PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

DA FLORESTA AO PRODUTO

Professor: Alfredo Mokfienski
Consultor Independente

Arapotí, PR , Agosto 2006

Realização
Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)
DA FLORESTA AO PRODUTO

CONTEÚDO DO CURSO

- Objetivo do Curso
- Introdução ao Setor de Celulose
- Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira
- Fabricação de Pasta de Alto Rendimento (PAR)
- Depuração na Fabricação de Pasta de Alto Rendimento (PAR)
- Lavagem na Fabricação de Pasta de Alto Rendimento (PAR)
- Fabricação de papel
- Usos das Pastas de Alto Rendimento (PAR
- Utilidades
- Controle de Processo e Qualidade do Produto
- Avaliação

PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)
DA FLORESTA AO PRODUTO

Objetivo do Curso

Fornecer informações gerais sobre fabricação de Pasta de Alto Rendimento (PAR) - da floresta ao produto para:

- melhoria de desempenho individual,
- suporte a competência da empresa e/ou
- atualização profissional.

INTRODUÇÃO AO SETOR DE CELULOSE

Professor: Alfredo Mokfienski
Consultor Independente

Arapotí, PR, Agosto 2006

Realização
Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Introdução aos Setor de Celulose

Setor de Celulose e Papel

- Conjunto de empresas que fabricam polpa química, pasta de alto rendimento e papel a partir de espécies vegetais fibrosas e/ou de papeis reciclados.

- Foco na eficiência, segurança, menor custo de fabricação, melhor qualidade, mínima poluição, harmonia com o meio social e no retorno financeiro atrativo para os acionistas.

- Custo variável de produção de celulose
  - Componentes principais do custo: Madeira, energia, vapor, químicos e mão de obra.
  - Madeira e energia são os maiores componentes do custo variável.

Introdução aos Setor de Celulose

Produtos principais do setor de celulose e papel

Pasta (ou polpa)

- Polpa química marrom ou branqueada, polpa semi-química
- Pasta de alto rendimento (PAR) (SGW, PGW, RMP, TMP, CMP, CTMP, BCTMP)

Papeis

- Papeis de imprimir e escrever (jornal, SC, LWC, etc.)
- Papeis de embalagem (papel, cartolina, cartão, etc.)
- Papeis absorventes (tissue) (papeis higiênicos, guardanapos, lenços, etc.)
- Papeis especiais (base para carbono, cigarro, crepados, etc.)

Introdução aos Setor de Celulose

Relevância da Setor de Celulose e Papel

Dados Sócio-Econômicos – 2005 (Preliminar)	

• Número de empresas: 220 empresas.
• Localização: 16 estados e 450 municípios.
• Área plantada: 1,7 milhão de hectares.
  ▪ Eucalipto: 75%.
  ▪ Pinus: 24%.
  ▪ Demais: 1%.
• Área de florestas nativas preservadas: 2,6 milhões de hectares.
• Exportação: US$ 3,4 bilhões.
• Saldo comercial: US$ 2,5 bilhões.
	• Impostos pagos: R$ 2,1 bilhões.
	• Número de empregos diretos: 108 mil.
	• *Ranking* Mundial:
	  ▪ 7º Celulose de todos os tipos.
	  ▪ 1º Celulose Fibra Curta de Mercado.
	  ▪ 11º Papel.
	• Produção:
	  ▪ Celulose: 10,1 milhões de toneladas.
	  ▪ Papel: 8,6 milhões de toneladas.
	• Participação no PIB: 1,4%.

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br

Introdução aos Setor de Celulose

Maiores Produtores Mundiais de Celulose e Papel
(Em 1.000 t)

Produção – 2005 (Preliminar)

Papel			Celulose		
1.	EUA	83.401	1.	EUA	53.585
2.	China	49.500	2.	Canadá	26.406
3.	Japão	30.889	3.	China	14.180
4.	Canadá	20.461	4.	Finlândia	12.619
5.	Alemanha	20.392	5.	Suécia	12.106
6.	Finlândia	14.036	6.	Japão	10.720
7.	Suécia	11.589	***7.***	***Brasil***	***10.126***
8.	Coréia	10.511			
9.	França	10.249			
10.	Itália	9.665			
11.	***Brasil***	***8.598***			

Fonte: PPI.

