo preservativo, foram feitas observações sob lupa estereoscópica.

3.2.7 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

Para a realização da análise estatística da per

meabilidade, foram considerados 240 corpos de prova de cada espécie, sendo distribuídos 8 corpos de prova por direção de penetração, tanto para o alburno como para o cerne, de cada árvore.

O modelo utilizado para a análise de variância foi o modelo "spli-plot" (STELL & TORRIE²³).

A permeabilidade foi analisada para os seguintes fatores:

- a) Fator A: espécie
- b) Fator B: direção de penetração
- c) A X B: interação espécie-direção de penetração,

Para as análises de comparação múltipla entre as médias obtidas dos tratamentos, foi utilizado o teste Tukey.

Com estas análises pretendeu-se verificar:

- a) Quais as espécies que apresentam melhores possibilidades para o tratamento de imunização.
- b) Quais as espécies que podem ser imunizadas pelo mesmo programa de tratamento preservativo.

4. RESULTADOS

4.1 PERMEABILIDADE DAS QUATRO ESPÉCIES ESTUDADAS

Através da análise de absorção sobre as quatro espécies de *Eucalyptus* estudadas (Quadros 5 a 9, Apêndice) , foi constatado que existe maior absorção no alburno de todas as espécies deste trabalho, na direção longitudinal e, em menor escala, nas direções radial e tangencial. No cerne, embora a absorção tenha apresentado baixo nível, é importante salientar sua ocorrência.

Os resultados da absorção (K%) das quatro espécies estudadas, de acordo com as direções de penetração são apresentados no Quadro 10.

Analisando-se estes resultados, as espécies estudadas apresentam a seguinte ordem de absorção: *E. tereticornis*, *E. paniculata*, *E. citriodora* e *E. urophylla*.

A aplicação de análises estatísticas aos resultados numéricos obtidos, possibilitou a comparação da permeabilidade entre as 3 direções de penetração, entre as espécies e entre as madeiras de alburno e de cerne.

Os resultados da análise de variância efetuada para a absorção do alburno e do cerne entre as espécies estudadas são apresentados, respectivamente, nos Quadros 11 e 12.

QUADRO 10 - Absorção média (K%), em porcentagem, nas 3 direções de penetração das 4 espécies estudadas, com o teor de umidade da madeira entre 12,61% e 13,09%

E S P É C I E	A L B U R N O			C E R N E		
	Radial	Tangen- cial	Longitu- dinal	Radial	Tangen- cial	Longitu- dinal
<i>E. urophylla</i>	25,22	4,0	56,61	3,04	2,39	3,92
<i>E. citriodora</i>	13,44	6,41	46,54	3,79	2,39	3,82
<i>E. paniculata</i>	19,84	4,87	62,84	1,73	1,56	3,29
<i>E. tereticornis</i>	30,33	5,92	66,04	4,06	2,93	5,06

QUADRO 11 - Análise de variância para absorção do alburno das quatro espécies de *Eucalyptus*

Fontes de Variação	G.L.	SQ	MQ	F
Blocos	4	107,56	29,60	
Fator A (Espécie)	3	839,96	279,98	6,64 *
Erro (a)	12	506,13	42,17	
Fator B (Direção de penetração)	2	29.304,07	14.652,03	287,03 **
Interação (A X B)	6	761,98	127,00	2,50 *
Erro (b)	32	1.631,91	51,00	
T o t a l	59	33.151,69		

* - É razoável admitir que existe uma diferença significativa com 95% de probabilidade.

** - É razoável admitir que existe uma diferença significativa com 99% de probabilidade.

QUADRO 12 - Análise de variância para absorção do cerne das quatro espécies estudadas

Fontes de variação	G.L.	SQ	MQ	F
Blocos	4	5,54	1,38	
Fator A (Espécie)	3	25,73	8,57	15,03 **
Erro (a)	12	6,85	0,57	
Fator B (Direção de penetração)	2	28,52	14,26	71,3 **
Interação (A X B)	6	3,82	0,63	3,15 *
Erro (b)	32	6,60	0,20	
T o t a l	59	77,06		

* - É razoável admitir que existe uma diferença significativa com 95% de probabilidade.

** - É razoável admitir que existe uma diferença significativa com 99% de probabilidade.

Dos resultados obtidos da análise de variância e apresentados nos Quadros 11 e 12, observa-se que:

- 1) A probabilidade da permeabilidade entre as es
pécies (Fator A) ser diferente é de 99% para
o alburno e 95% para o cerne;
- 2) A probabilidade da permeabilidade entre as di
reções de penetração (Fator B) ser diferente,
é a mesma tanto para o alburno como para o cer
ne;
- 3) A interação dos fatores A e B indica uma inter
dependência ao nível de 95%, tanto para o al
burno como para o cerne.

Os resultados da análise de variância acima refe
ridos foram complementados com a comparação múltipla entre as
médias de absorção nos seus respectivos níveis de probabilidade,
cujos resultados são apresentados nos Quadros 13 a 18.

QUADRO 13 - Comparação das médias de absorção entre as 3
direções do alburno das quatro espécies.

Espécie	Direção		
	Longitudinal	Radial	Tangencial
<i>E. urophylla</i>	56,61 _a	25,22 _{ab}	4,0 _b
<i>E. citriodora</i>	46,54 _a	13,44 _a	6,41 _b
<i>E. paniculata</i>	62,84 _a	19,84 _{ab}	4,87 _b
<i>E. tereticornis</i>	66,04 _a	30,33 _{ab}	5,92 _b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente
entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,01$ e $0,05$)

A análise do Quadro 13 mostra que todas as espécies estudadas apresentam uma diferença altamente significativa entre as direções longitudinal e tangencial, com maiores valores para a absorção no sentido longitudinal. Na direção radial, apenas a espécie *E. citriodora* mostrou uma absorção superior à longitudinal, nas probabilidades de 99% e 95%.

Para o cerne (Quadros 14 e 15), a comparação múltipla entre as médias de absorção nas 3 direções de penetração, mostra que todas as espécies apresentam-se diferentes, com alto nível de significância em relação às direções longitudinal e tangencial, aos níveis de 95% e 99% de probabilidade. Apenas a espécie *E. urophylla* apresenta valores sem diferença significativa entre as 3 direções de penetração, ao nível de 99% de probabilidade. Nas demais espécies, a absorção na direção radial apresenta-se como estatisticamente igual às direções longitudinal e tangencial, nos 2 níveis de significância acima referidos.

QUADRO 14 - Comparação das médias de absorção entre as 3 direções do cerne das quatro espécies

Direção Espécie			
	Longitudinal	Radial	Tangencial
<i>E. urophylla</i>	3,92 _a	3,04 _a	2,39 _a
<i>E. citriodora</i>	3,82 _a	3,79 _{ab}	2,39 _b
<i>E. paniculata</i>	3,29 _a	1,72 _{ab}	1,56 _b
<i>E. tereticornis</i>	5,06 _a	4,06 _{ab}	2,93 _b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,01$)

QUADRO 15 - Comparação das médias de absorção entre as 3 direções do cerne das quatro espécies

Direção Espécie	Direção		
	Longitudinal	Radial	Tangencial
<i>E. urophylla</i>	3,92 _a	3,04 _{ab}	2,39 _b
<i>E. citriodora</i>	3,82 _a	3,79 _{ab}	2,39 _b
<i>E. paniculata</i>	3,29 _a	1,73 _{ab}	1,56 _b
<i>E. tereticornis</i>	5,06 _a	4,06 _{ab}	2,93 _b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

QUADRO 16 - Comparação das médias de absorção entre o alburno das quatro espécies estudadas

Direção Espécie	Espécie			
	<i>E. tere-</i> <i>ticornis</i>	<i>E. uro-</i> <i>phylla</i>	<i>E. pani-</i> <i>culata</i>	<i>E. citri-</i> <i>odora</i>
Radial	4,06 _a	3,04 _b	1,73 _b	3,79 _{ab}
Tangencial	2,93 _a	2,39 _a	1,56 _a	2,39 _a
Longitudinal	5,06 _a	3,92 _a	3,29 _a	3,82 _a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Pela análise de comparação múltipla das médias de absorção pela madeira do alburno, entre as espécies estudadas (Quadro 16), observa-se uma diferença com superioridade significativa, ao nível de 95% de probabilidade, para as absorções longitudinais das espécies *E. tereticornis* e *E. urophylla* em relação à absorção radial apresentada pela espécie *E. citriodora*. Entre as espécies *E. tereticornis* e *E. urophylla* bem como entre *E. citriodora* e *E. paniculata* não se observa qualquer diferença significativa, neste nível de probabilidade, nas três direções de penetração.

