

Seminário sobre o Setor Florestal e de Celulose no Brasil

“Dificuldades e perspectivas no processo de polpação em função da característica/morfologia da madeira”

05 de maio de 2005 / São Paulo - SP

APRESENTADO POR: **José Mauro de Almeida**

APOIOS:



Dificuldades e perspectivas no processo de polpação em função da característica/morfologia da madeira

José Mauro de Almeida, Ph.D.*

Email: jmaurofibertec@hotmail.com

Tel: (011)4162 4420

- **FiberTechs** - Fiber Technologies Consultoria e Serviços Técnicos S/C LTDA
- Rua John Fitzgerald Kennedy, 130 - CEP 06.447- 450– Barueri – SP - BRASIL.

**Seminário Sobre Setor Florestal e de Celulose no Brasil – Perspectivas e desafios em P&D
ABTCP, SP – 05 de maio de 2005.**

Madeira – Diferentes aplicações

- Floresta – uso múltiplo;
- Critérios de seleção e melhoramento - abrangentes;
- Assim como as árvores devem ser desenvolvidas para se adaptarem às condições edafoclimáticas locais garantindo sanidade, produtividade e qualidade de acordo com seu perfil pretendido de uso, os processos devem se adequar à matéria-prima (M-P);
- Fábricas buscam padronizar a mistura de M-P.

Foto de perfil transversal de conífera



Foto de perfil transversal de conífera

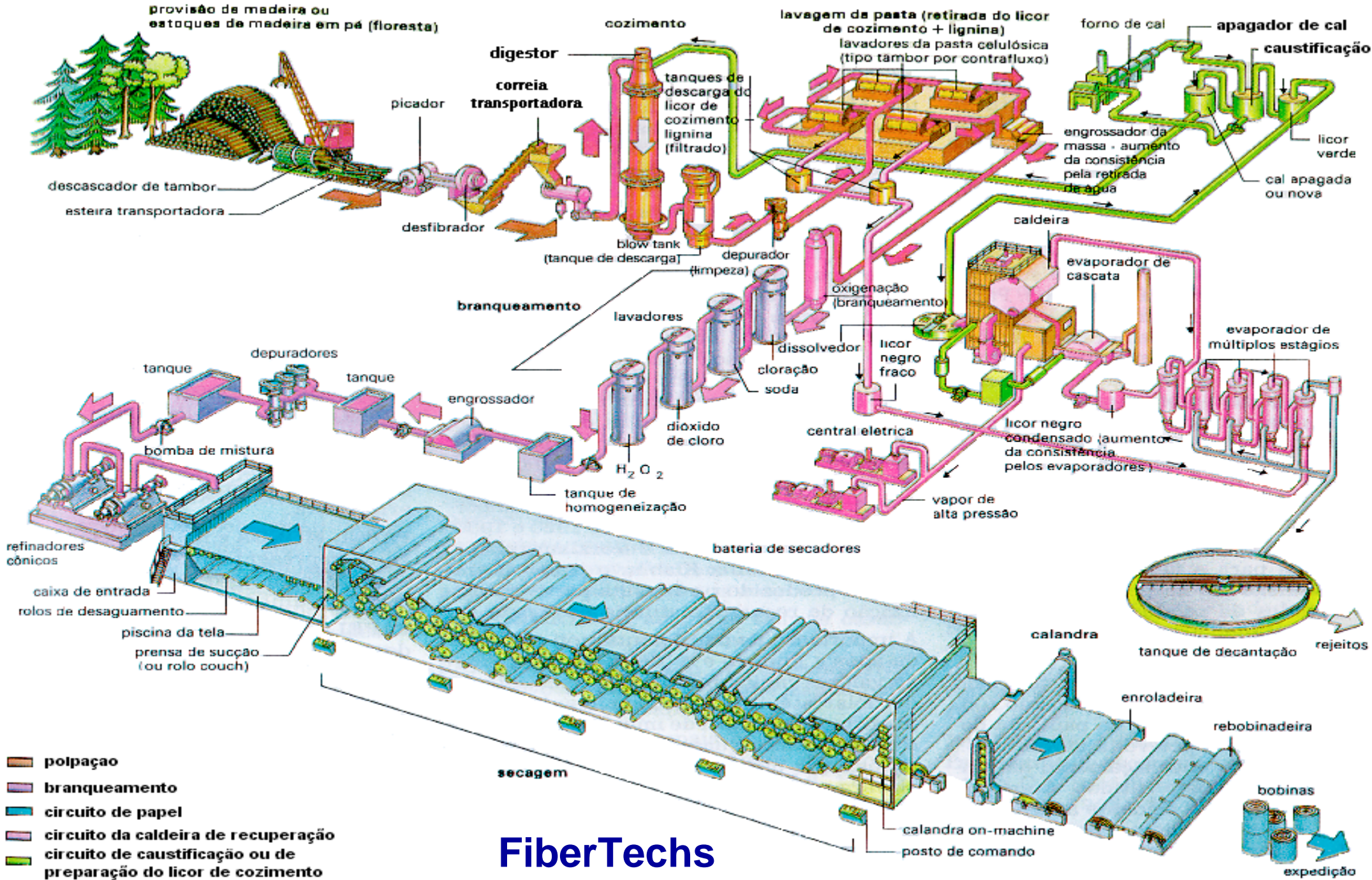


Foto de perfil transversal de folhosa



O processo de polpação ou cozimento

- Objetivo
- Necessidades na polpação – uniformidade / temperatura / contato íntimo com licor de cozimento



FiberTechs

ESQUEMA DE FABRICAÇÃO DE PAPEL PELO PROCESSO DE POLPAÇÃO KRAFT

Aspectos anatômicos x polpação

- Madeira de reação
- Variabilidade - uniformidade
- Casca
- Densidade básica
- Comparação cerne x alburno
- Cavacos – dimensões equilibradas
- Acessibilidade do licor - crítico

Madeira de Reação

- Madeiras anormais
 - ✓ Compressão
 - Traqueídeos menores com formato circular e de parede mais espessa
 - Espaços intercelulares
 - Ausência da camada S3

Fonte: KOGA, M.E.T., 1988.

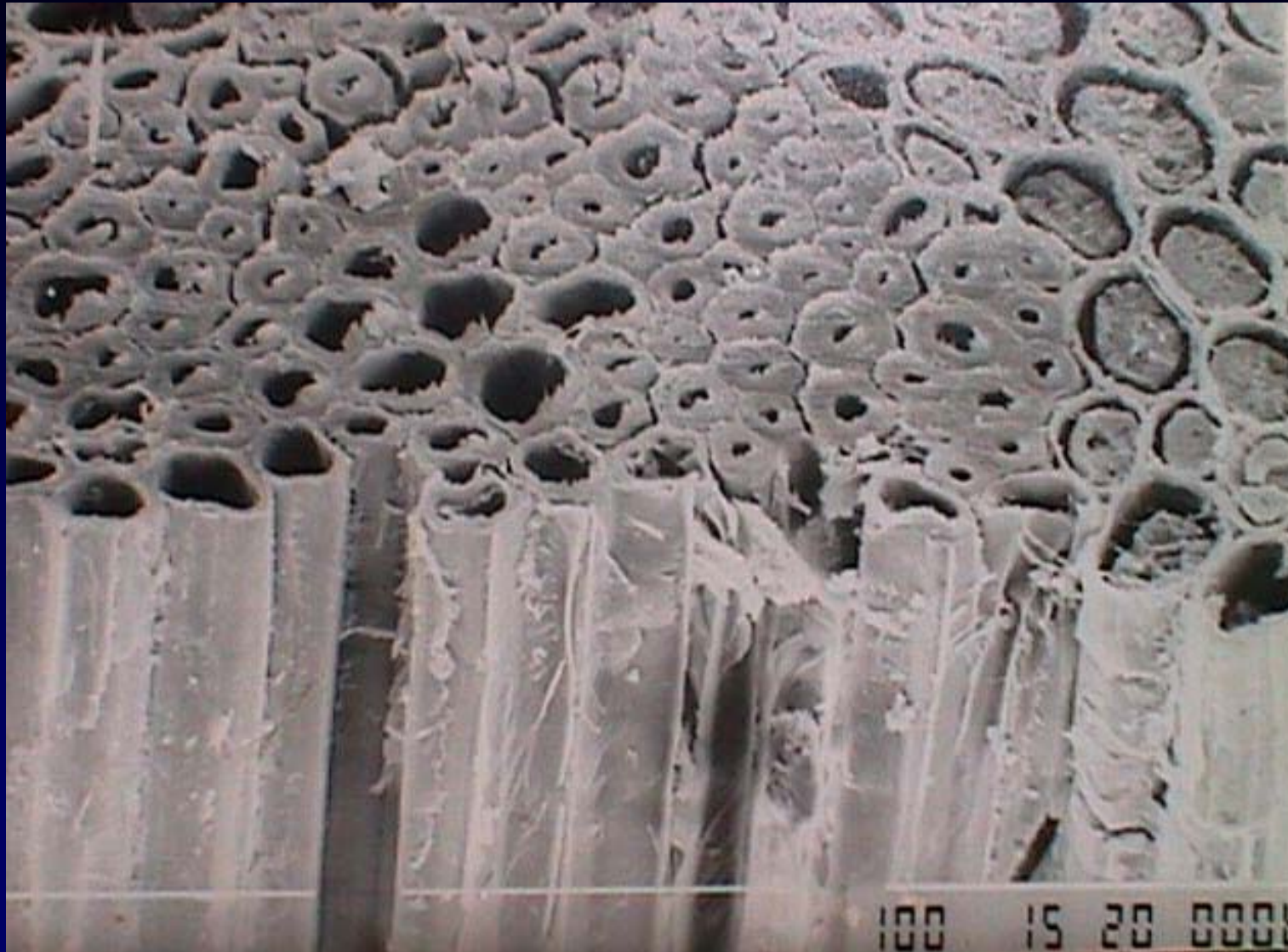
Madeira de Reação

- Madeiras anormais

- ✓ Tensão

- Elementos de vasos de menores dimensões e ocorrências menos freqüente
 - Presença de camada gelatinosa
 - Na camada gelatinosa as microfibrilas são orientadas quase paralelamente ao eixo da fibra

Madeira de tensão



Madeira de Reação

As madeiras de reação também apresentam alterações na composição química comparado aos padrões normais.

- Madeira de compressão apresenta maior teor de lignina e menor teor de celulose além de alterações nas proporções das hemiceluloses;
- Madeira de tensão também apresenta alterações nas proporções das hemiceluloses, aumento no teor de celulose e redução no teor de lignina.

Madeira de Reação

Comportamento das madeiras de reação no cozimento:

- O cozimento de madeira de compressão apresenta baixo rendimento e o produto é mais escuro e difícil de branquear comparado à madeira normal;
- A madeira de tensão, quando cozida, apresenta rendimento superior à madeira normal, porém com propriedades físicas inferiores.

Aspectos anatômicos

- Variações dimensionais dos elementos anatômicos
- Frequência, dimensões e tipos de pontuações

Casca

- Cascas - cinzas
- Remoção
- Efeitos na polpação:
 - Demanda de álcali
 - Incrustações