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br

Introdução aos Setor de Celulose

Consumo Per Capita
Países Selecionados
(kg/hab./ano)
2005 (Preliminar)

EUA	312,0
Japão	246,6
Alemanha	235,9
Canadá	222,5
Reino Unido	209,8
Itália	195,1
França	182,7
Chile	66,7
México	57,8
Argentina	49,5
China	41,6
Brasil	**39,5**
Rússia	34,4
Média Anual	**56,3**

Fonte: PPI.

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br

Introdução aos Setor de Celulose

Produção do Setor em 2005 (Dados Preliminares)

- **Celulose**

Em 2005, alcançou 10,1 milhões de toneladas e 5,3% sobre 2004.

CELULOSE	EM 1000 TONELADAS		
	2004	2005 Preliminar	VAR.%
.Produção	9.620	10.126	5,3
.Importação	323	365	13,0
.Exportação	4.889	5.547	13,5
.Consumo Aparente	5.054	4.944	-2,2

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br

Introdução aos Setor de Celulose

Desempenho do Setor de Celulose e Papel em 2005

- **Papel**
  Em 2005, 8,6 milhões de toneladas e crescimento de 1,7%.

PAPEL	EM 1000 TONELADAS		
	2004	2005 Preliminar	VAR.%
.Produção	8.452	8.598	1,7
.Importação	734	770	4,9
.Exportação	1.853	2.039	10,0
.Consumo Aparente	7.333	7.329	-0,1
.Consumo Per Capita (Kg/hab.)	40,0	39,5	

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br)

Introdução aos Setor de Celulose

Desempenho do Setor de Celulose e Papel em 2005

- **Comércio Exterior – Exportação de Celulose e Papel**

Em 2005, alcançaram US$ 3,4 bilhões, com crescimento de 17,1% e superávit de US$ 2,5 B em relação a 2004.

Balança Comercial do Setor de Celulose e Papel			
	US$ Milhões FOB		
	2004	2005 Preliminar	VAR. %
EXPORTAÇÃO	2.909	3.405	17,1
.Celulose	1.722	2.034	18,1
.Papel	1.187	1.371	15,5
IMPORTAÇÃO	758	864	14,0
.Celulose	195	210	7,7
.Papel	563	654	16,2
SALDO	2.151	2.541	18,1
.Celulose	1.527	1.824	19,4
.Papel	624	717	14,9

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br)

Desempenho do Setor de Celulose e Papel em 2005

PASTAS DE ALTO RENDIMENTO (PAR)		
Produção Braslieira em toneladas		
Ref.: Bracelpa, 2006		
	2004	2005
PASTA MECÂNICA	**72.014**	**68.000**
Paraná	41.808	33.941
Santa Catarina	30.206	34.059
PASTA QUIMIMECÂNICA	**22.477**	**26.194**
Santa Catarina	22.477	26.194
PASTA TERMOMECÂNICA	**184.876**	**196.582**
Paraná	160.122	168.729
São Paulo	24.574	27.853
PASTA QUIMITERMOMECÂNICA	**87.427**	**85.436**
Paraná	87.427	85.436
TOTAL	**366.794**	**376.212**

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br)

Introdução aos Setor de Celulose

Desempenho do Setor de Celulose e Papel em 2005

PRODUÇÃO BRASILEIRA DE PASTAS DE ALTO RENDIMENTO (PAR) (www.bracelpa.org.br)