QUADRO 17 - Comparação das médias de absorção entre o cerne das quatro espécies estudadas

Direção	Espécie			
	<i>E. tere-</i> <i>ticornis</i>	<i>E. uro-</i> <i>phylla</i>	<i>E. pani-</i> <i>culata</i>	<i>E. citri-</i> <i>odora</i>
Radial	4,06 _a	3,04 _b	1,73 _b	3,79 _{ab}
Tangencial	2,93 _a	2,39 _a	1,56 _a	2,39 _a
Longitudinal	5,06 _a	3,92 _a	3,29 _a	3,82 _a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,01$)

QUADRO 18 - Comparação das médias de absorção entre o cerne das quatro espécies estudadas

Direção \ Espécie	<i>E. tere-</i> <i>ticornis</i>	<i>E. uro-</i> <i>phylla</i>	<i>E. pani-</i> <i>culata</i>	<i>E. citri-</i> <i>odora</i>
Radial	4,06 _a	3,04 _b	1,73 _b	3,79 _{ab}
Tangencial	2,93 _a	2,39 _b	1,56 _b	2,39 _{ab}
Longitudinal	5,06 _a	3,92 _a	3,29 _b	3,82 _{ab}

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Os resultados apresentados pela análise de comparação múltipla das médias de absorção pela madeira do cerne entre as espécies (Quadro 17 e 18) indicam que a absorção da espécie *E. tereticornis* na direção radial, é significativa em relação à absorção das espécies *E. paniculata* e *E. urophylla*, e igual à da espécie *E. citriodora*, ao nível de 99% de probabilidade. Neste mesmo nível, as espécies *E. urophylla*, *E. paniculata* e *E. citriodora* apresentam-se estatisticamente iguais. As mesmas observações foram feitas para o nível de probabilidade de 95%.

Na direção tangencial das amostras de cerne, todas as espécies mostram-se estatisticamente iguais ao nível de 99% de probabilidade. Contudo, ao nível de 95% de probabilidade, a espécie *E. tereticornis* apresentou uma absorção maior do que a observada para as espécies *E. urophylla* e *E. paniculata*.

ta e igual para a espécie *E. citriodora*.

Na direção longitudinal das amostras de cerne, a absorção das espécies *E. tereticornis* e *E. urophylla* apresenta-se superior à da espécie *E. paniculata* a 95% de probabilidade. Neste mesmo nível, a absorção longitudinal da espécie *E. citriodora* apresenta-se como igual às outras espécies.

4.2. CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES EM CLASSES DE TRATABILIDADE

Baseando-se nos resultados obtidos através de cálculos de absorção (item 3.2.6), e relacionando-se os resultados dos testes com Cromoazurol "S" (item 3.2.7) com os resultados do Quadro 2, proposto por Mc QUIRE¹³, a classificação da tratabilidade das quatro espécies estudadas é apresentada no Quadro 19.

Dos resultados apresentados no Quadro 19, as quatro espécies estudadas têm a seguinte classificação de "Qualidade de Permeabilidade" (Quadro 20).

4.3. COMPARAÇÃO DA PERMEABILIDADE DE *EUCALYPTUS* COM OUTRAS ESPÉCIES

Os resultados obtidos para as espécies utilizadas nesta pesquisa não puderam ser comparados com os resultados obtidos por RUDMAN¹⁹, para as espécies *Eucalyptus maculata*, *E. obliqua*, *E. macrorrhyncha* e *E. regnans*, uma vez que esse autor analisou a permeabilidade para cada tipo de célula, separadamente. Todavia, os resultados aqui obtidos podem ser comparados com outras espécies de folhosas de importância comercial no Brasil (PARANÁ¹⁵), conforme o Quadro 21.

QUADRO 19 - Classificação da tratabilidade das quatro espécies estudadas

E S P É C I E	Tipo de Madeira	Direção de Penetração	Tratabilidade
<i>E. citricdora</i>	Alburno	Longitudinal	II _A /I _B
		Radial	IV _A /IV _B
		Tangencial	IV _A /IV _B
	Cerne	Longitudinal	IV _A /IV _B
		Radial	IV _A /IV _B
		Tangencial	IV _A /IV _B
<i>E. paniculata</i>	Alburno	Longitudinal	I _A /I _B
		Radial	IV _A /IV _B
		Tangencial	IV _A /IV _B
	Cerne	Longitudinal	IV _A /IV _B
		Radial	IV _A /IV _B
		Tangencial	IV _A /IV _B
<i>E. tereticornis</i>	Alburno	Longitudinal	I _A /I _B
		Radial	III _A /IV _B
		Tangencial	III _A /IV _B
	Cerne	Longitudinal	IV _A /IV _B
		Radial	IV _A /IV _B
		Tangencial	IV _A /IV _B
<i>E. urophylla</i>	Alburno	Longitudinal	II _A /II _B
		Radial	III _A /IV _B
		Tangencial	IV _A /IV _B
	Cerne	Longitudinal	IV _A /IV _B
		Radial	IV _A /IV _B
		Tangencial	IV _A /IV _B

E R R A T A

Pág.	Parágrafo	Linha	Onde se lê	Leia-se
15	-	3 ^a	solução de Sulfato	solução aquosa de sul ^u fato
21	1º	4 ^a	usando soluções ^a quos ^{as}	usando creosoto e ou ^u tros líquidos de dife ^u rentes polaridades co ^u mo também soluções ^a quosas

				or a 20% da área total.
<i>E. urophylla</i>	Alburno	Longitudinal	Satisfatória	Absorção da madeira entre 40-59% da sua absorção máxima e distribuição do preservativo entre 50-79% da área total
<i>E. tereticornis</i>	Alburno	Radial	Insuficiente	Absorção da madeira entre 20-39% da sua absorção máxima e distribuição do preservativo inferior a 20% da área total.
<i>E. oleosa</i>	Alburno	Rd/Tangencial	Muito pobre	Absorção da madeira inferior a 20% da sua absorção máxima e distribuição do preservativo menor que 20% da área total
	Cerne	Long/Rd/Tg	Muito pobre	
<i>E. tereticornis</i>	Alburno	Tangencial	Muito pobre	
	Cerne	Long/Rd/Tg	Muito pobre	
<i>E. parviflora</i>	Alburno	Rd/Tangencial	Muito pobre	
	Cerne	Long/Rd/Tg	Muito pobre	
<i>E. urophylla</i>	Alburno	Rd/Tangencial	Muito pobre	
	Cerne	Long/Rd/Tg	Muito pobre	

Long = longitudinal; Rd = radial; Tg = tangencial

QUADRO 20 - Classificação da Permeabilidade das quatro espécies estudadas

E S P É C I E	Tipo de Madeira	Direção de Penetração	Qualidade da Permeabilidade	O B S E R V A Ç Õ E S
<i>E. paniculata</i>	Alburno	Longitudinal	Muito Fácil	Absorção da madeira igual ou superior a 60% da sua absorção máxima e a distribuição do preservativo igual ou superior a 80% da área total.
<i>E. tereticornis</i>	Alburno	Longitudinal	Muito Fácil	
<i>E. citriodora</i>	Alburno	Longitudinal	Fácil	Absorção da madeira entre 40 - 59% da sua absorção máxima e distribuição do preservativo igual ou superior a 80% da área total.
<i>E. urophylla</i>	Alburno	Longitudinal	Satisfatória	Absorção da madeira entre 40-59% da sua absorção máxima e distribuição do preservativo entre 50-79% da área total
<i>E. tereticornis</i>	Alburno	Radial	Insuficiente	Absorção da madeira entre 20-39% da sua absorção máxima e distribuição do preservativo inferior a 20% da área total.
<i>E. citriodora</i>	Alburno	Rd/Tangencial	Muito pobre	Absorção da madeira inferior a 20% da sua absorção máxima e distribuição do preservativo menor que 20% da
	Cerne	Long/Rd/Tg	Muito pobre	
<i>tereticornis</i>	Alburno	Tangencial	Muito pobre	

QUADRO 21 - Comparação da permeabilidade das quatro espécies de *Eucalyptus* estudadas com outras espécies

<i>Eucalyptus.</i>	Tipo de Madeira	Espécies com permeabilidade equivalente
<i>E. paniculata</i>	Alburno	<i>Alchornea triplinervia</i> , <i>Hyeronima</i>
<i>E. Tereticornis</i>	Alburno	<i>alchorneoides</i> , <i>Podocarpus lamber</i> <i>tii</i> , <i>Prunus selowii</i> e <i>Tabebuia</i> <i>cassinoides</i>
<i>E. citricdora</i>	Alburno	<i>Mimosa scrabella</i> e <i>Ocotea pul</i> <i>chella</i>
<i>E. urophylla</i>	Alburno	<i>Rhizophora mangle</i>
<i>E. citriodora</i>	Cerne	<i>Sapium glandulatum</i> , <i>Ocotea catha</i> <i>rinensis</i> , <i>Podocarpus lambertii</i> ,
<i>E. paniculata</i>	Cerne	<i>Rhizophora mangle</i> e <i>miconia cin</i> <i>nomomifolia</i> .
<i>E. tereticornis</i>	Cerne	
<i>E. urophylla</i>	Cerne	

A comparação da permeabilidade apresentada no Quadro 21 permite uma melhor interpretação dos resultados.