Cinzas - *Incrustações*



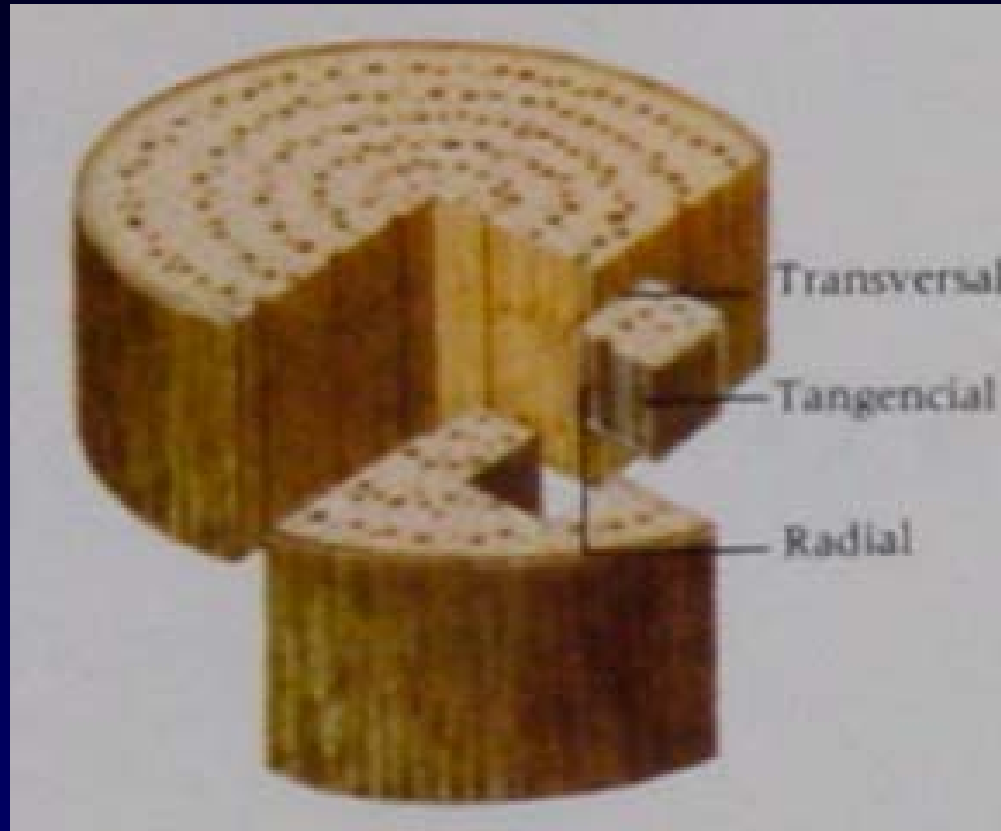
Cinzas - *Incrustações*



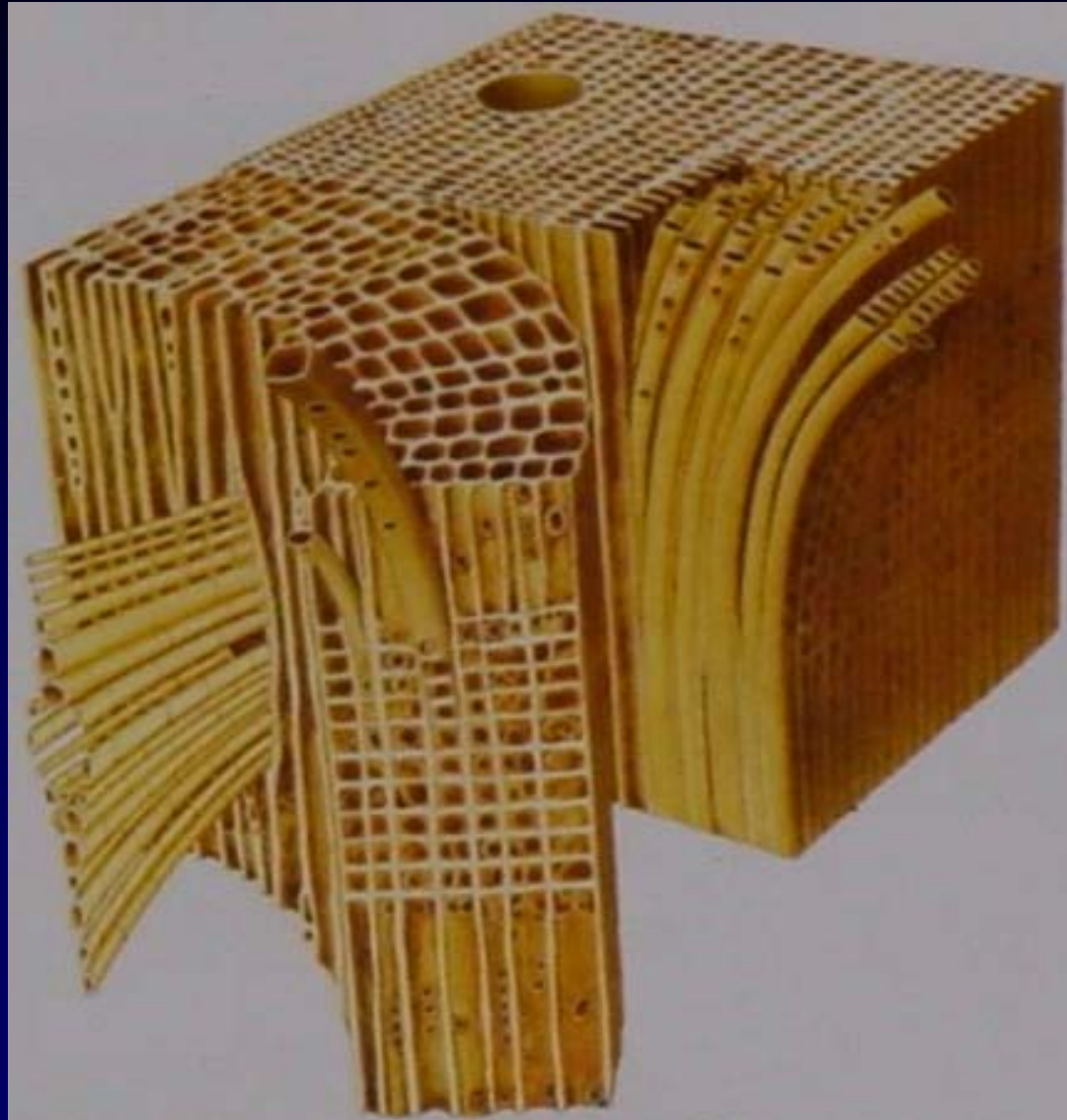
Densidade básica

- **Relação massa/volume – boa herdabilidade**
- **Efeitos na polpação:**
 - **Interfere diretamente em produtividade**
 - **Pode afetar a demanda de álcali**
 - **Pode afetar o rendimento**
 - **Pode afetar a geração de rejeitos e de shives**

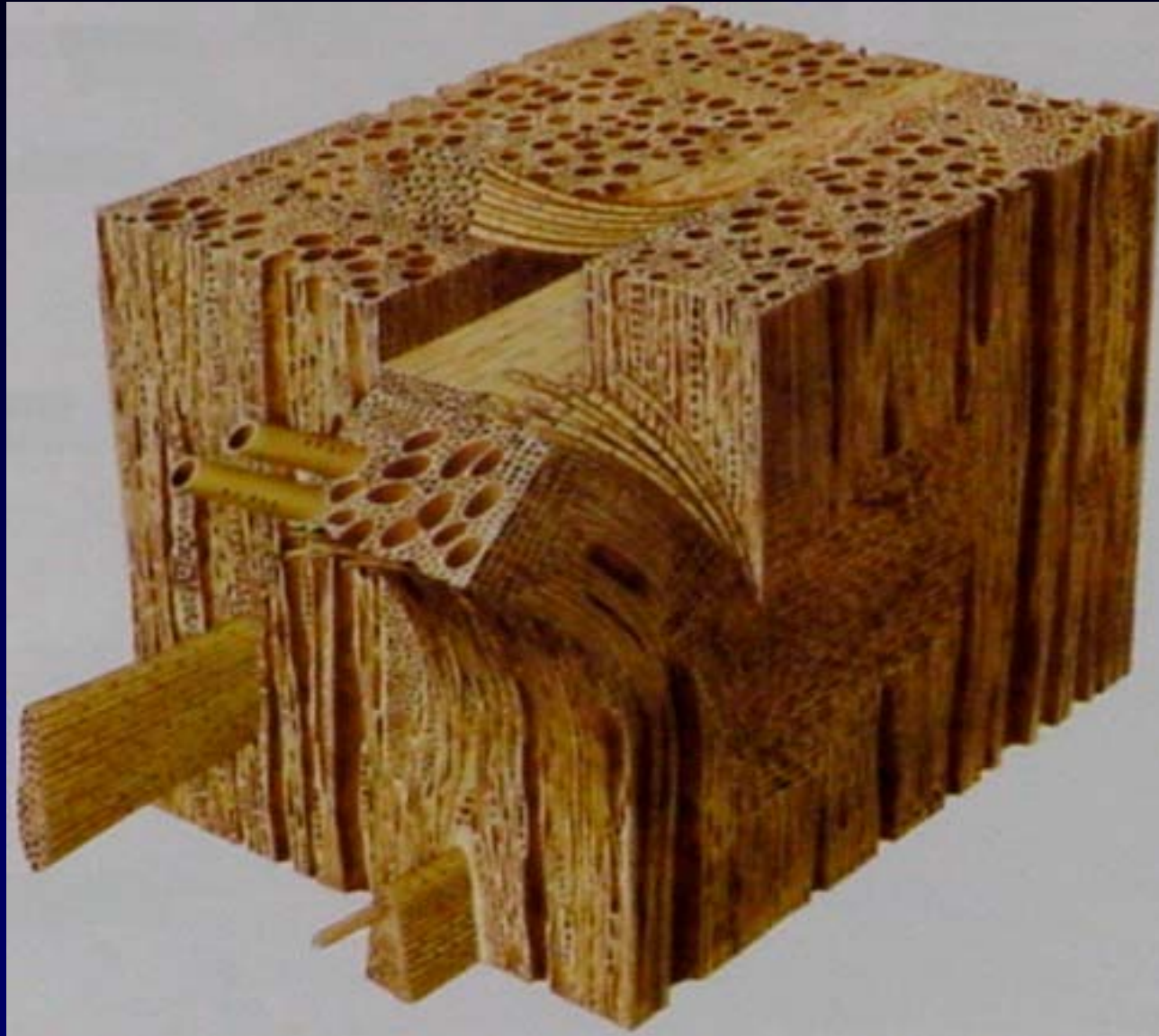
Esquema de planos de cortes anatômicos



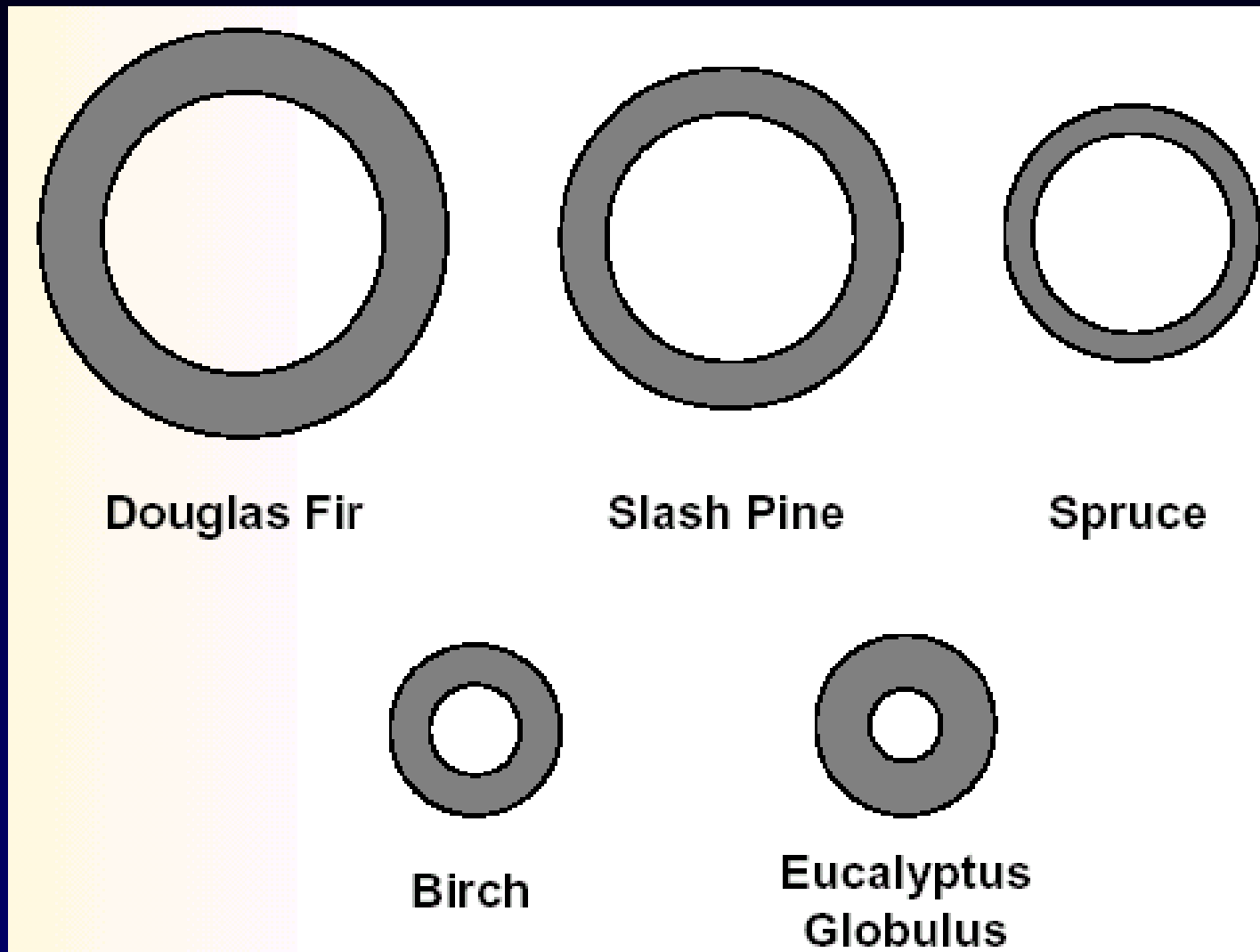
Esquema anatômicos de madeira de conífera