	2004	2005
PASTA MECÂNICA	**72.014**	**68.000**
Paraná	**41.808**	**33.941**
Diogo da Silva	1.942	1.707
Estrela Ind. de papel Ltda	1.700	0
Fapolpa Ind. de Polpa Ltda	500	400
Ibema - Cia Brasileira de Papel	9.411	9.679
Ind. e Com. Dallagrave SA Mads e Papel	1.900	1.900
Insam - Inds Mads Sta. Maria Ltda.	1330	1.400
Madeireira Miguel Fortes AS	5.529	7.973
Norske Skog Pisa Ltda	9.919	1.412
Papelão Apucaraninha Ltda - Pasa	700	0
Piquri Ind. e Com de Papeis Ltda	648	632
Portopel Ind. de Papelão Ltda.	2.500	2.500
Sta Clara Ind. de Papeis Ltda	3.378	3.227
Stga Clara Ind. de Pastas e Papeis Ltda	2.353	3.111
Santa Catarina	**30.206**	**34.059**
Adami SA Madeiras	3.379	4.116
Heidrich Indf. Mercantil,, e Agric AS	9.000	9.000
Iguaçu Celulose SA	1.787	1.901
Indl. Agric. Rio Verde Ltda	9.500	12.500
Marombas Ind. de Papeis Ltda.	5.000	5.000
Polpa de Madeira Ltda	1.540	1.540

	2004	2005
PASTA QUIMIMECÂNICA	**22.477**	**26.194**
Santa Catarina	22.477	26.194
Celulose Iraní SA	22.477	26.194
PASTA TERMOMECÂNICA	**184.876**	**196.582**
Paraná	160.122	168.729
Norske Skog Pisa Ltda	160.122	168.729
São Paulo	24.574	27.853
Melhoramentos Papeis Ltda	24.574	27.853
PASTA QUIMITERMOMECÂNICA	**87.427**	**85.436**
Paraná	87.427	85.436
Vinson Ind. De dapel Arapoti Ltda	87.427	85.436
TOTAL	**366.794**	**376.212**

Introdução aos Setor de Celulose

Desempenho do Setor de Celulose e Papel em 2005)

- **Reciclagem**

Em 2005, o consumo de papeis recicláveis foi de 3,4 milhões de toneladas com recuperação equivalente a 46% do consumo aparente.

Taxa de Recuperação de Papéis Recicláveis
Países Selecionados
2005 (Preliminar)

Coréia do Sul	84,3%
Japão	68,4%
Alemanha	68,0%
Espanha	54,0%
Reino Unido	51,9%
Itália	49,2%
Estados Unidos	47,5%
Brasil	**46,0%**
Argentina	44,7%
México	41,9%
Malásia	38,7%
Polônia	33,2%
China	30,4%

Fonte: PPI.

Ref.: Informe Anual (Dados Preliminares) - www.bracelpa.org.br)

Introdução aos Setor de Celulose

Vantagens observadas pelo setor:

- Clima favorável
- Produtividade dos reflorestamentos (espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*),
- Qualidade da matéria prima,
- Extensão territorial
- Água
- Fomento florestal,
- Tecnologia,
- Demanda interna e externa

Introdução aos Setor de Celulose

Desvantagens enfrentadas pelo setor

- Capital intensivo (menor para PAR)
- Distância do mercado,
- Mercado competitivo,
- Custos de transporte,
- Juros
- Proteção tarifária,
- Condicionantes ambientais (ECO- LABELS, ECO-
- AUDIT, BS 57750, Normas ISO 14000, Agenda 21)
- como:
  - manejo florestal,
  - uso de cloro elementar (ECF/TCF),
  - poluição (cheiro, descartes, etc.),
  - reciclagem
- ONGS (Organizações Não-Governamentais/INTERNET)

Introdução aos Setor de Celulose

Setor de celulose e Papel – 2002-2007
Panorama do setor

- Investimentos na última década – US$ 13 bilhões.
- Custo de Investimento = US$ 0,75 - US$ 1,0 Milhão/t celulose (PQ).
- Baixo custo de fabricação (florestas de rápido crescimento)
- Mercados: MERCOSUL, ALCA, NAFTA, CE e Ásia.

Introdução aos Setor de Celulose

Setor de celulose e Papel – 2004-2007 (cont.)
Perspectivas

- Demanda mundial crescerá 2,7% para celulose (4,5% para fibra curta) e 2,2% para papel e papelão.