A similaridade acima apresentada, comprova a importância da madeira das espécies de *Eucalyptus* estudadas como fonte alternativa de matéria prima, tanto para a indústria de Preservação de Madeira como para outros ramos da indústria madeireira.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os estudos sobre a permeabilidade de madeira são pouco conhecidos em países tropicais e, em consequência, a bibliografia sobre o assunto também é muito escassa. Apesar de tratar-se de uma propriedade decisiva tanto para a simples absorção de umidade do ambiente como para importantes usos como postes e dormentes, os testes de permeabilidade têm significância não apenas teórica mas também para uma utilização econômica do recurso natural madeira.

Na pesquisa aplicada como é o caso da Preservação de Madeira, é necessário método simples e eficiente para produzir resultados de boa qualidade e de fácil transformação e aplicação prática. Por esta razão, foi escolhido o método sugerido por Mc QUIRE¹³, cuja comparação com outros, mais teóricos (Ver item 2.1.3.1), mostrou sua validade. A única alternativa encontrada na literatura, além do método proposto por Mc QUIRE¹³, foi o indicado por FOUGEROUSSE⁷, mas a sua utilização necessita ou obriga o emprego de madeira com maiores dimensões (5 cm X 5 cm X 100 cm).

O método proposto por Mc QUIRE¹³, com a utilização de amostras com as dimensões de 2 cm X 2 cm X 10 cm, considera a dificuldade comum de coletar e transportar grandes quantidades de madeira para a realização dos testes. No caso da proposição de Mc QUIRE¹³, o material a ser coletado poderia ser um disco de somente 15 a 20 cm de comprimento. Em virtude

de outros autores, como CRONSHAW⁵ e WARDROP & DAVIES²⁶, trabalhando com amostras de 10 cm de comprimento terem obtidos bons e claros resultados, aceitou-se as dimensões acima mencionadas para os corpos de prova da presente pesquisa. A fácil classificação da permeabilidade das espécies através dos resultados obtidos neste trabalho, confirmaram o acerto da decisão tomada.

O ciclo de tratamento utilizado nesta pesquisa foi o ciclo "standard" que permite, logicamente, modificações quanto ao tempo de cada fase e quanto aos valores de vácuo e/ou pressão. Em virtude de uma das finalidades do trabalho ser a de classificar a permeabilidade de quatro espécies de *Eucalyptus* e, se possível, compará-las com a de outras espécies de folhosas nativas, nenhuma modificação foi inserida. No entanto, os resultados mostraram claras diferenças entre as espécies estudadas, o que justifica e recomenda a realização de pesquisas com o objetivo de minimizar as diferenças entre as permeabilidades das espécies.

Devido a metodologia adotada neste trabalho, não foi possível o estudo de detalhes das diferentes causas das diferenças significantes na permeabilidade das espécies estudadas. No entanto, pode-se interpretar que estas diferenças podem ser determinadas pelos diferentes graus de obstrução dos vasos por tiloses, que pela sua origem genética, varia de espécie para espécie.

A idade das árvores de onde foi coletado o material utilizado nesta pesquisa é de 8-12 anos. Todavia, considerando que a coleta foi ao acaso e que todas as espécies apresentavam variações de 4 anos de idade, interpreta-se que o

fator idade não foi determinante para as diferenças dos resultados da permeabilidade encontradas entre as quatro espécies deste estudo.

O fator local de crescimento também não deve ter sido de grande influência porque todas as árvores consideradas são originárias do mesmo plantio. Por isso pode-se interpretar que as diferenças de permeabilidade encontradas entre as espécies de *Eucalyptus* desta pesquisa mostram realmente as diferenças entre as suas permeabilidades. Por isso, são válidas para os processos de preservação de madeira, especialmente naqueles onde se aplica vácuo e pressão, isto é, processos como Bethell, Lowry e Rüpping.

De grande importância foi o bom comportamento das espécies *Eucalyptus paniculata* e *E. tereticornis* em comparação com *E. citriodora*, a espécie mais usada no Brasil para postes de eletrificação. Apenas a espécie *E. urophylla* mostrou valores muito baixos.

Importante também, foi a confirmação dos valores da permeabilidade nas direções longitudinal, radial e tangencial para todas as espécies deste trabalho. Apesar da qualificação Muito Pobre, verificou-se que também existe penetração do líquido preservativo nas direções radial e tangencial e, sem dúvida, este fato contribuiu para mostrar a efetividade da preservação da madeira.

Referências sobre a impermeabilidade do cerne de folhosas são comuns. Na prática, verificou-se que em muitos casos, madeira instalada em contato com o solo e com boa imunização no alburno, pode ter o cerne facilmente destruído (por cupins e fungos destruidores) por falta de preservativo neste

tipo de madeira. Os resultados desta pesquisa confirmaram po
rêm que existe uma certa permeabilidade nas três direções do
cerne.

A classificação Muito Pobre, confirma as experiên
cias práticas mas, por outro lado, o fato de que existe uma
certa permeabilidade no cerne, permite a conclusão de que, a
través de métodos especiais e com o uso de preservativos de alta
solubilidade e moléculas menores, é possível aumentar tamb
êm a resistência do cerne pela imunização. A pesquisa mostra
a validade de se iniciar estudos especiais para se aproveitar
esta permeabilidade limitada do cerne e que o efeito de sua
imunização dependeria especialmente do tipo de preservativo a
plicado, de sua concentração, da porcentagem de umidade na made
ira e, da manipulação do poste imediatamente após a aplicação
do preservativo. Os resultados, especialmente da permeabili
dade do cerne, confirmam a necessidade de respeitar um temp
o para a fixação do sal, após o tratamento, de 4 a 6 semanas,
isto é, um tempo de repouso durante o qual o poste não pode
ser deslocado, permitindo a fixação, na madeira, dos elemento
s preservativos, tanto no alburno como no cerne.

A comparação das espécies utilizadas neste trabalho
com outras espécies nativas já testadas (Quadro 21), mostr
am que algumas destas espécies apresentam igual ou melhor
permeabilidade do que a dos *Eucalyptus*. Sob o ponto de vista
da Preservação da Madeira, este fato justifica que, tanto as
espécies de *Eucalyptus* como as espécies nativas de mesma quali
ficação podem ser tratadas e usadas indistintamente. Por outro
lado, é recomendável não se incluir todas as quatro espé
cies de *Eucalyptus* estudadas para um tratamento conjunto por

que os resultados serão diferentes. Limitando-se às espécies estudadas, por exemplo, pode-se imunizar *Eucalyptus paniculata* com *E. tereticornis*. Entretanto, incluir *E. citriodora* no mesmo tratamento, tornar-se-ia crítico e finalmente, a inclusão de *E. urophylla* não é recomendável.