Esquema anatômicos de madeira de folhosa

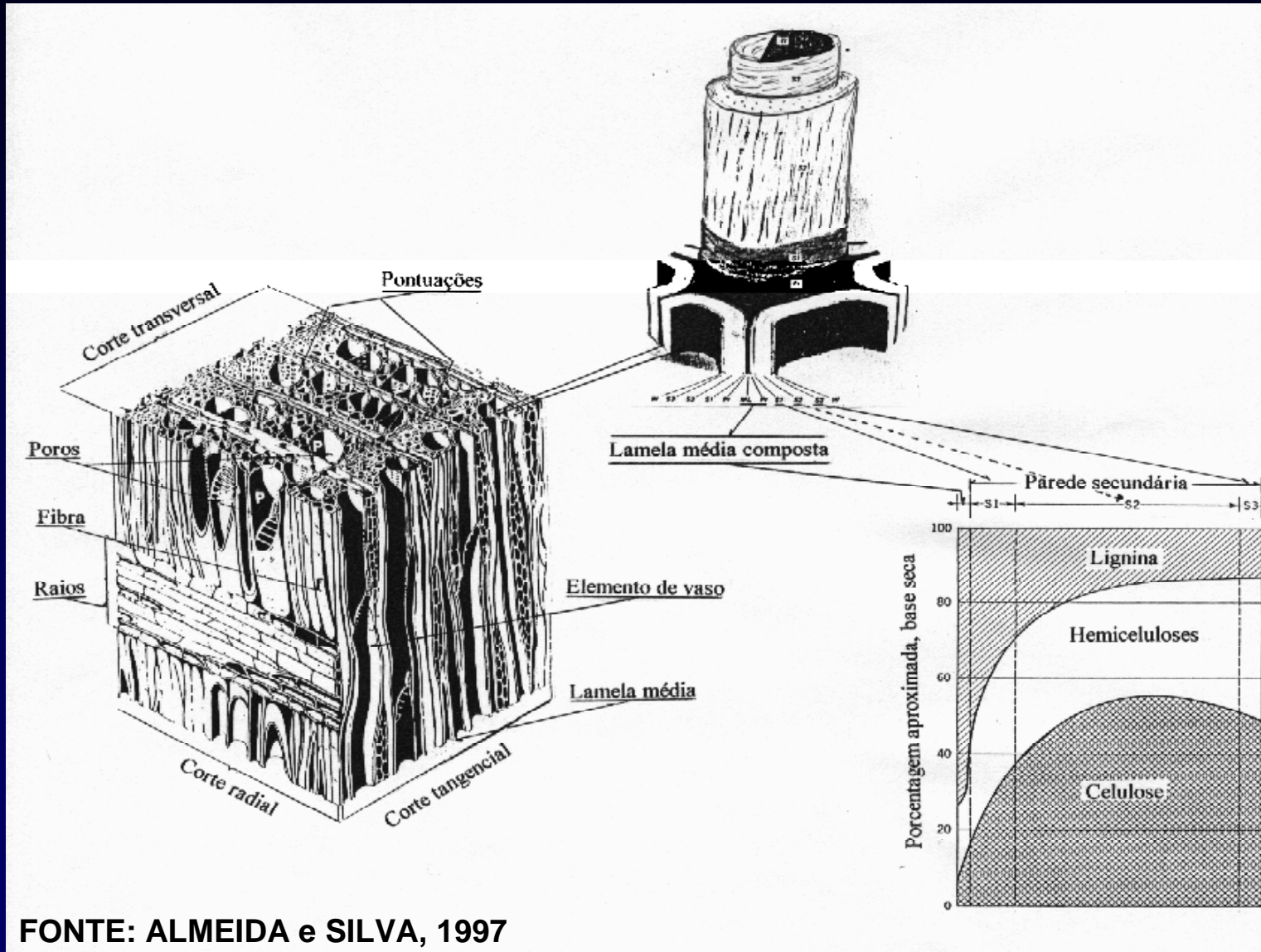


Dimensões relativas dos diâmetros - fibras



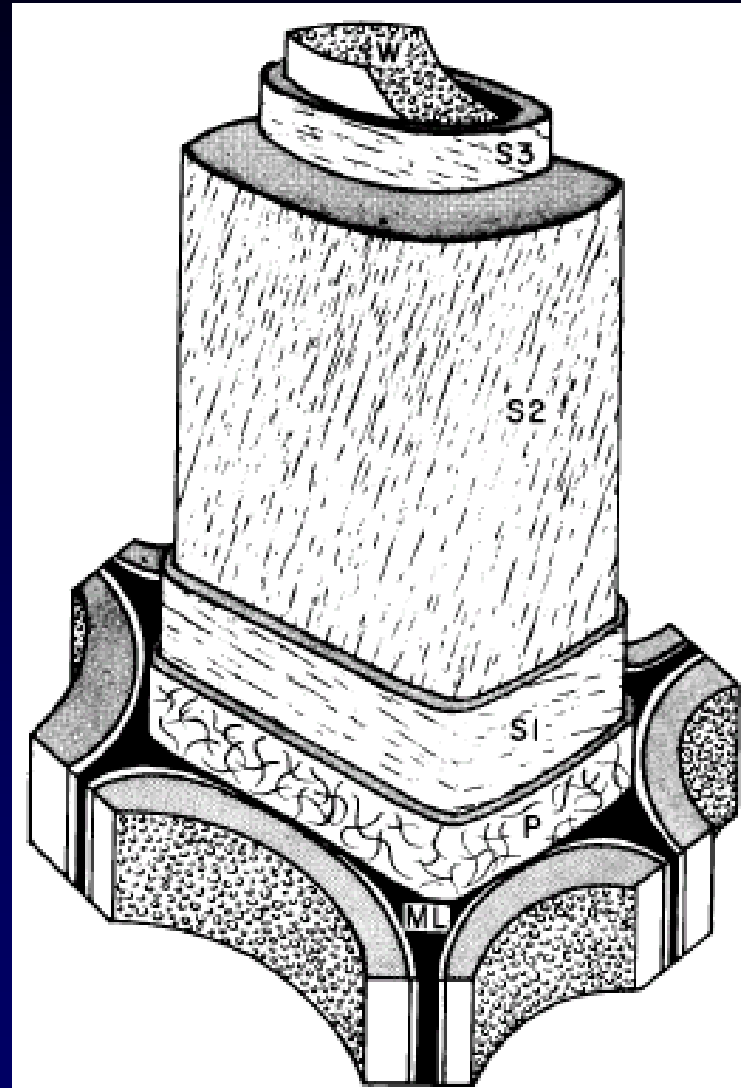
Fonte: PANHIN, A.J. & ZEEUW, C., 1980

Madeira - topoquímica



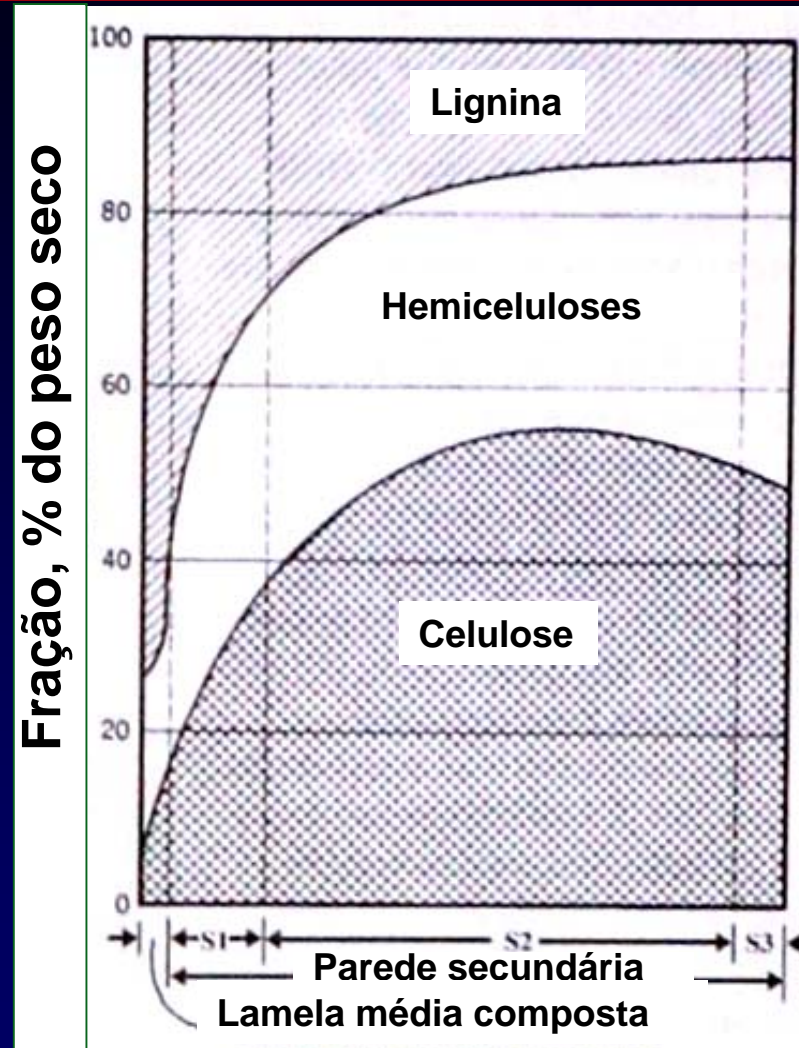
FONTE: ALMEIDA e SILVA, 1997

Distribuição das camadas da parede celular



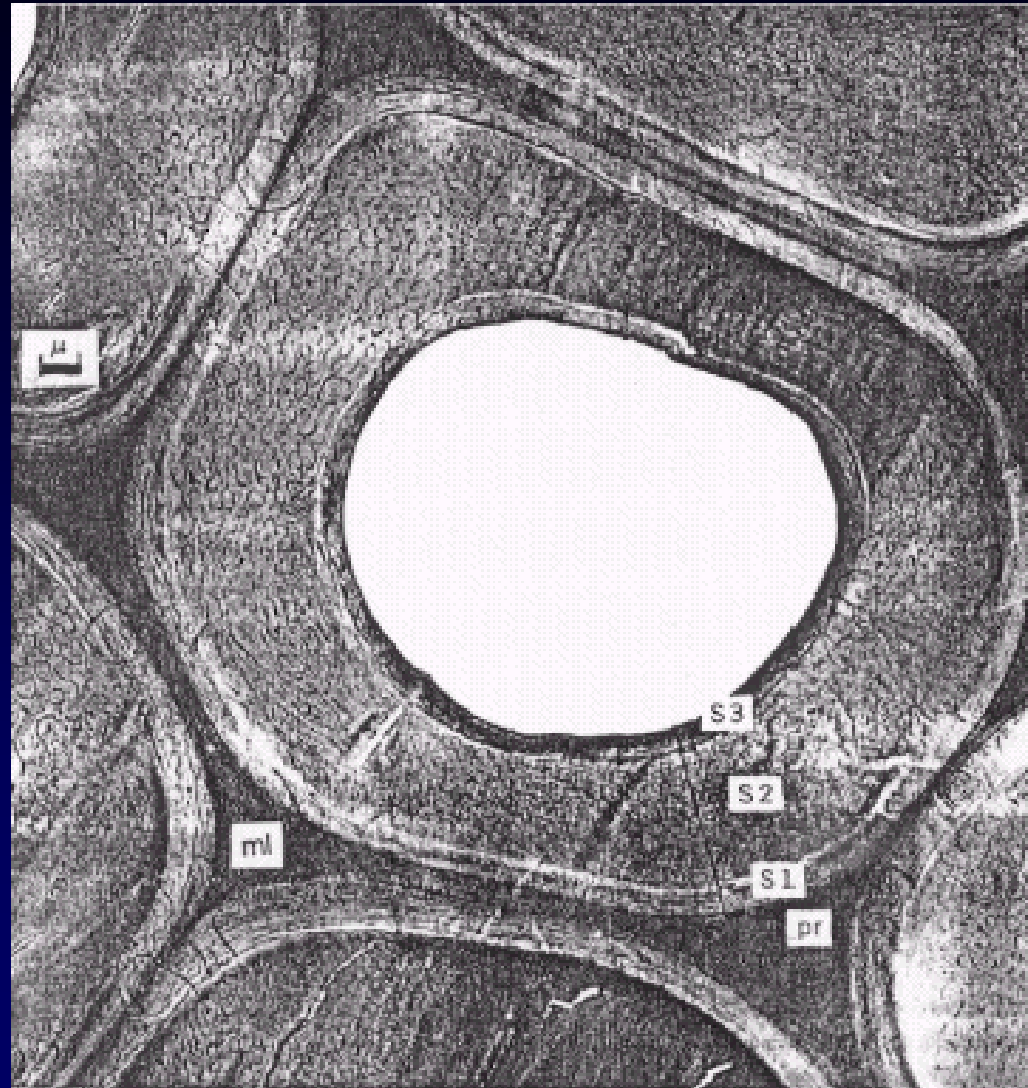
Fonte: PANHIN, A.J. & ZEEUW, C., 1980

Topoquímica da parede celular