- Investimentos previstos: Projetos Mucurí da Suzano-Bahia Sul, Topaz da International Paper do Brasil e BrancoCel (PAR) e expansões de Cenibra, BahiaPulp, Klabin e Aracruz)

- Aumento da competição internacional

- Associações nacionais:
  - BRACELPA
  - ABTCP

MATÉRIAS PRIMAS FIBROSAS E QUÍMICA DA MADEIRA

Professor: Alfredo Mokfienski
Consultor Independente

Arapotí, PR, Agosto 2006

Realização
Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

CONTEÚDO

- Introdução
- Florestas Plantadas
- Primas Fibrosas
- Morfologia da Madeira
- Química da Madeira

Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira

Introdução aos materiais fibrosos

- Fibras vegetais
  - Madeira (Árvore) – de florestas plantadas (Eucalyptus, Pinus)
  - Fibras recicladas – aparas
  - Não-madeira: algodão, sisal, bagaço-de-cana, bambú, linho, juta, ramí, crotalária, abacá, carnaúba (folhas), cânhamo, bananeira (pseudo-caule), palhas de cereais

- Fibras animais - Lã

- Fibras minerais - Asbestos, Vidro

- Fibras artificiais - Rayon (Celulose regenerada), Nylon Poliamidas), Orlon (Poliacrílicos) e Dacron (Poliesters).

Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira

DESTAQUE → Madeiras

- **Madeira de Coníferas - Fibra longa**
  - Madeira macia – softwood - *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Araucaria Angustifolia* e outras (p.ex., Picea Abies ou Norway Spruce que muito citada e usada na produção de pasta de alto rendimentos (PAR).
  - Estrutura anatômica mais simples
  - Fibras longas: 3-6mm
  - Traqueídeos e Parênquimas
  - Constituição Volumétrica: 90-95% traqueídeo
    5-10% parênquimas

Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira

- **Madeira de Folhosas – Fibra curta**
  - Madeira mais dura – Hardwood – Eucalipto: *E. grandis, E. urophylla, E urograndis*, E. *Saligna*, Acácia e outras (p.ex., populus tremuloides ou Aspen do Canadá).
  - Maioria das madeiras nativas brasileiras
  - Vegetais mais evoluídos
  - Estrutura anatômica complexa
  - Fibras curtas: 0,5 a 1,5mm
  - Constituição Volumétrica: Fibras – 60%
    Parênquimas – 20%
    Vasos – 20%

Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira

Fatores importantes ligados a utilização de madeira na produção de pasta celulósica:

- Características das fibras (comprimento, largura, espessura de parede, etc.)
- Segurança no fornecimento
- Homogeneidade (p.ex., densidade básica, retidão de fuste)
- Custo da madeira posta na fábrica (exploração e transporte)
- Tipos de produtos a partir do ¨mix¨ de madeira posto fábrica

Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira

Floresta Plantada e Manejo Florestal

- Definição de Floresta Plantada, Programas de Melhoramento Florestal e/ou Rebrota, Manejo Florestal e Atividade Silvicultural
- Diversas áreas de manejo florestal no entorno da fábrica
- Área de manejo formada de talhões de espécies e/ou híbridos
- Talhões de 10 - 50 hectares
- Espaçamento entre árvores = 3,0m x 3,0m (p.ex.)
- Árvores por hectare = 1100 árvores
- Rotação = 5 - 7 anos para Eucalyptus e 12-15 anos para Pinus
- Madeira recebida na fábrica em toras com ou sem casca ou cavacos. (toras de comprimento variando entre 2,40 – 6,0 m)

Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira

Floresta Plantada e Manejo Florestal

Matérias Primas Fibrosas e Química da Madeira

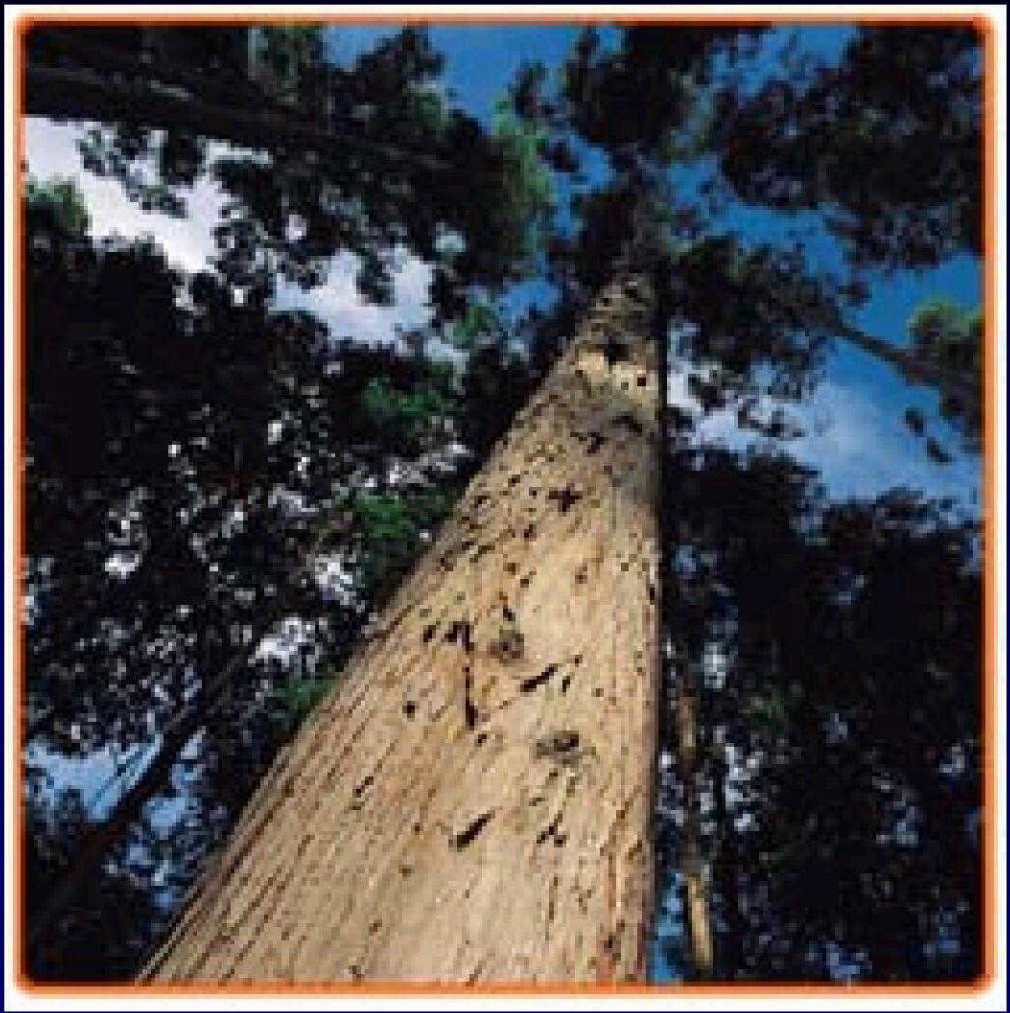
Floresta Plantada - Manejo Florestal

- Equilíbrio entre as demandas ou programas de florestas diferenciadas para produtos diferenciados: carvão, madeira serrada, fabricação de celulose química, fabricação de pasta de alto rendimento, MDF, etc.
- Manutenção de Florestas Naturais: Habitat natural da vida selvagem, proteção das nascentes, recreação, paisagem e produção.
- Florestas diferenciadas de alta produtividade (incremento médio anual)