6. RECOMENDAÇÕES

Como a pesquisa demonstrou um método simples e de fácil aplicação para medir e comparar espécies baseada na permeabilidade de quatro espécies de *Eucalyptus*, recomenda-se o seguinte:

- 1º - Introduzir testes de permeabilidade como pré condição para a determinação do uso final de madeiras de folhosas e de coníferas.
- 2º - Continuar com os estudos empregando o mesmo processo "standard" descrito no texto, para todas as espécies de importância, com o objetivo de compará-las e classificá-las segundo suas permeabilidades.
- 3º - Realizar estudos de permeabilidade modificando o ciclo de processo de tratamento, isto é, tempo e valores de vácuo e pressão, e a concentração do preservativo, com espécies de baixa permeabilidade, com o objetivo de garantir a qualidade de sua imunização.
- 4º - Realizar estudos e observações sobre a penetração do preservativo no cerne durante o tempo de repouso e de fixação.

RESUMO

Neste trabalho é estudada a permeabilidade de 4 espécies de *Eucalyptus*: *Eucalyptus citriodora* Hook, *E. paniculata* Sm, *E. tereticornis* Sm, e *E. urophylla* S.T. Blake, com idade entre 8-12 anos, provenientes de plantios para a produção de postes no Município de Rio Claro, Estado de São Paulo.

Os estudos realizados abrangeram a permeabilidade nas direções longitudinal, radial e tangencial, tanto do alburno como do cerne pelo método vácuo/pressão, recomendado por Mc QUIRE¹³. As dimensões dos corpos de prova foram de 8cm x 2cm para os testes de penetração longitudinal e 2cm x 2cm x 2cm para os testes de penetração radial e tangencial; para as espécies *Eucalyptus paniculata* Sm, e *E. tereticornis* Sm, as dimensões dos corpos de prova do alburno tiveram uma seção transversal de 2cm x 2cm x 1cm., devido a pouca espessura do alburno nestas espécies.

Através de avaliação da permeabilidade pelos métodos de absorção do preservativo em relação à absorção máxima possível e pela distribuição do preservativo a 1 cm da área impermeabilizada, as espécies estudadas foram agrupadas em categorias de qualidade de permeabilidade proposta por Mc QUIRE¹³. O preservativo empregado foi a solução aquosa de "Tanalith A", 50%, a uma concentração de 2% de óxidos e temperatura de 18 a 20°C.

Verificou-se que na direção longitudinal o alburno de todas as 4 espécies apresentou uma penetração a um nível adequado. Contudo, a penetração nas direções radial e longitudinal, o alburno destas espécies apresentou um nível de absorção inferior, como já foi observado por outros autores (RUDMAN¹⁸, HUNT & GARRAT¹⁰ e NICHOLAS & SIAU¹⁴). Em relação à permeabilidade apresentada pelo cerne, todas as espécies aqui estudadas mostraram penetração, apesar dos baixos valores em todas as direções.

Pelos resultados apresentados, verifica-se que, por diferença na classificação de penetração, somente as espécies *Eucalyptus paniculata* e *E. tereticornis* podem ser tratadas conjuntamente. As espécies *E. citriodora* e *E. urophylla* necessitam de valores maiores de pressão, vácuo ou maior concentração do preservativo, para alcançarem o mesmo nível de imunização das duas espécies antes mencionadas.

Entre outras recomendações, é desejável a introdução de testes sobre a permeabilidade, como requisito básico e importante para se julgar o uso final de uma espécie madereira.

SUMMARY

In this work, the permeability of *Eucalyptus citriodora* Hook, *E. paniculata* Sm., *E. tereticornis* Sm. and *E. urophylla* S.T. Blake are studied. These species are collected from plantations for poles production in Rio Claro, State of São Paulo, with 14-20 cm in diameter and 8-12 years old.

This research contain the permeability on tangential, radial and longitudinal directions and its relationships both sapwood and heartwood.

Through permeability evaluations methods of absorption relating to the maximum uptake and preservative distribution into samples, the species are enclosed in quality of permeability proposed by Mc QUIRE¹³. The preservative used was the waterborne "Tanalith A", 50%, at 2% oxid concentration and 18 - 20°C during treatments.

The results from this work, in longitudinal direction of all species presented adequate level of immunization for use in ground contact. Therefore, the penetration in others directions, i. e., radial and tangencial, aren't sufficient.

Heartwood permeability presented by these species was very fair in all anatomical directions, may be by extractives and mainly tylosis into the vessels.

The low level absorption presented by heartwood must be improved to minimize the difference among the permeability

lity of these species.

From this work the sequence of quality permeability is: *Eucalyptus tereticornis* Sm., *E. paniculata* Sm., *E. urophylla* S. T. Blake and *E. citriodora* Hook and from the result of its permeability only *E. paniculata* and *E. tereticornis* can be treated together.

Research on specific permeability is recommended as an important and basic requirement to indicate the final use of the timbers.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, E. N. de O Eucalipto. 2. ed. Companhia Paulista de Estrada de Ferro. São Paulo, 1961. p. 54 e 57.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Manual de Pre
servação de Madeiras. Norma MB-790. São Paulo, Convê
nio IBDF-IPT-ABPM, s.d. s.p.
3. BANKS, W.B. A Technique for Measuring the Lateral Permea
bility of Wood. Journal of The Institute of Wood Scien
ce, 1968. p. 35-41.
4. CÔTÉ, W.A.JR. Structural Factors Affectinf the Permeabili-
ty of Wood. Journal of Polymer Science: Part C. 1963.
5. CRONSHAW, J. The Fine Structure of the Pits of *Eucalyptus*
regnans F. Muell and Their Relations to the Movement of Liquids
into the Wood. Australian Journal of Botany, 1960.
v.8.(1): 51-57.
6. ERICKSON, H.D. & ESTEP, E.M. Permeability of Douglas-Fir
Heartwood. Forest Products Journal, July, 1962.
7. FOUGEROUSSE, M. An exploratory method for assessing the
suitability of wood of different species for pressure
impregnation with preservatives. Material und Organis
men, 10 (4):311-318, 1975.
8. GERALDO, F.C. & CAVALCANTE, M.S. Segundo Levantamento de
Dados Junto às Usinas de Preservação de Madeiras do
País. Preservação de Madeiras. São Paulo, 1973. v. 8/9

(1):23-30.

9. HAYASHI S. & NISHIMOTO, K. Studies on the Water Permeability of Hardwoods. Wood Research Kyoto, 1965 (25): 33-43.
10. HUNT, G.M. & GARRAT, G.A. Wood Preservation. 3. ed. New York. Mc Graw Hill Book Company, 1967. 433 p.
11. KARSTEDT, P. & GLOGER, C.A. del C. As possibilidades de Imunização de Madeiras no Brasil. In: SEMINÁRIO DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS TROPICAIS DE POVOAMENTOS NATURAIS E ARTIFICIAIS NA INDÚSTRIA MADEIREIRA MODERNA. Curitiba, 1978. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. p. 43-61.
12. LIESE, W. Treatability. In: FAO/IUFRO/DSE. International Seminar on Wood Preservation in Tropical Countries, Munich, 1967. Rome, FAO, 1967. Document Nº II/5.2. 3p.
13. Mc QUIRE, A.J. Evaluation on Treatability by (i) pressure (ii) Sap Displacement, and (iii) Diffusion. In: TROPICAL WOOD PRESERVATION SEMINAR, Port Moresby, 1975. The Economy and Utilization of Timber in the Tropics Through Wood Preservation. Port Moresby, Papua New Guinea. Forest Products Research Centre, Department of Forests, 1975. Session 7, Research and Development in Wood Preservation, topic (c), 11 p.
14. NICHOLAS, D. D. & SIAU, J. F. Factors influencing the Treatability of Wood. In: NICHOLAS, D.D. ed. Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments. 1. ed. New York. Syracuse University Press, 1973. v. 2 p. 299-343.

15. PARANÁ. Universidade Federal. Centro de Pesquisas Florestais. Estudos das Alternativas Técnicas.... Curitiba , 1979. 335 f. (Convênio 28/76 SUDESUL/IBDF/Governo do Estado do Paraná).
16. PURSLOW, D.F. & REDDING, L. W. Comparative Tests on the Resistance of Timbers to Impregnation with Creosote and Cooper/Chrome/Arsenic Water-Borne Preservative. Sem informações.
17. RAK, J. Some Factors Affecting the treatability of Spruce Roundwood with Ammoniacal Preservative Solutions Ottawa. Canadian Forestry Service. Eastern Forest Products Laboratory, 1976. 20f. (IRG/WP/371).
18. RESCH, H. & ECKLUND, B.A. Permeability of Wood. Exemplified by Measurements on Roundwood. Forest Products Journal, 1964. p. 199-205.
19. RUDMAN, P. Studies in Wood Preservation. Pt. I) The Penetration of Liquids into Eucalypt Sapwoods. HOLZFORSCHUNG, 1965. Bd. 19 H I. p. 5-13.
20. ____ Studies in Wood Preservation. Pt. II) Movement of Aqueous Solutions Through the Pits and Cell Walls of Eucalypt Sapwoods. HOLZFORSCHUNG, 1966. Bd. 20 H I. p. 57-60.
21. ____ Studies in Wood Preservation. Pt. III) The Penetration of the Fine Structure of Wood by Inorganic Solutions Including Wood Preservatives. HOLZFORSCHUNG, 1966. Bd. 20 H 2. p. 60-67.
22. SIAU, J. F. Flow in Wood. Syracuse, Syracuse University Press, 1971. 131 p.

23. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and Procedures of Statistics. New York, Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 1960. 481 p.
24. TESORO, F.O. & CHOONG, E.T. Relationship of Longitudinal Permeability to Treatability of Wood. HOLZFORSCHUNG , 1967. Bd. 30. H 3. p. 91-96.
25. WARDROP, A.B. I DAVIES, G. W. Some Anatomical Factors Relating to the Penetration of Water into Xylem of Gymnosperms. Australian Journal of Botany, 1958 v. 6 (2): 96-107.
26. WILKINSON, J. G. Industrial Timber Preservation. 1.ed. London, Associated Business Press, 1979. 523 p.

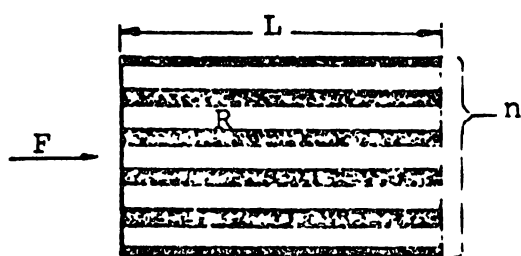


Fig. 1 - Modelo para o fluxo longitudinal em fo-
lhasas. L = comprimento da amostra, F =
direção do fluxo, $n = N$ capilares por
 cm^2 , R = vasos de raio R (Segundo SIAU,
1971)

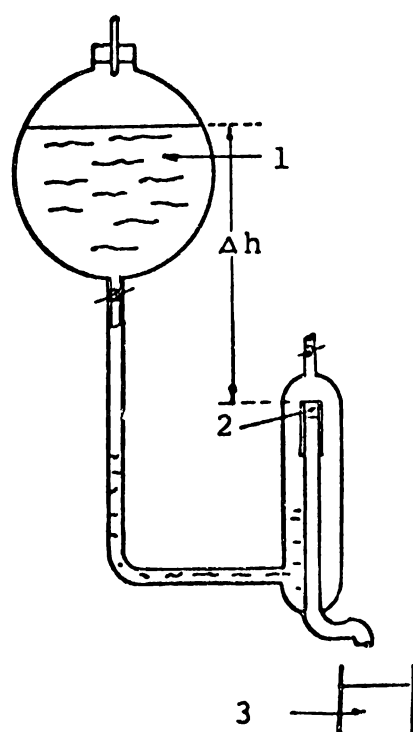


Fig. 2 - Aparelho para medir a permeabilidade longitudinal de líquidos. 1 = líquido de teste, 2 = corpo de prova, 3 = cilindro graduado, Δh = altura do líquido antes do teste (Segundo RESCH & ECKLUND, 1964)

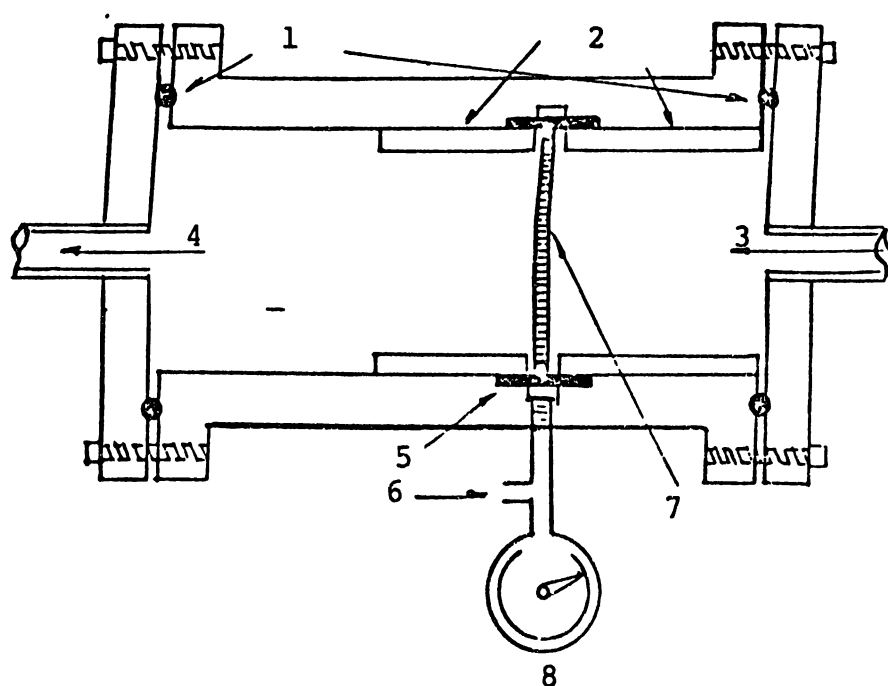


Fig. 3 - Célula do aparelho para medir o fluxo transversal de gases. 1 = anel de borracha, 2 = luvas de metal, 3 = entrada do gás, 4 = saída do gás, 5 = luva de borracha, 6 = entrada de ar, 7 = amostra, 8 = manômetro. (Segundo RESCH & ECKLUND, 1964).