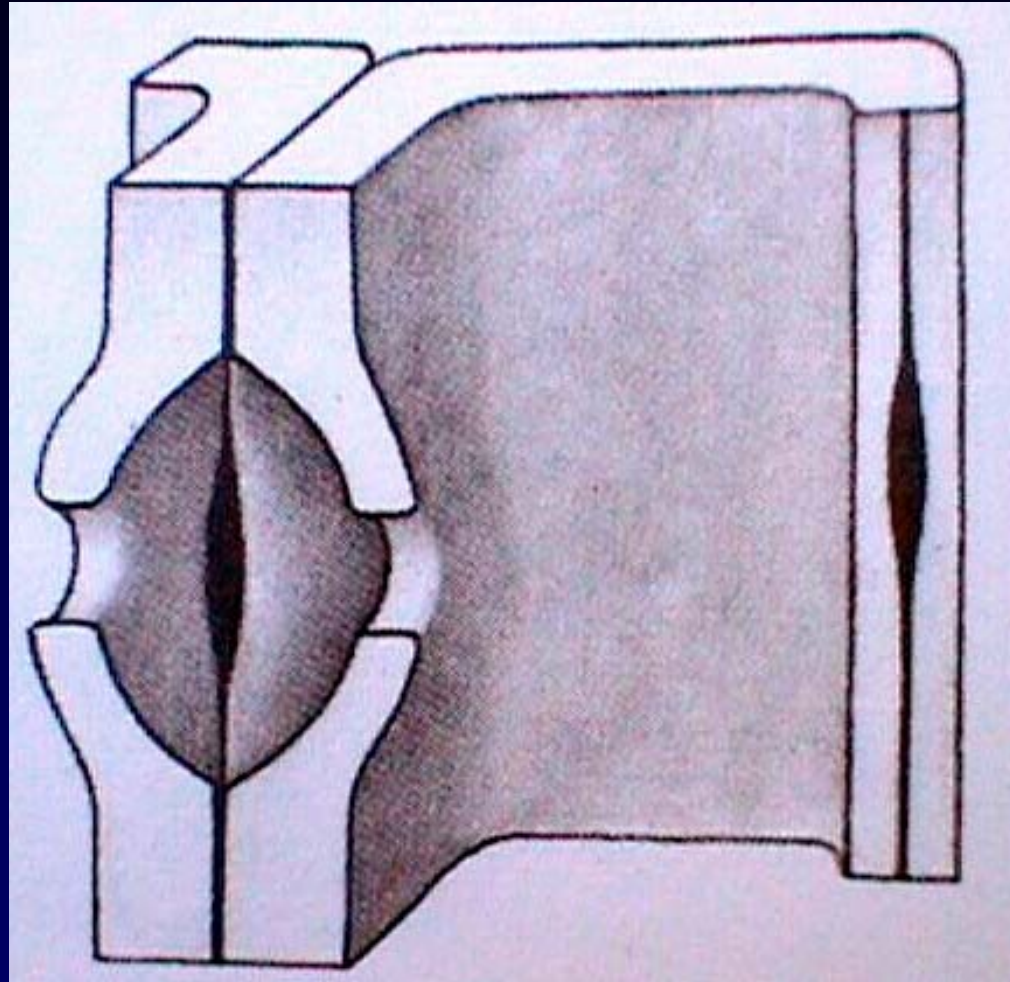
Fonte: PANHIN, A.J. & ZEEUW, C., 1980

Fotomicrografia fibra de *Pinus* - corte transversal



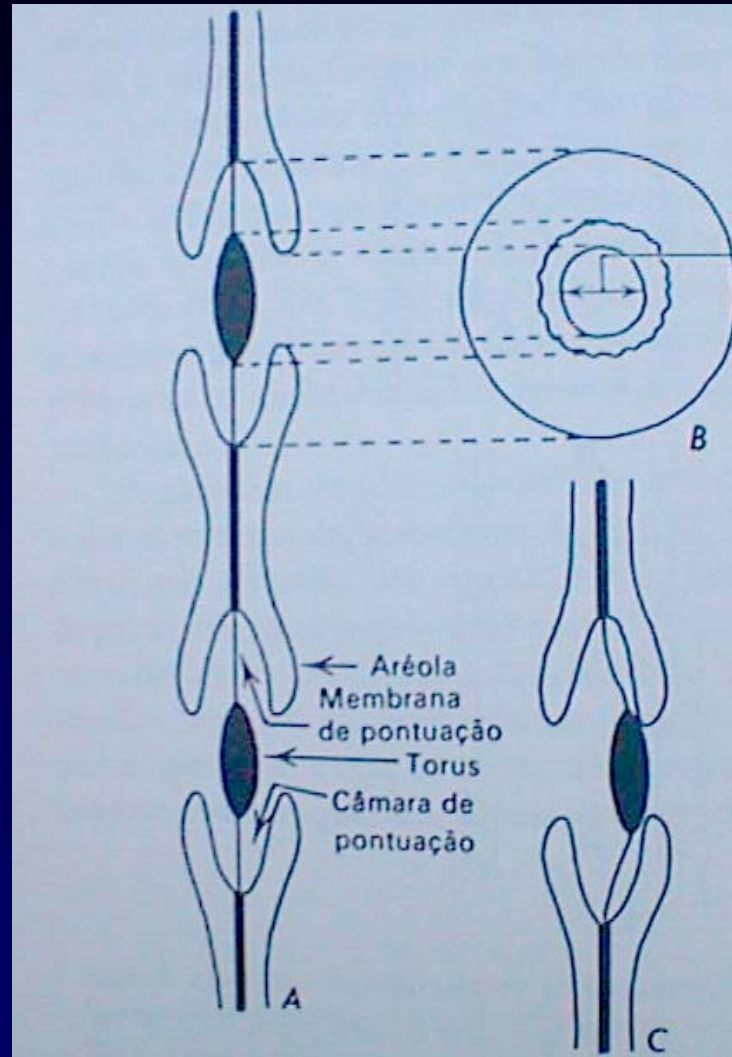
Fonte: PANHIN, A.J. & ZEEUW, C., 1980

Pontuação



Fonte: PANHIN, A.J. & ZEEUW, C., 1980

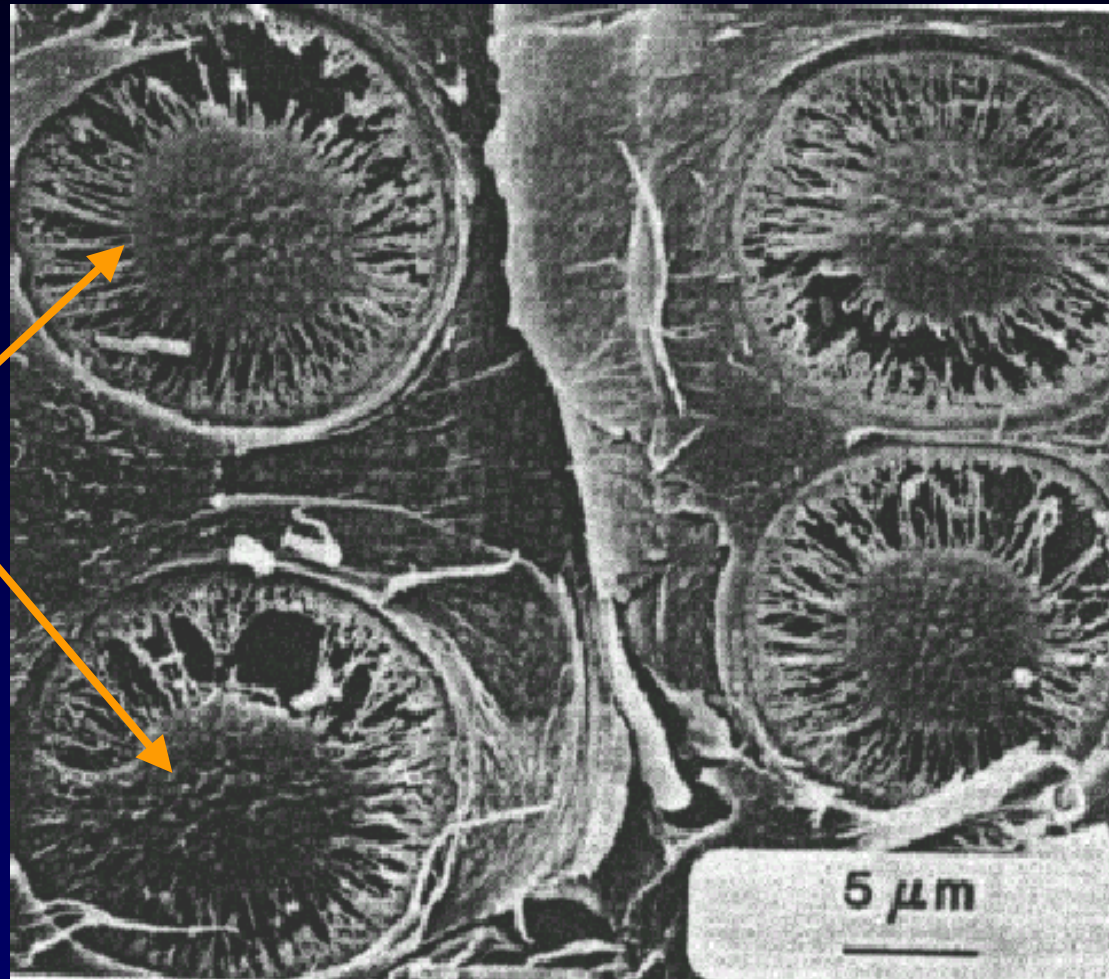
Pontuação



Fonte: PANHIN, A.J. & ZEEUW, C., 1980

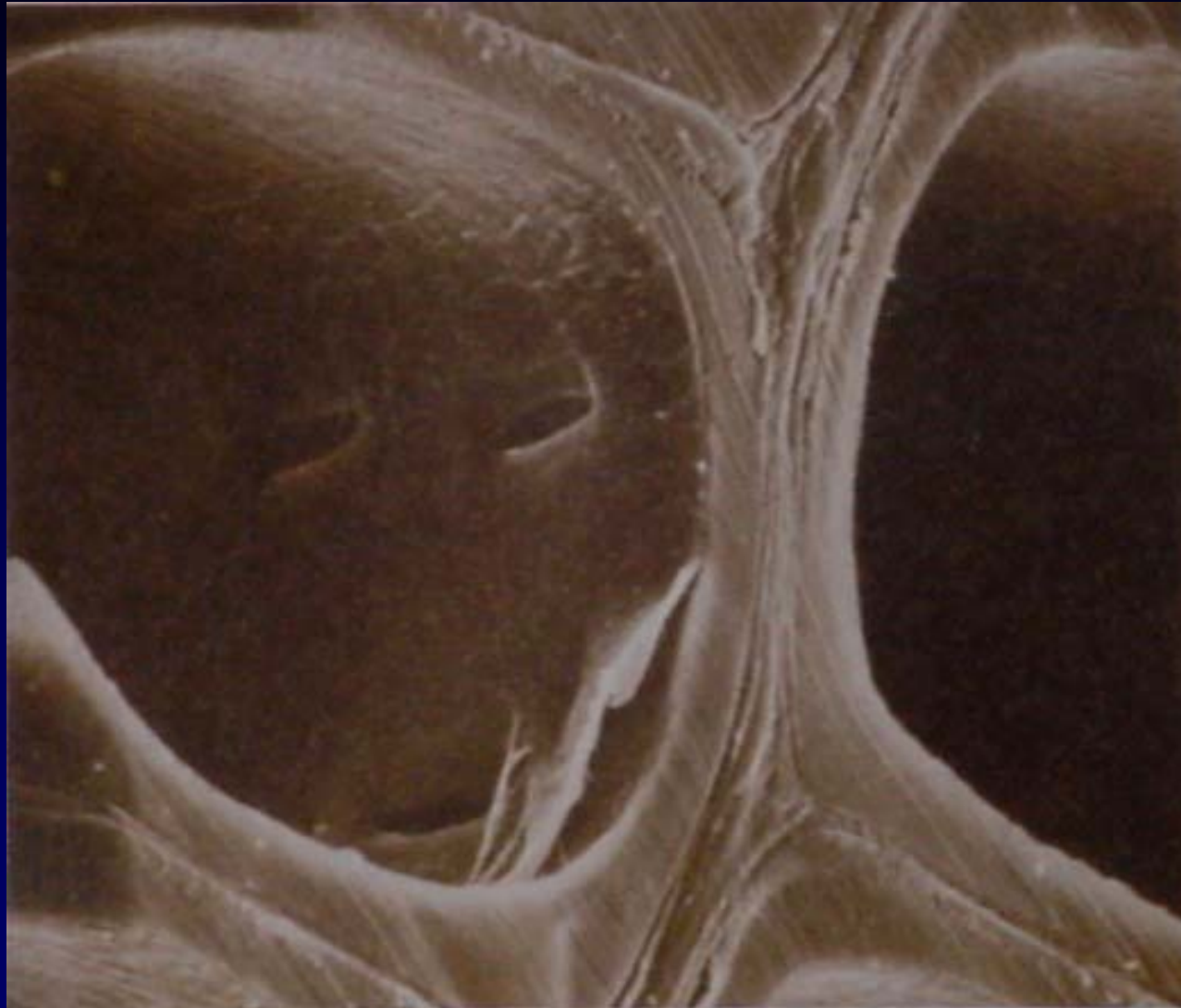
Pontuação - Fotomicrografia

MEMBRANAS



Fonte: PARHAM, R.A., 1983.

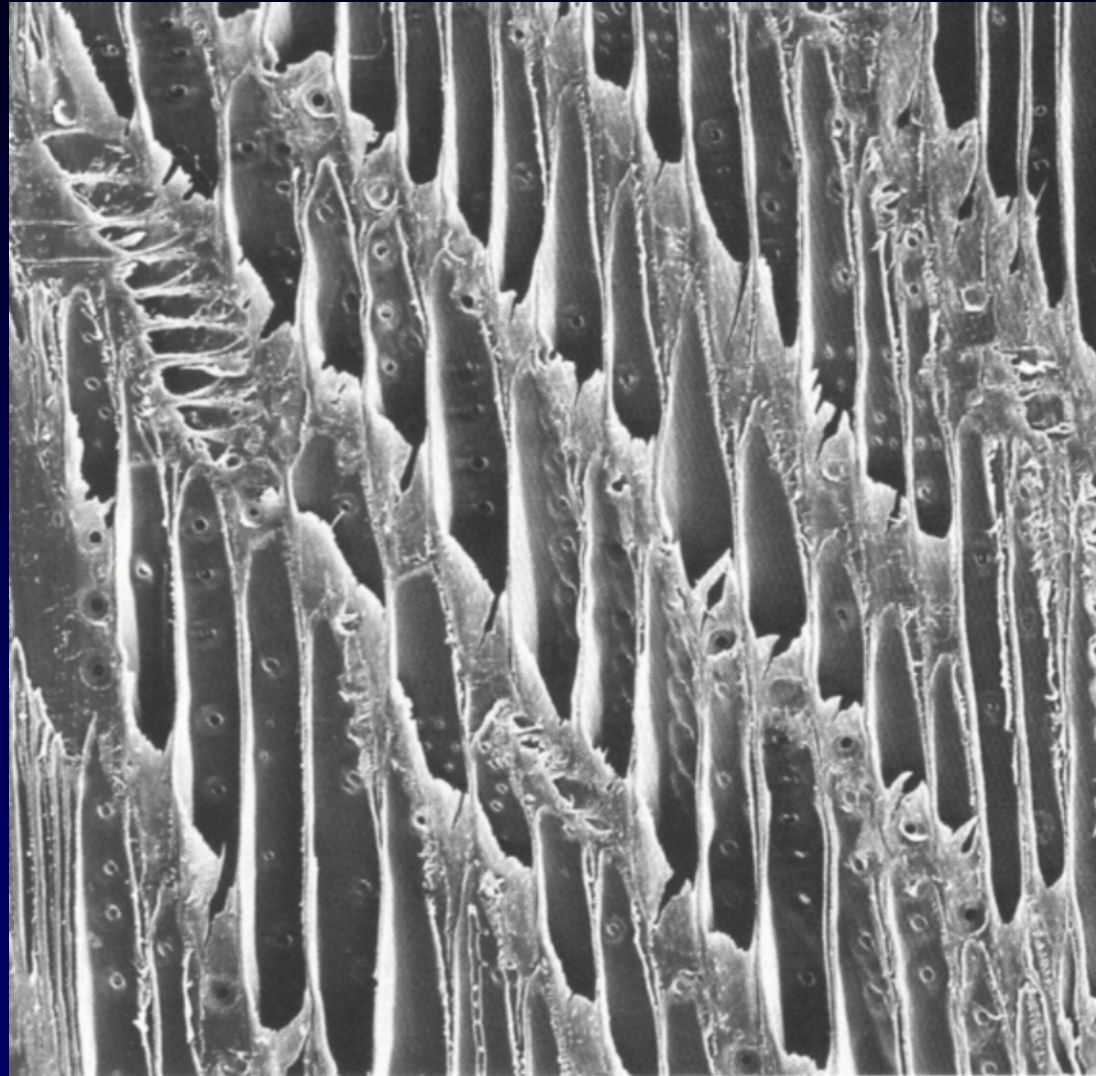
Fotomicrografia de fibras - pontuação



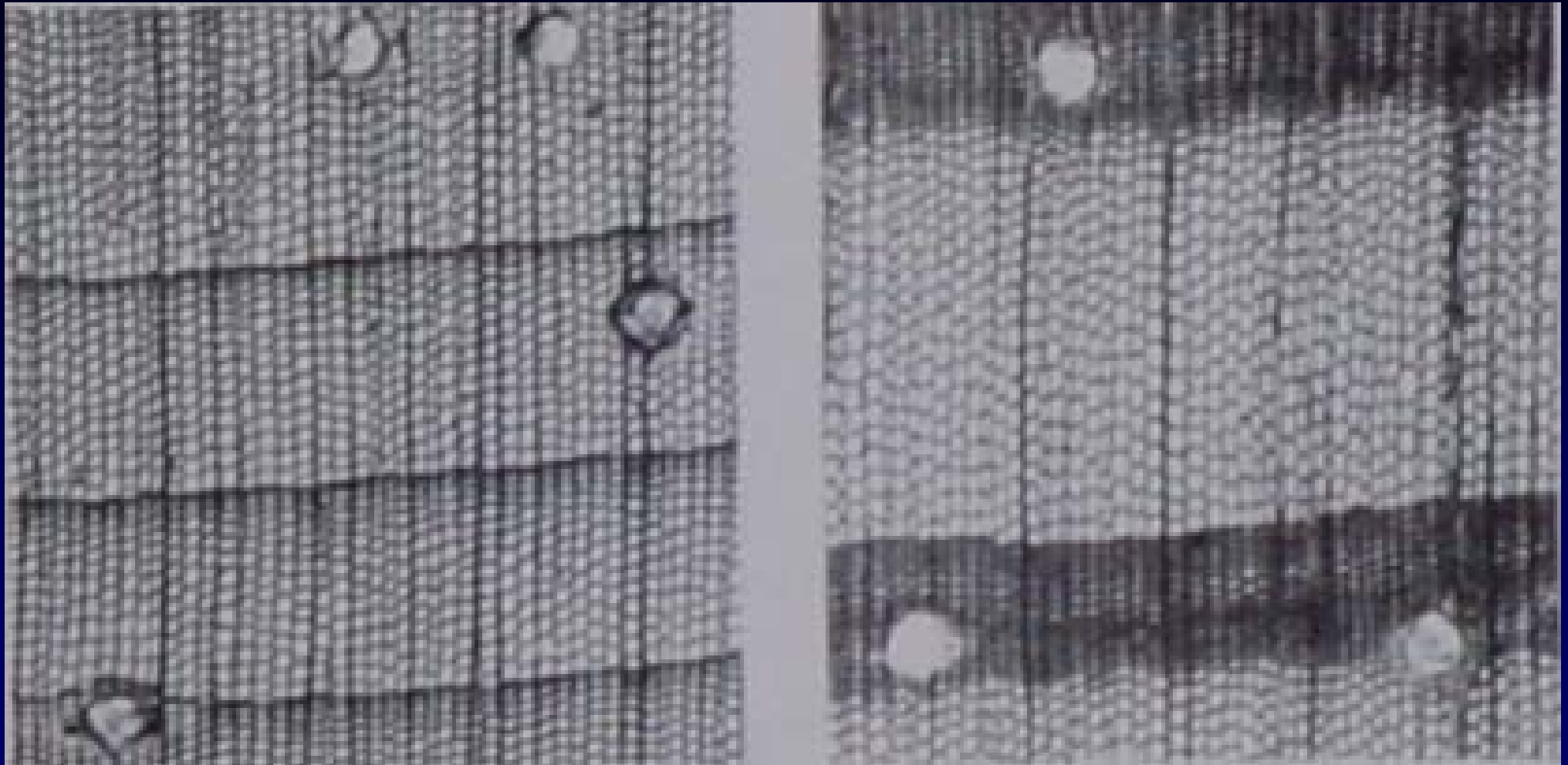
Fotomicrografia de fibras- pontuações



Pontuações em madeira de conífera: *foto*



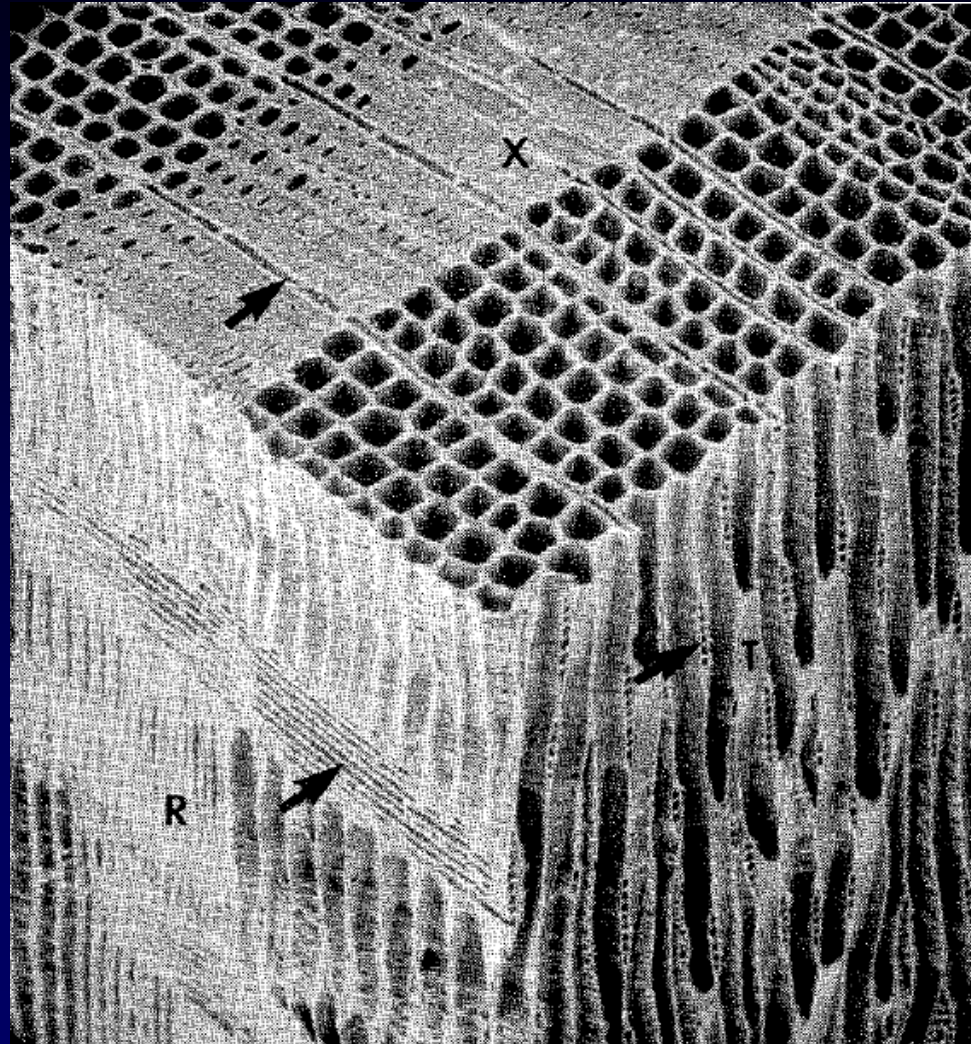
Distribuição de lenho inicial e tardio



Madeira de conífera: *foto corte transversal*



Madeira de conífera: *Foto*



Fonte: GULLICHSEN, J & PAULAPURO, H., 2000.