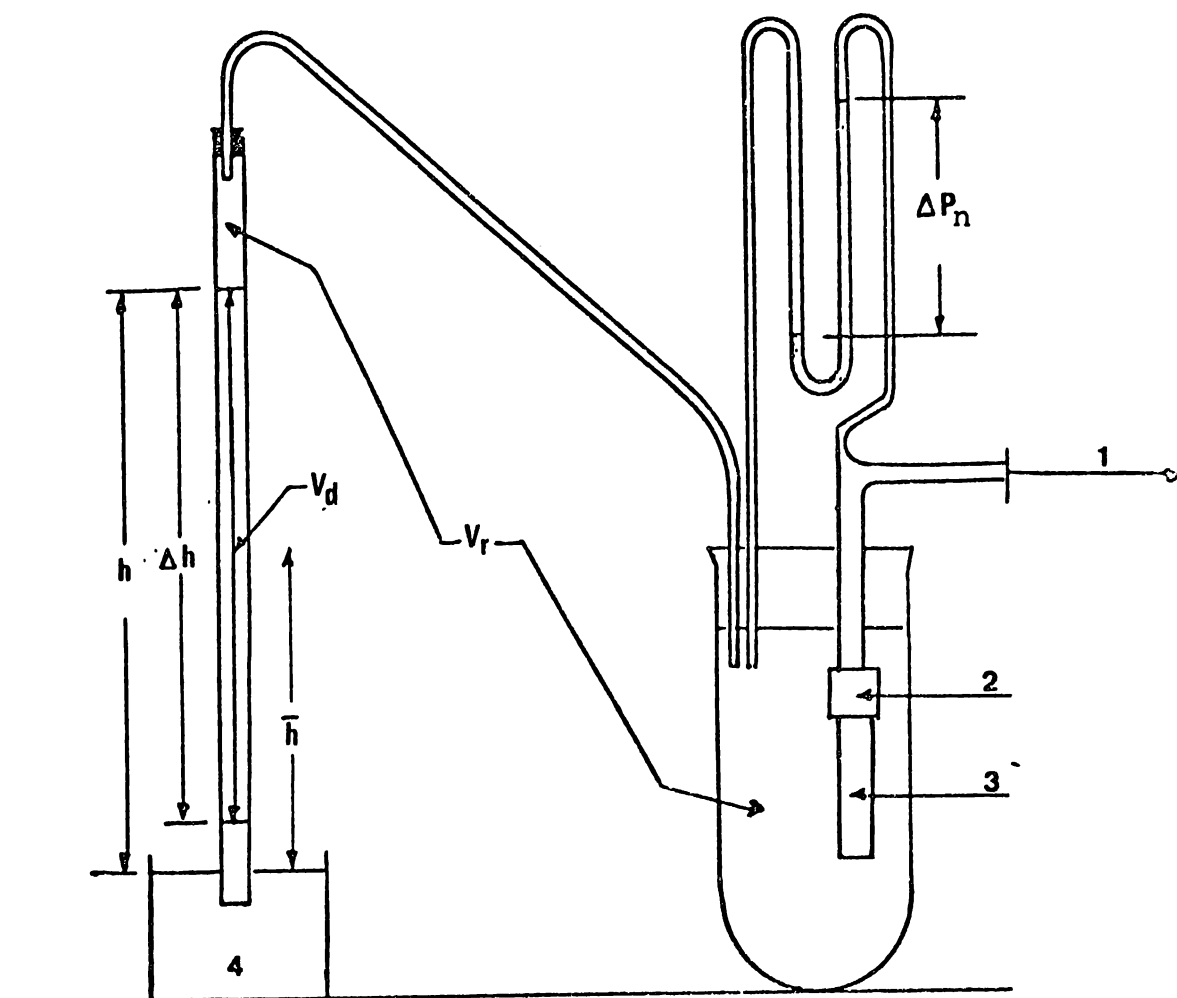


Fig. 4 - Aparelho para medir a permeabilidade de gases. 1 = pa
ra bomba de vácuo, 2 = luva de borracha, 3 = corpo de
prova, 4 = reservatório de água, Δh = variação na al
tura da água (cm) durante o período de medição, (t),
 V_d = volume de gás deslocado pela água no tubo de des
locamento (cm), V_r = volume de gás restante no fim
do período de medição, $\bar{h}$ = altura média da água so
bre a superfície do reservatório, h = altura do nível
da água elevada pelo vácuo, P_n = posição inicial no
manômetro (Segundo SIAU, 1971)

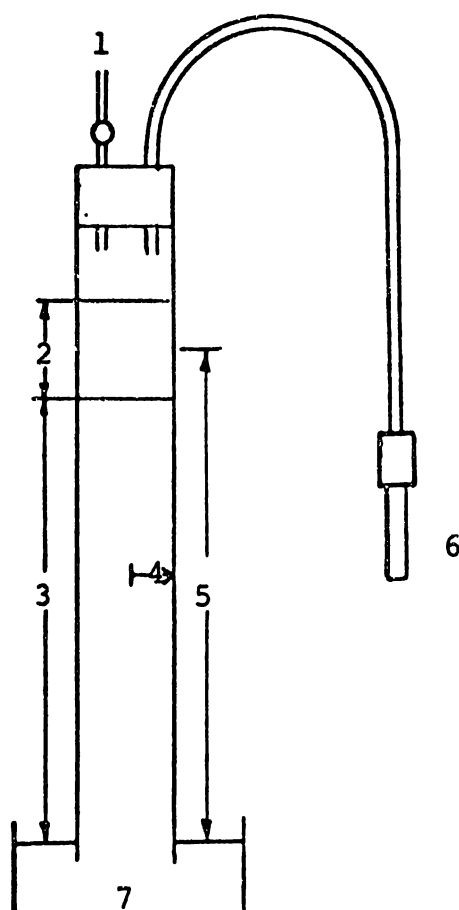


Fig. 5 - Aparelho para medir a permeabilidade aos gases. 1 = para bomba de vácuo, 2 = variação na altura da água durante o tempo de medição, 3 = altura da água antes do tempo de medição, 4 = raio do tubo de medida, 5 = altura média da água sobre a superfície do reservatório de água durante o tempo de medição, 6 = corpo de prova, 7 = reservatório de água (Segundo SIAU, 1971).

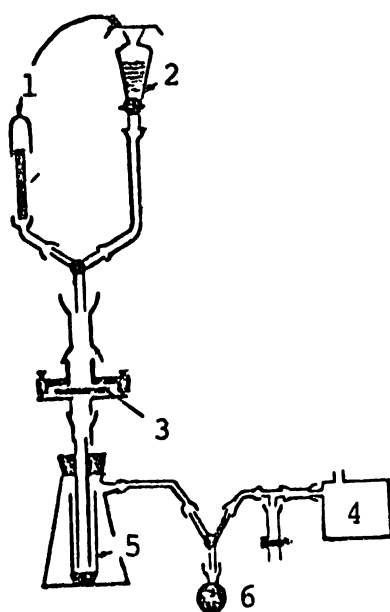


Fig. 6 - Aparelho para medir a permeabilidade de líquidos. 1 = cobertura de vidro, 2 = filtro indicador, 3 = corpo de prova, 4 = bomba de vácuo, 5 = receptáculo, 6 = vacuômetro (Segundo RAK, 1976).

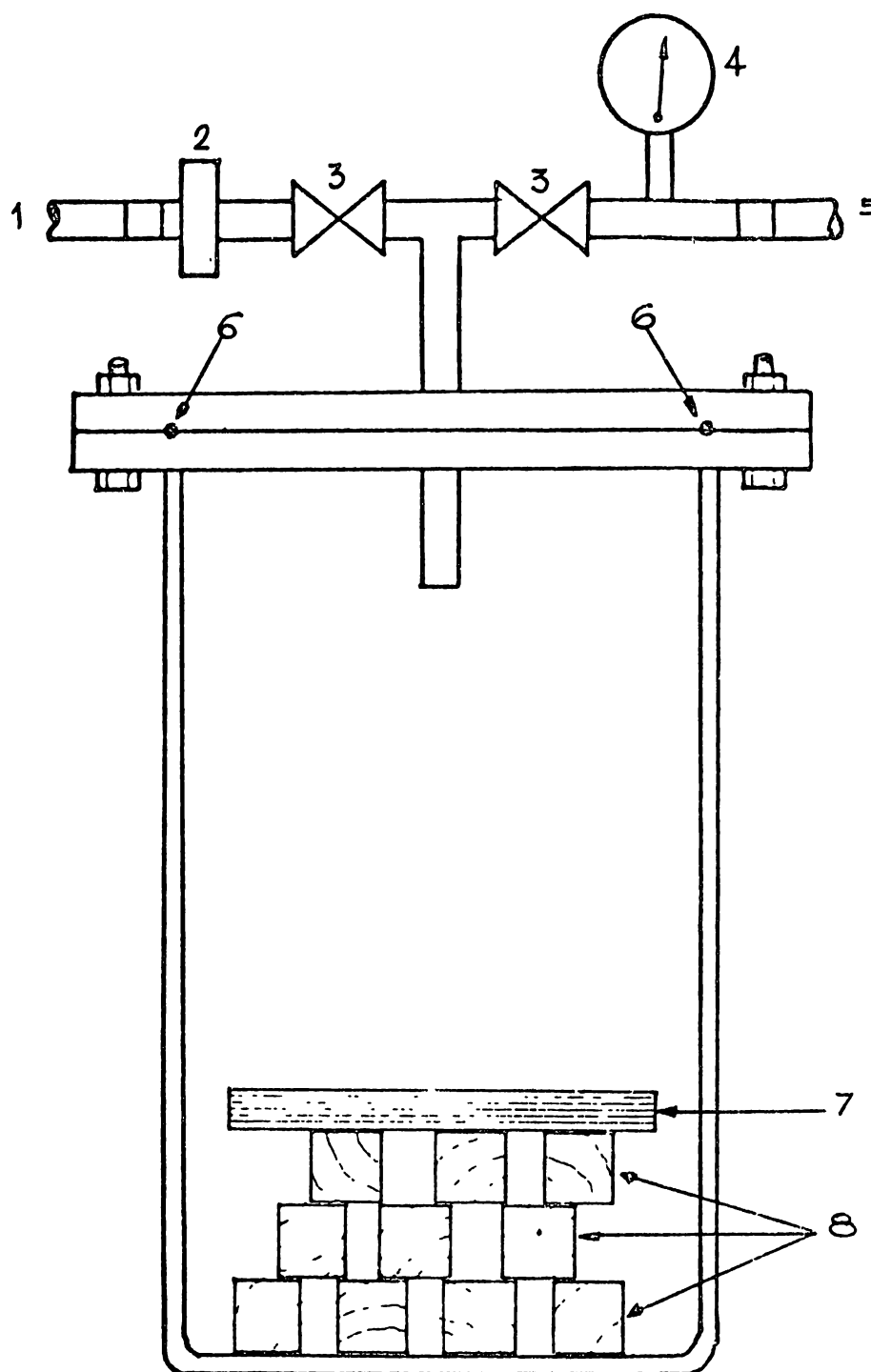


Fig. 7 - Aparelho para medir a absorção de líquidos.
 1 = para garrafa de gás (pressão), 2 = válvula de segurança, 3 = válvulas (registros), 4 = vacuômetro, 5 = para bomba de vácuo e depósito de líquido, 6 = anel de borracha, 7 = peso de vidro, 8 = corpos de prova (Segundo Mc QUIRE, 1975).