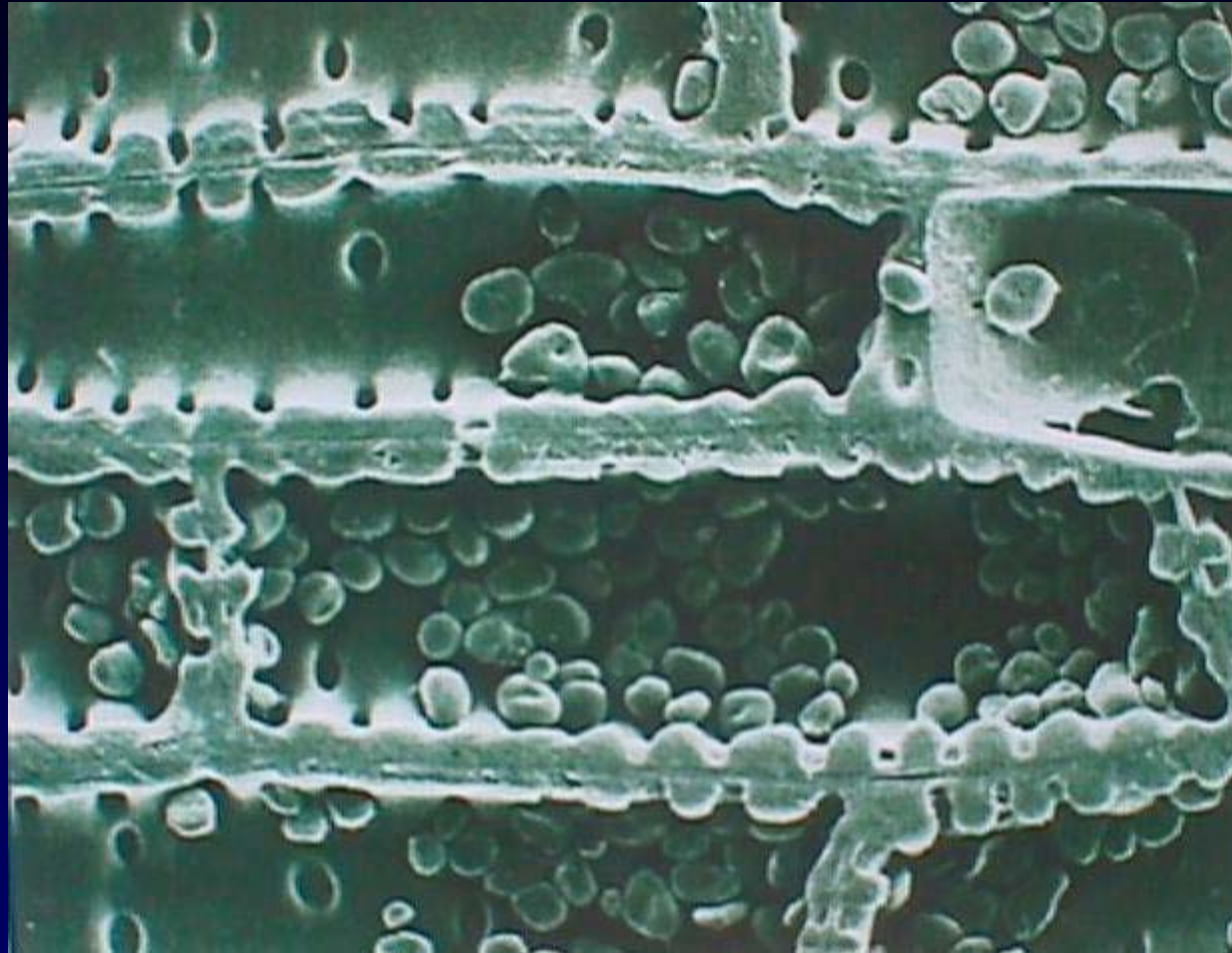
Pontuações (Pit) em *Eucalyptus*



Pontuações (Pit) em *Eucalyptus*



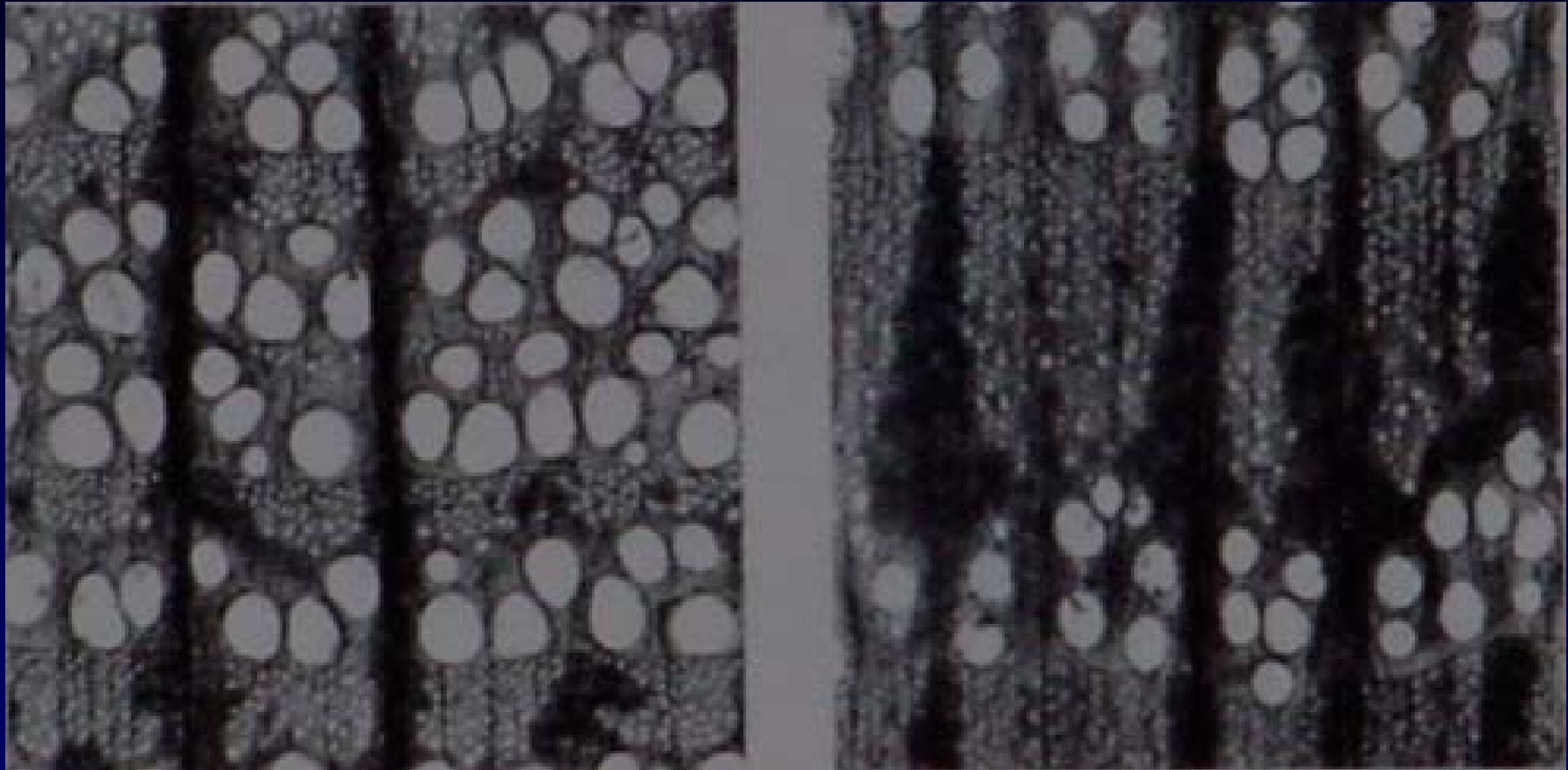
Pontuações (Pit) em Folhosa



Elementos de vasos

- Distribuição
- Proporção de madeira de início e fim de estação
- Frequência de tiloses