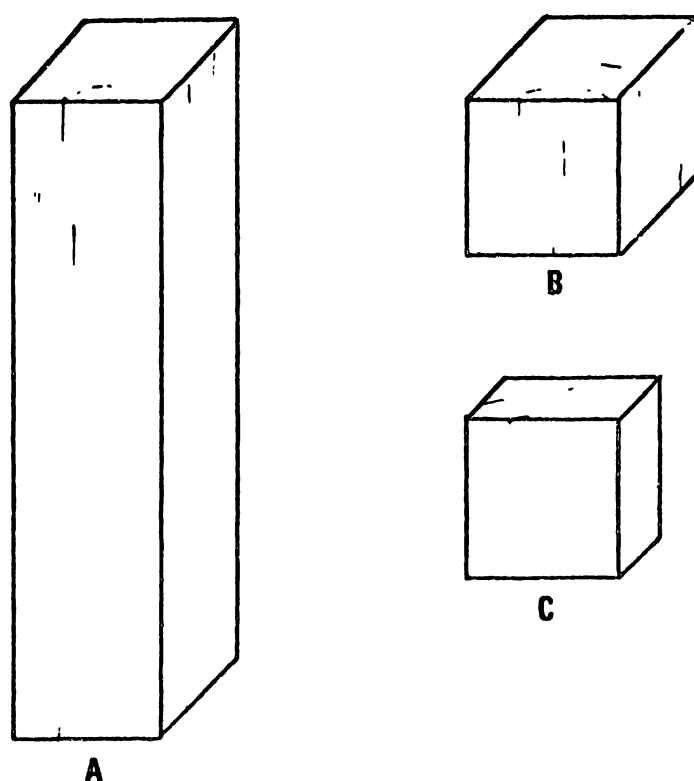


Fig. 8 - Corpos de prova de *Eucalyptus* utilizados para determinação de suas permeabilidades pelo método de absorção. A = corpo de prova utilizado para os testes de permeabilidade longitudinal (8cm X 2cm X 2cm), B = corpo de prova utilizado para os testes de permeabilidade radial e tangencial de *Eucalyptus citriodora* e *E. urophylla*, C = corpo de prova utilizado para os testes de permeabilidade radial e tangencial do alburno de *Eucalyptus paniculata* Sm e *E. tereticornis* Sm (2 cm X 2 cm X 1 cm).

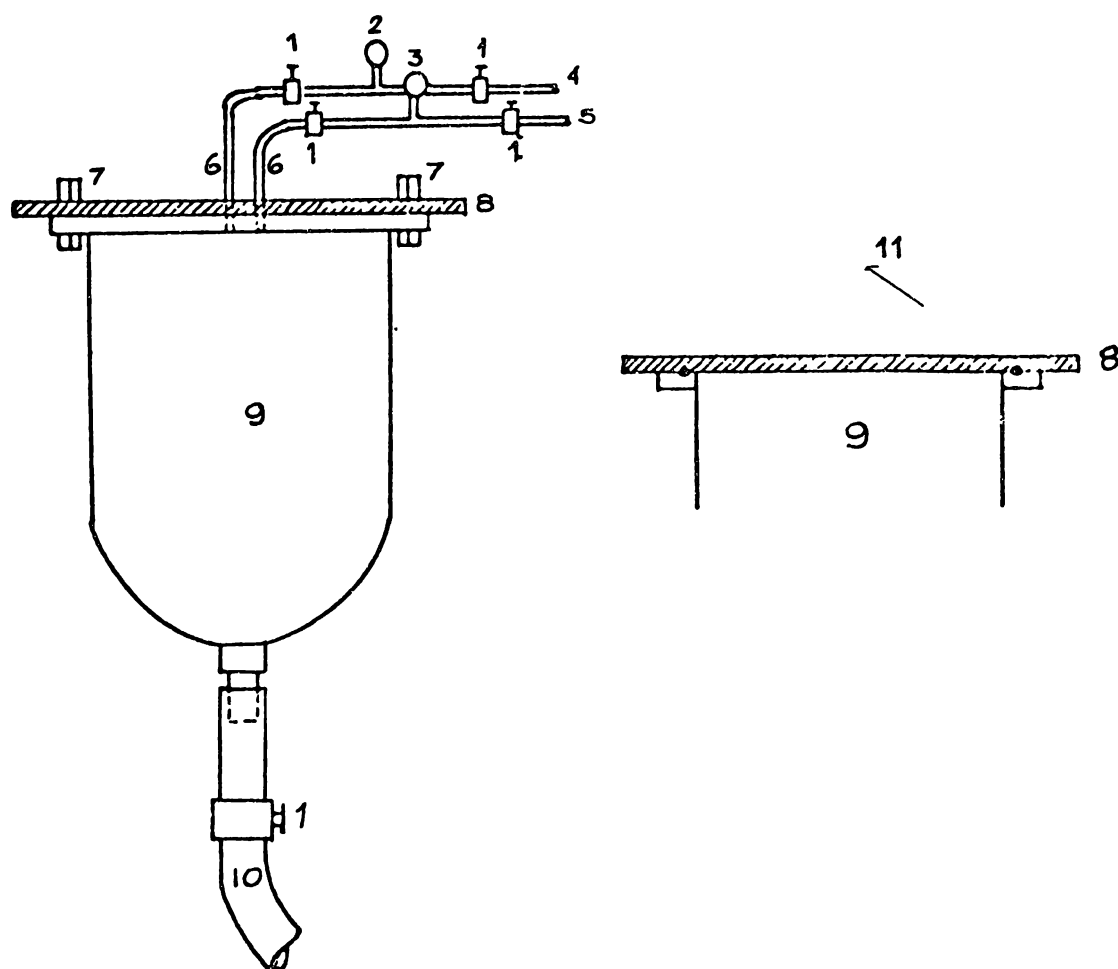


Fig. 9 - Unidade de tratamento construída para a realização dos testes de permeabilidade em madeiras de *Eucalyptus*. 1 = válvulas (registros), 2 = manômetro, 3 = vacuômetro, 4 = para bomba de pressão, 5 = para bomba de vácuo, 6 = tubos de cobre ($\varnothing$ externo 4mm) , 7 = parafusos, 8 = tampa, 9 = câmara de tratamento, 10 = tubo de plástico reforçado , 11 = anel de borracha.

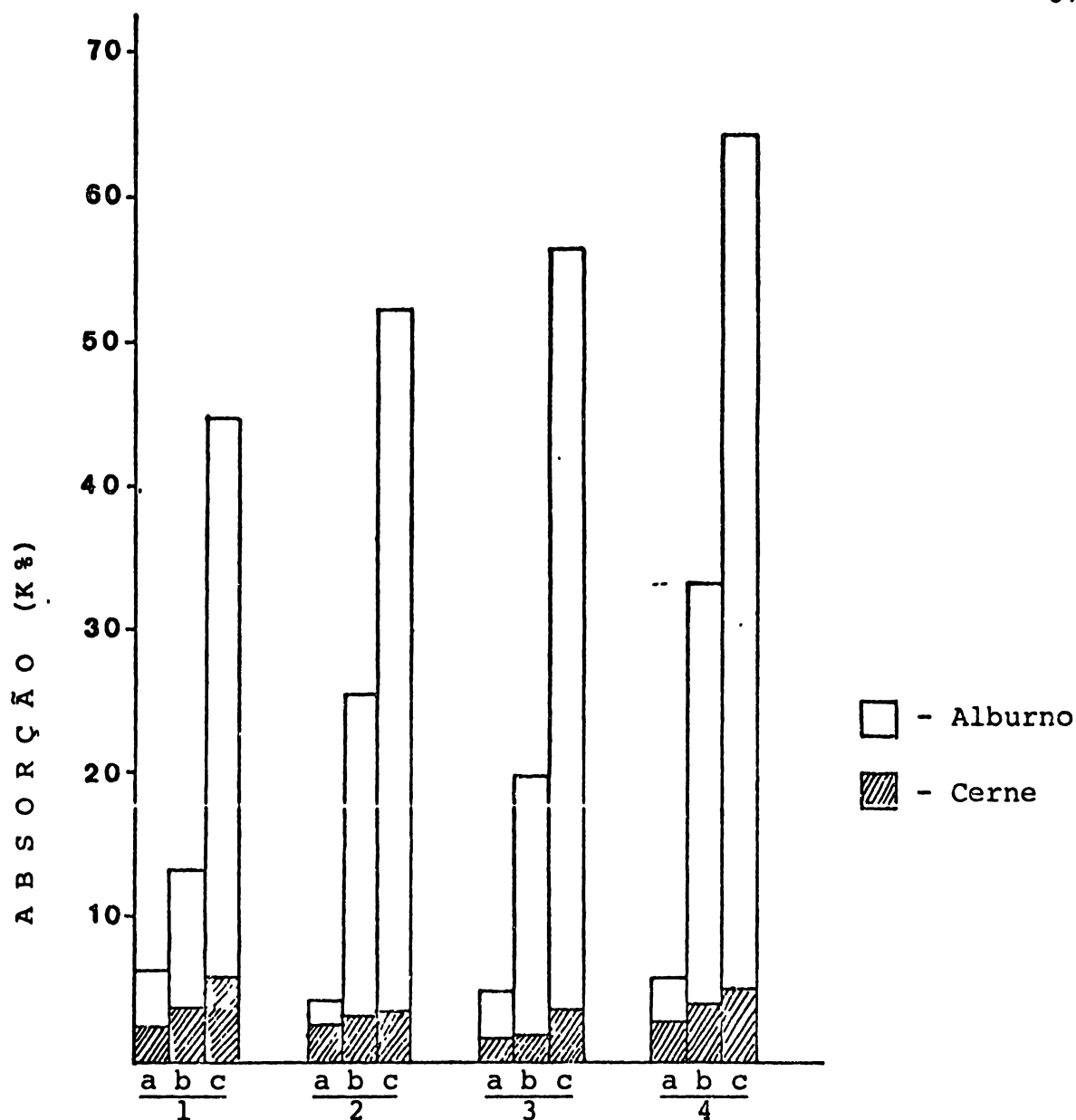


Fig. 10 - Representação da absorção média (K%), segundo as espécies, direção, penetração e alburno/cerne. 1 = *Eucalyptus citriodora*, 2 = *E. urophylla*, 3 = *E. paniculata*, 4 = *E. tereticornis*, a = direção tangencial, b = direção radial, c = direção longitudinal.

A P P E N D I C E

RESPONSÁVEL

Tipo do líquido

Temperatura
°C

Data

ESPECIE

N.V.

TRATAMENTO: Vácuo

min

tempo interv.
seg.

Pressão

$$\min$$

DIMENSÕES NOMINAIS:

Nº do corpo de prova	P_s	P_0	P_1	$U(\%)$	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	Alburno k (%)	Cerne k (%)
Valor Médio (K_x)													

nde:

ρ_s = Peso saturado

, = Peso seco absoluto

= Peso a unidade U

$$= \text{Peso reajustado a } U = 2\% : P = \frac{(P_1 - P_0) \cdot 12}{U} + P_0$$

= Peso das amostras impermeabilizadas

= Peso do impermeabilizador: $P_4 = P_3 - P_1$

= Peso da amostra tratada

= Correção do valor (P_5) através subtração do peso da cola (P_4)

$P_7 =$ Correção do valor (P_6) a 12% U (P_2) $P_7 = P_6 - P_2$

$P_8 =$ Correção do valor (P_5) a 12% U (P_2) $P_8 = P_5 - P_2$

$$= \text{absorção do líquido em relação à absorção máxima: } K = \frac{P_7}{P_8} \times 100(\%)$$

QUADRO 05 - Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento do tratamento e da absorção do preservativo (K%) por árvore nas 3 direções da espécie Eucalyptus citriodora Hook.

ÁRVORE	ALBURNO						CERNE					
	RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL		RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL	
	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%
1	13,16	13,14	12,56	8,60	12,88	57,74	13,00	4,10	12,83	3,10	12,66	4,17
2	12,81	13,25	12,65	7,16	12,51	47,04	12,92	5,81	13,00	2,23	12,80	4,15
3	12,30	14,55	13,02	4,96	13,60	40,34	13,12	2,70	13,26	1,50	13,03	3,85
4	12,73	14,00	12,71	6,26	12,79	42,22	13,25	2,34	12,31	3,35	13,16	3,68
5	13,16	12,28	12,96	5,10	13,69	45,40	13,05	4,02	13,15	1,79	13,24	3,28

QUADRO 06 - Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento do tratamento e da absorção do preservativo (K%) por árvore nas 3 direções da espécie Eucalyptus paniculata Sm..

ÁRVORE	ALBURNO						CERNE					
	RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL		RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL	
	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%
1	13,20	13,82	13,16	2,20	13,28	55,69	12,35	2,00	13,17	1,13	12,82	2,31
2	13,32	12,22	12,72	4,88	12,72	71,93	12,47	1,85	12,70	1,86	12,78	5,05
3	12,60	31,82	12,92	4,06	13,12	72,36	12,52	1,79	12,71	1,68	12,93	2,73
4	12,98	17,21	13,28	8,33	12,72	69,14	13,18	1,32	12,88	1,57	12,41	4,26
5	12,76	24,13	12,52	4,88	13,29	55,12	13,07	1,70	12,91	1,56	13,21	2,14

QUADRO 07 - Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento do tratamento e da absorção do preservativo (K%) por árvore nas 3 direções da espécie Eucalyptus tereticornis Sm.

ÁRVORE	ALBURNO						CERNE					
	RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL		RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL	
	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%
1	12,28	34,45	13,05	4,14	12,58	69,62	12,96	4,06	12,62	2,97	12,99	8,81
2	12,67	23,91	12,32	8,01	13,02	67,94	13,10	3,58	12,98	2,81	12,96	3,80
3	12,27	25,80	12,68	4,81	12,97	68,50	12,35	4,91	12,23	3,23	13,18	3,68
4	12,38	27,81	12,37	6,71	13,07	55,04	13,10	3,82	12,61	3,01	13,13	4,65
5	13,45	15,02	12,63	5,97	12,79	69,12	13,16	3,78	12,90	2,97	12,83	4,42

QUADRO 08 - Valores médios do conteúdo de umidade (U%) no momento de tratamento e da absorção do preservativo (K%) por árvore nas 3 direções da espécie Eucalyptus urophylla S. T. Blake.

ÁRVORE	ALBURNO						CERNE					
	RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL		RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL	
	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%
1	12,67	24,20	12,72	4,53	12,57	55,28	12,75	3,52	12,83	2,24	12,55	4,68
2	12,63	26,31	12,78	4,35	12,82	77,71	12,46	3,68	12,42	2,79	12,52	4,10
3	13,16	20,04	12,85	3,35	13,19	50,45	12,87	3,01	12,95	1,96	12,63	3,28
4	13,20	15,82	13,15	2,97	12,84	51,95	13,23	2,16	12,88	2,24	13,06	4,08
5	12,30	39,76	12,70	4,84	13,00	47,62	13,10	2,87	12,82	2,76	12,98	3,49

QUADRO 09 - Valores médios do conteúdo de umidade (U%) e da absorção do preservativo (K%), nas 3 direções de penetração, das 4 espécies estudadas.

ESPÉCIE	ALBURNO						CERNE					
	RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL		RADIAL		TANGENCIAL		LOGITUDINAL	
	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%	U%	K%
<i>E.urophylla</i>	12,97	25,22	12,84	4,00	12,88	56,61	12,88	3,04	12,78	2,39	12,74	3,92
<i>E.citriodora</i>	12,82	13,44	12,78	6,41	13,09	46,54	13,06	3,79	12,91	2,39	12,97	3,82
<i>E.paniculata</i>	12,97	19,84	12,92	4,87	13,02	62,84	12,71	1,73	12,87	1,56	12,83	3,29
<i>E.tereticornis</i>	12,61	30,33	12,61	5,92	12,88	66,04	12,93	4,06	12,66	2,93	13,01	5,06