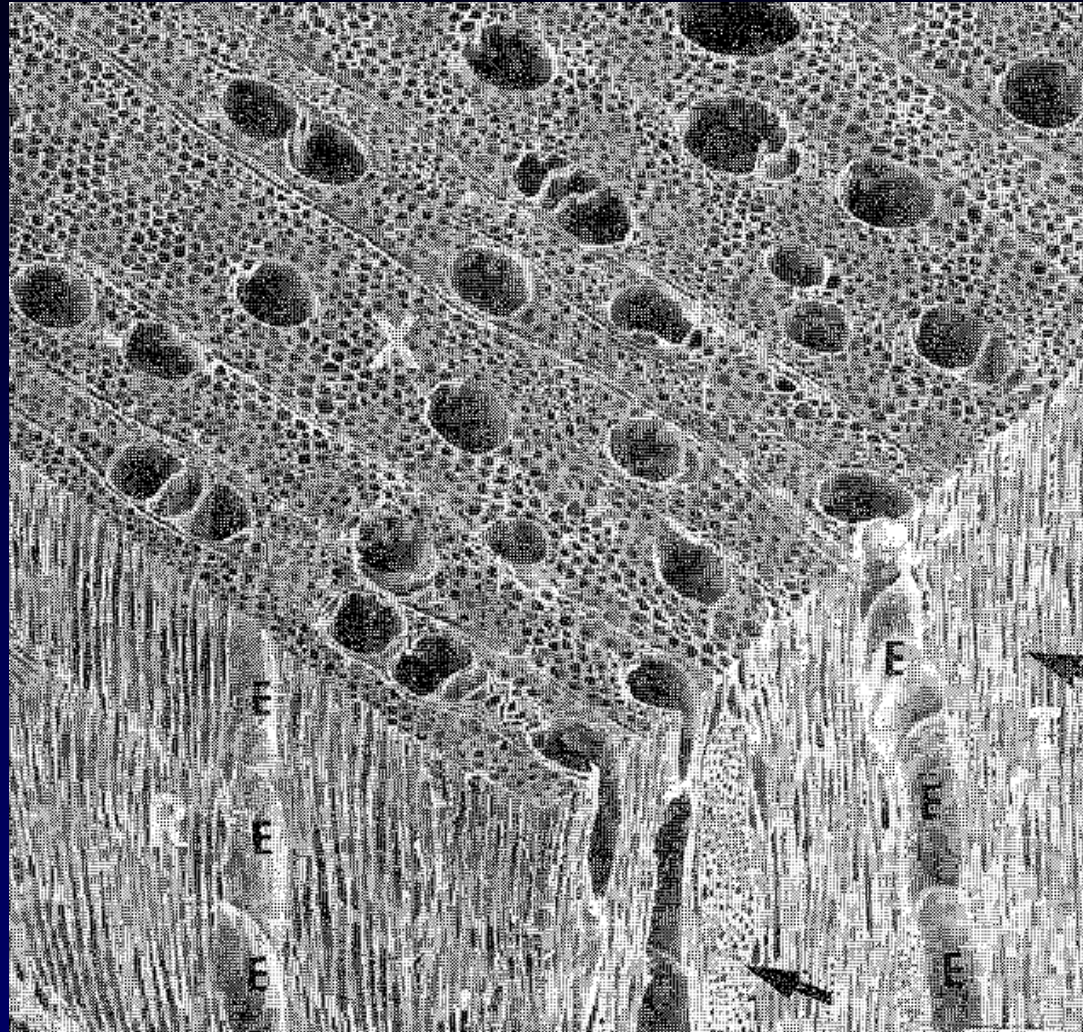
Distribuição de poros



Distribuição de poros

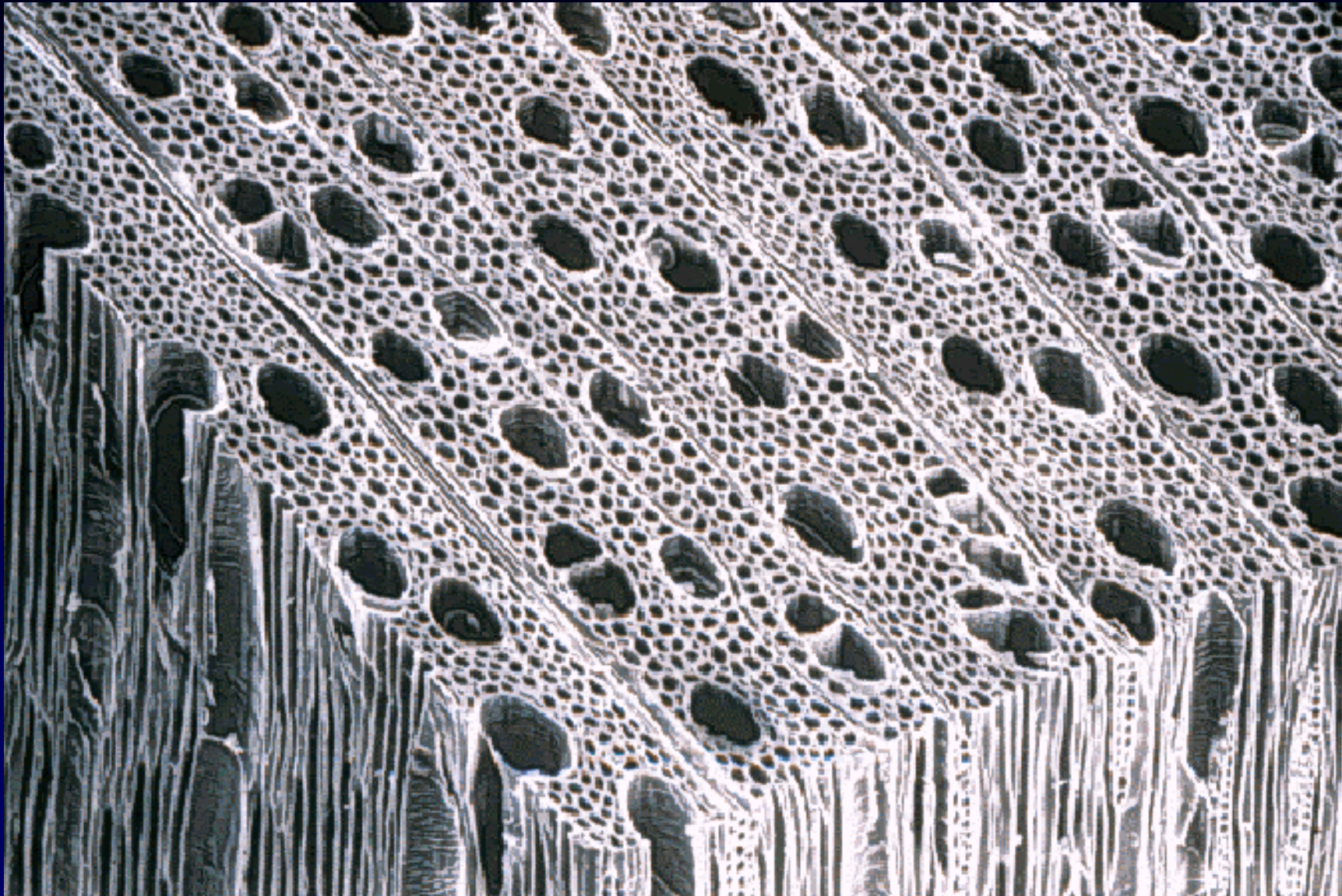


Madeira de folhosa: *Foto*

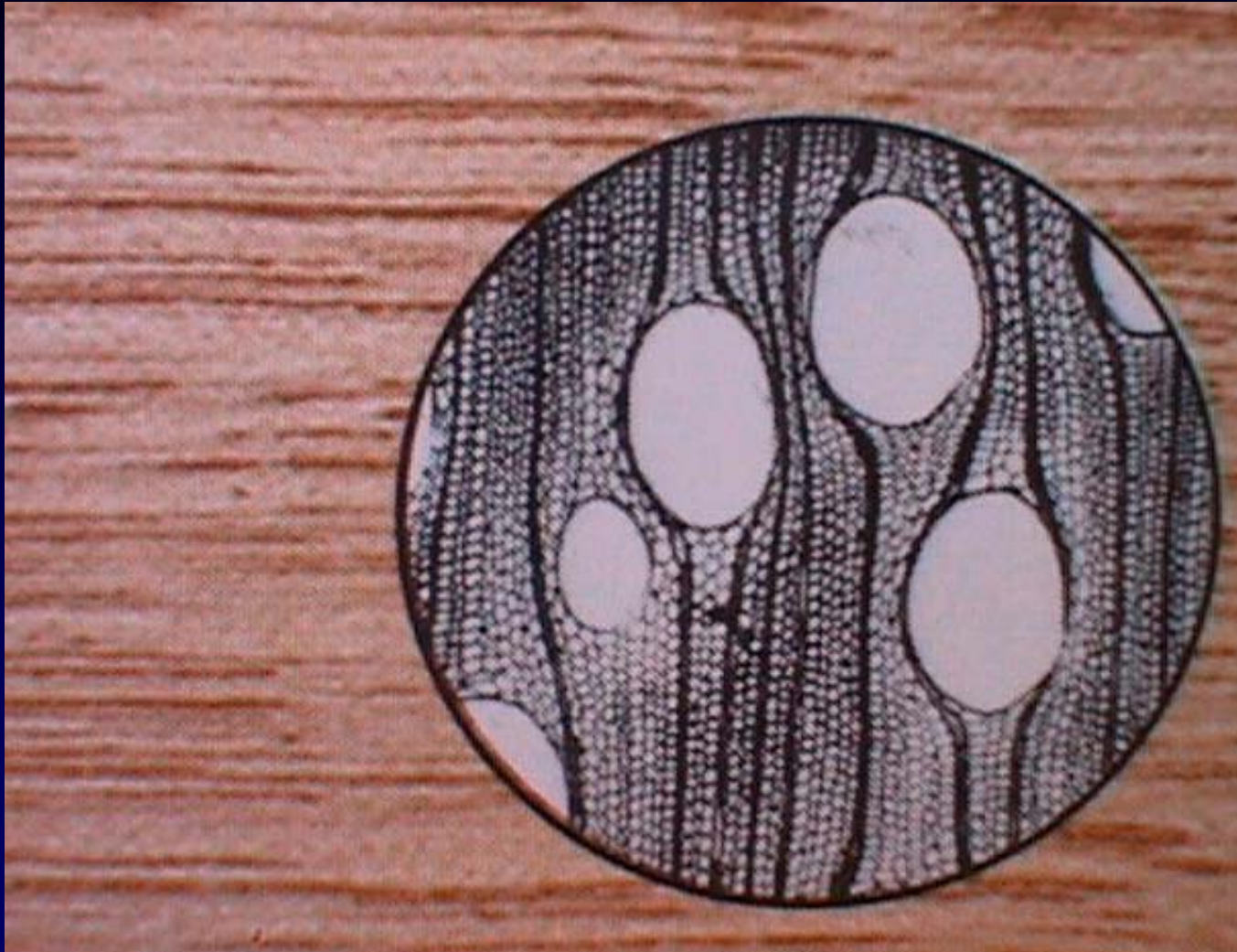


Fonte: GULLICHSEN, J & PAULAPURO, H., 2000.

Madeira de folhosa: *Foto*



Madeira de folhosa: *Eucalyptus sp*



Distribuição de lenho inicial e tardio - extrativos



Tiloses

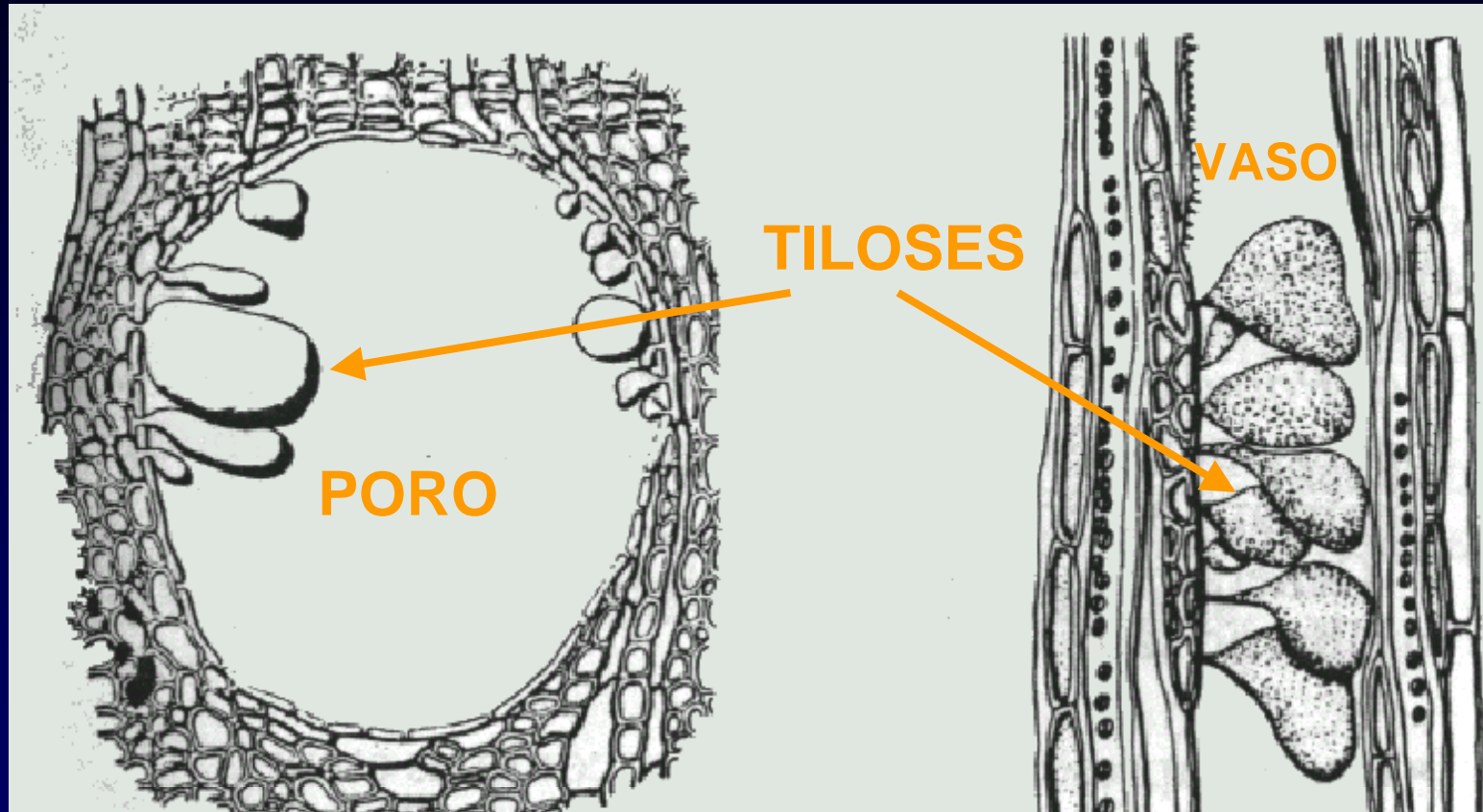
- **Formação**
- **Ocorrência**

Freqüência em *Eucalyptus*

- Tiloses são muito comuns no gênero *Eucalyptus*;
- Quantidade variável entre espécies;
- Muitas espécies mostram vasos abundantemente tilosados;
- Ausentes em poucas amostras de *Eucalyptus deglupta*, *Eucalyptus delegatensis*, *Eucalyptus fraxinoides*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus regnans*.

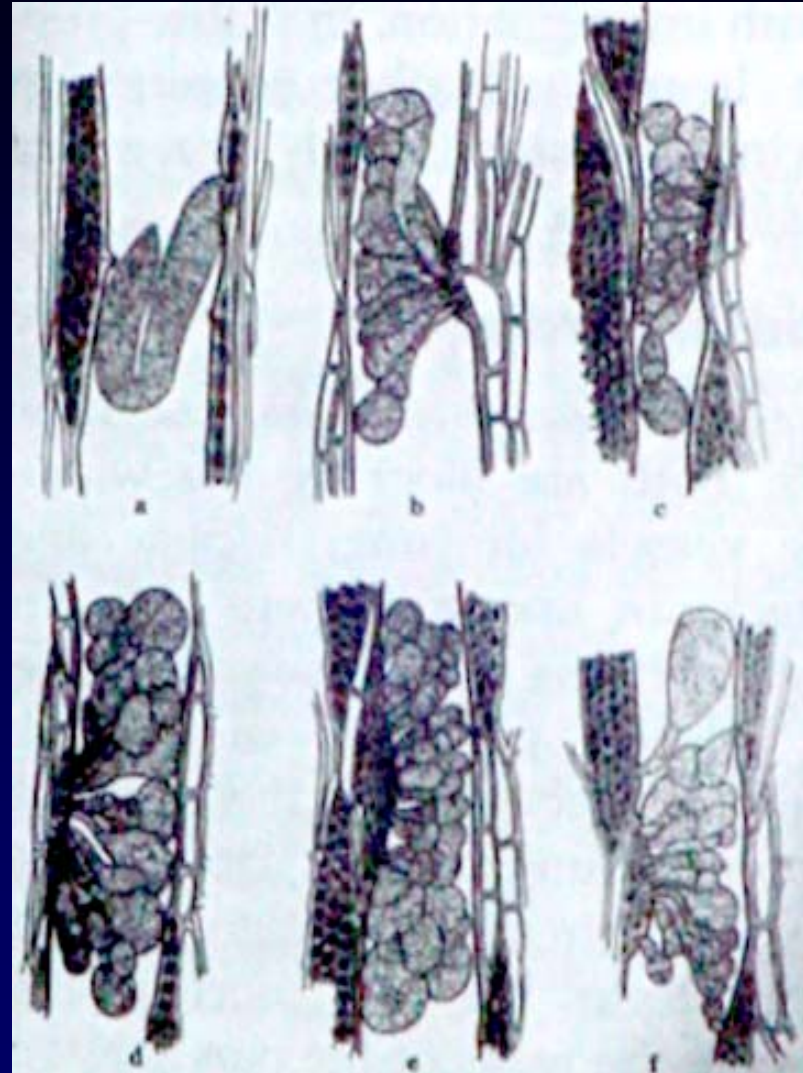
Fonte: DADSWELL, H.E., 1972

Esquema de formação de tiloses



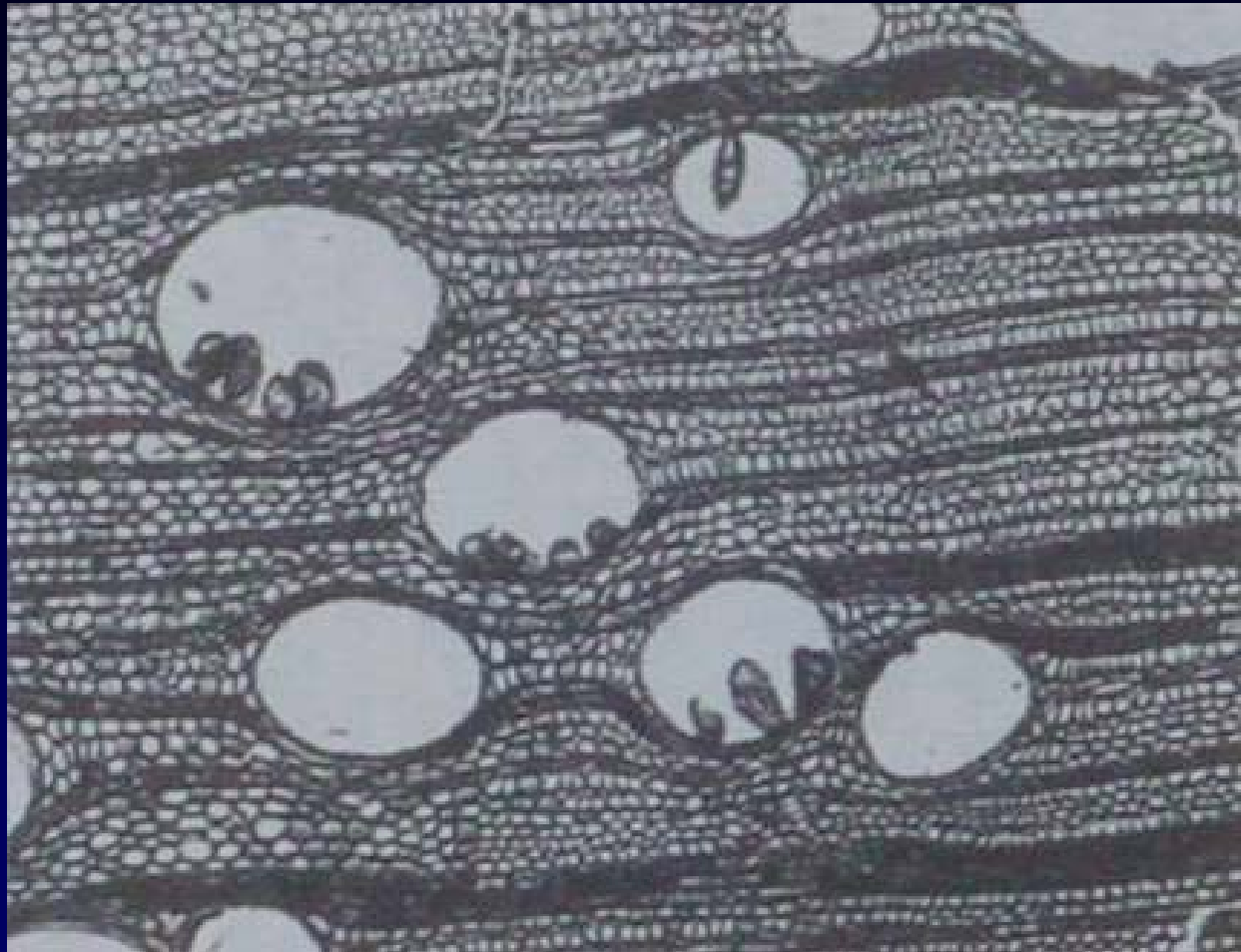
Fonte: BURGER, L.M. & RICHTER, H.G., 1991.

Esquema de formação de tiloses



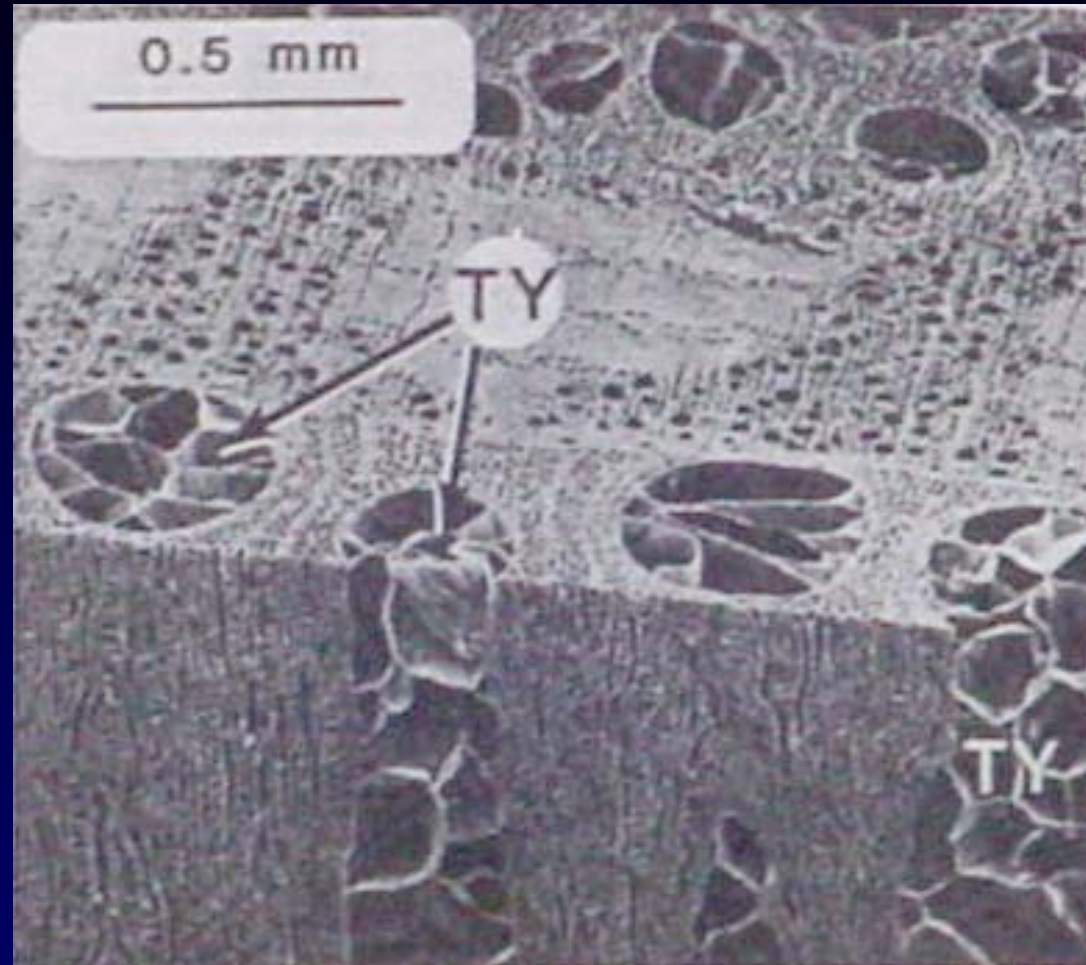
Fonte: BACK, E.L., 2000.

Fotomicrografia - início de formação de tiloses



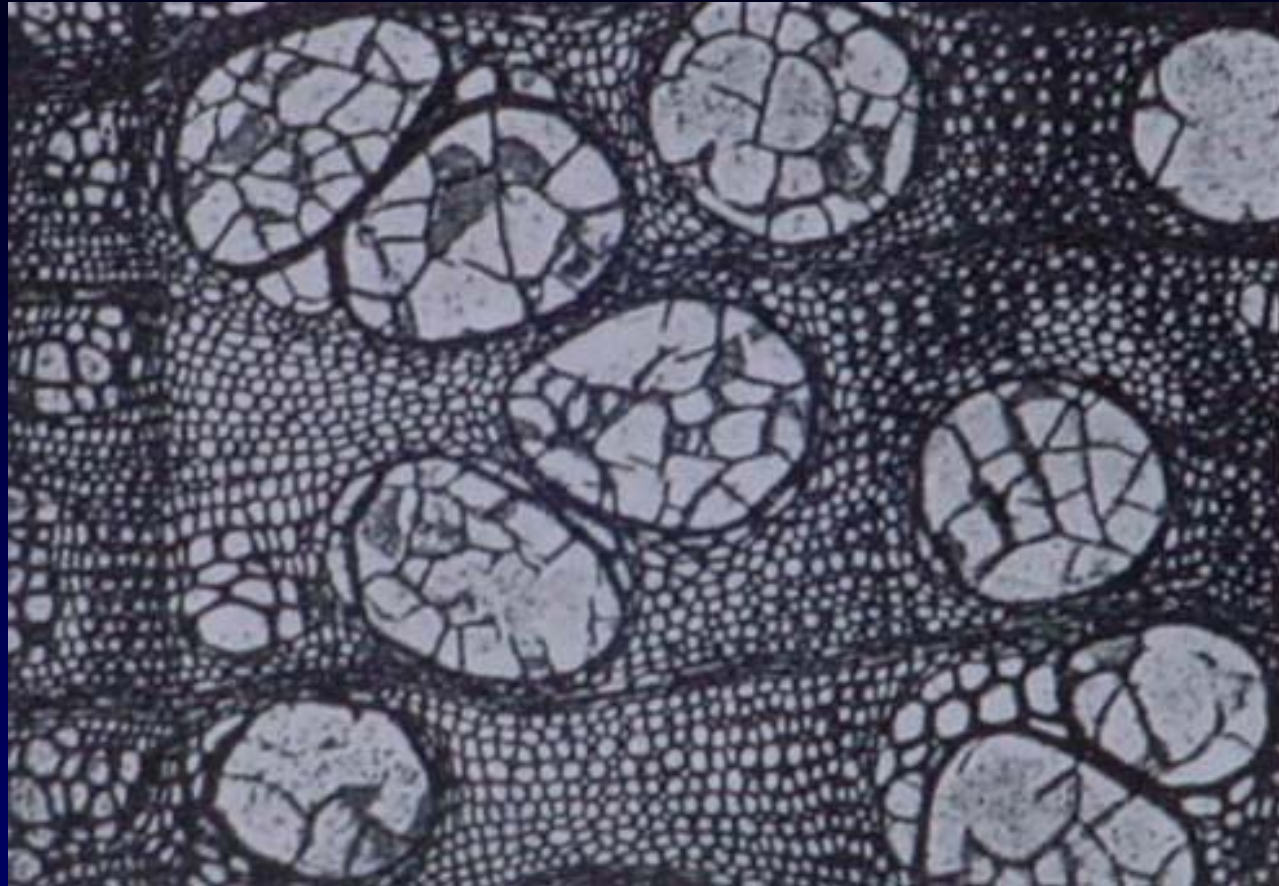
Fonte: BACK, E.L., 2000.

Tilose em corte tridimensional



Fonte: BACK, E.L., 2000

Tilose em corte transversal



Fonte: RYDHOLM, S.A, 1965

Aspectos anatômicos

- Relação Volume de lúmen x espessura de parede – concentração alcalina ;
- É recomendada fração parede inferior a 50%, preferencialmente inferior a 40% (RYDHOLM, 1965);
- Baixa relação volume de lúmen x espessura de parede ou fração parede superior a 50% pode comprometer o rendimento da polpação ou gerar alto teor de rejeitos.

Eucalyptus spp - efeito do “cozimento”



Fonte: ALMEIDA, J.M. & SILVA, D.J., 2000.

Comparação cerne x alburno - *Eucalyptus*

Recente estudo comparando cozimento de madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus nitens* mostra grandes diferenças morfológicas entre estas distintas partes da madeira:

- Densidades são similares
- Comprimento médio de fibras 12,6% maior no alburno
- Espessura média de parede 11,3% maior no alburno

Ao mesmo tempo, diferenças químicas foram observadas: Cerne apresenta menos celulose (12,4%), mais ligninas (15%) e pentosanas (20%) comparado ao alburno.

O teor de extrativos solúveis em água fria e de cinzas foram, respectivamente, 43,8% e 50% maiores no alburno comparado ao cerne.

Fonte: MARIANI, S., TORRES, M., FERNANDEZ, A. & MORALES, E., 2005.

Comparação cerne x alburno - *Eucalyptus*

Os resultados de cozimentos de madeira de *Eucalyptus nitens* cerne e alburno, em diferentes proporções, e em condições fixas (17%A.A., S.26 e L/M 4,5 e T.máx. 160°C) mostraram:

Aumento do consumo de álcali e do KN com aumento do uso de madeira de cerne (de 18,5 para 20,2). Ao mesmo tempo foi observado um aumento considerável no teor de rejeitos e comprometimento do rendimento depurado.

Fonte: MARIANI, S., TORRES, M., FERNANDEZ, A. & MORALES, E., 2005.

Tiloses e extrativos – efeitos na polpação

- Impregnação da madeira;
- Consumo de álcali;
- Rendimento;
- Geração de rejeitos e *shives*.

Extrativos: efeito na acessibilidade de licor de cozimento em *Eucalyptus*

Quadro 1- Composição química e densidade básica (Db) das madeiras

Amostra	Composição química			Db kg/m ³
	Extrativos totais,%	Lignina total, %	Pentosanas %	
Madeira-1	1,05 a	24,93 a	13,08 a	513 a
Madeira-2	2,98 b	25,48 a	13,07 a	482 b

OBS.: As médias, comparadas dentro de cada coluna, seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: ALMEIDA, J.M. & SILVA, D.J., 1997

Acessibilidade: Madeira de *Eucalyptus*

Quadro 2 – Dimensões médias de fibras para as duas amostras de madeiras

Amostra	Dimensões médias de fibras			
	Comprimento , mm	Diâmetro de fibra, μm	Diâmetro de lúmen, μm	Espessura de parede, μm
Madeira-1	1,17 a	21,34 a	11,07 a	5,13 a
Madeira-2	1,18 a	19,89 b	9,45 b	5,22 a

OBS.: As médias, comparadas dentro de cada coluna, seguidas pelas mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: ALMEIDA, J.M. & SILVA, D.J., 1997

Efeito dos extrativos na acessibilidade e nos resultados de cozimento de *Eucalyptus*

Quadro 3 - Resultados médios dos cozimentos, álcalis efetivos (AE) aplicados, residuais e consumidos, expressos em % da madeira a. s., como NaOH, rendimento depurado, e respectivos números kappa

Parâmetro	Nível de deslignificação alto		Nível de deslignificação baixo	
	Madeira-1	Madeira-2	Madeira-1	Madeira-2
AE aplicado,%	17,94	21,88	15,63	17,94
AE residual, %	3,22	4,25	2,14	2,36
AE consumido,%	14,72 c	17,63 a	13,49 d	15,58 b
Rendimento depurado,%	53,9 b	50,7 d	55,2 a	52,0 c
Nº kappa	16,3 b	15,9b	18,7 a	19,2 a

OBS: As médias, seguidas pelas mesmas letras, dentro de uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey .

Fonte: ALMEIDA, J.M. & SILVA, D.J., 1997

Efeito dos extrativos no consumo de álcali de *Eucalyptus*

Quadro 4 - Álcalis efetivos aplicados, residuais, consumidos pelas madeiras e consumidos pelos extrativos nos testes com serragem

Álcali efetivo (% base madeira a.s. – como NaOH)	Madeira-1		Madeira-2	
	Com extrativos	Livre de extrativos	Com extrativos	Livre de extrativos
Aplicado	17,94	17,94	17,94	17,94
Residual	14,54 b	15,09 a	14,23 c	15,00 a
Consumido	3,40 b	2,85 c	3,71 a	2,94 c
Consumido por extrativos	0,55		0,77	

OBS: As médias seguidas da mesma letra, comparadas em linha, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: ALMEIDA, J.M. & SILVA, D.J., 1997

Efeito dos extrativos na acessibilidade e consumo de álcali de *Eucalyptus*

Quadro 5 – Resultados condensados de efeitos de acessibilidade

Álcali efetivo (% base madeira a.s. – expresso como NaOH)	Nível de deslignificação alto		Nível de deslignificação baixo	
	Madeira-1	Madeira-2	Madeira-1	Madeira-2
Aplicado	17,94	21,88	15,63	17,94
Residual	3,22	4,25	2,14	2,36
Total consumido	14,72 c	17,63 a	13,49 d	15,58 b
Consumido por extrativos	0,55a	0,77b	0,55a	0,77b
Consumido descontando extrativos	14,17b	16,86d	12,94a	14,81c
Consumido por diferença de acessibilidade	2,69		1,87	

OBS: As médias, seguidas pelas mesmas letras, dentro de uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey .

Fonte: ALMEIDA, J.M. & SILVA, D.J., 1997

Conclusões

- Há carência de estudos específicos sobre as dificuldades e perspectivas no processo de polpação em função da anatomia da madeira;
- Não há dúvidas de que a anatomia da madeira interfere no seu desempenho na polpação;
- Investimentos em investigações para estudos específicos poderiam quantificar tais efeitos nas diferentes M-P.

Agradecimentos

Grato pela atenção.