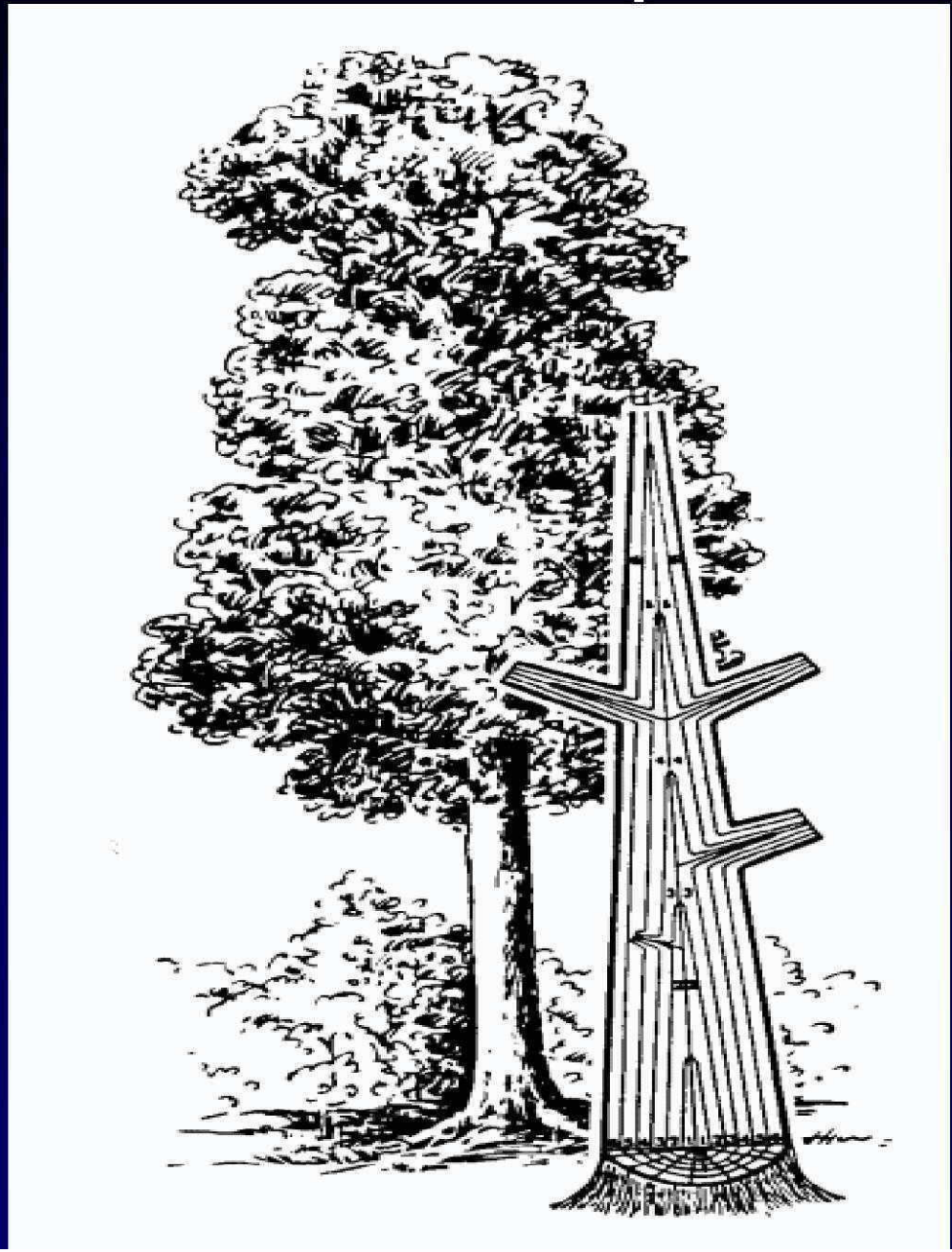
  Eucalipto - IMA > 40m^3/ha.ano / Pinus – IMA > 25 m^3/ha.ano
- Área de florestas plantadas = 5,2 milhões de hectares = 0,5% da área do Brasil (Eucalipto - ES = 204.035 ha e MS = 113.432 ha).
- % do total = China (23,5%), Índia (17,0%), Rússia (9,0%), USA (8,5%), Japão (5,6%), Indonésia (5,1%) e Brasil (2,7 %).

Ref.:Anuário Estatístico da ABRAF -2006 /2005

Morfologia da madeira e da fibra - macroscópica



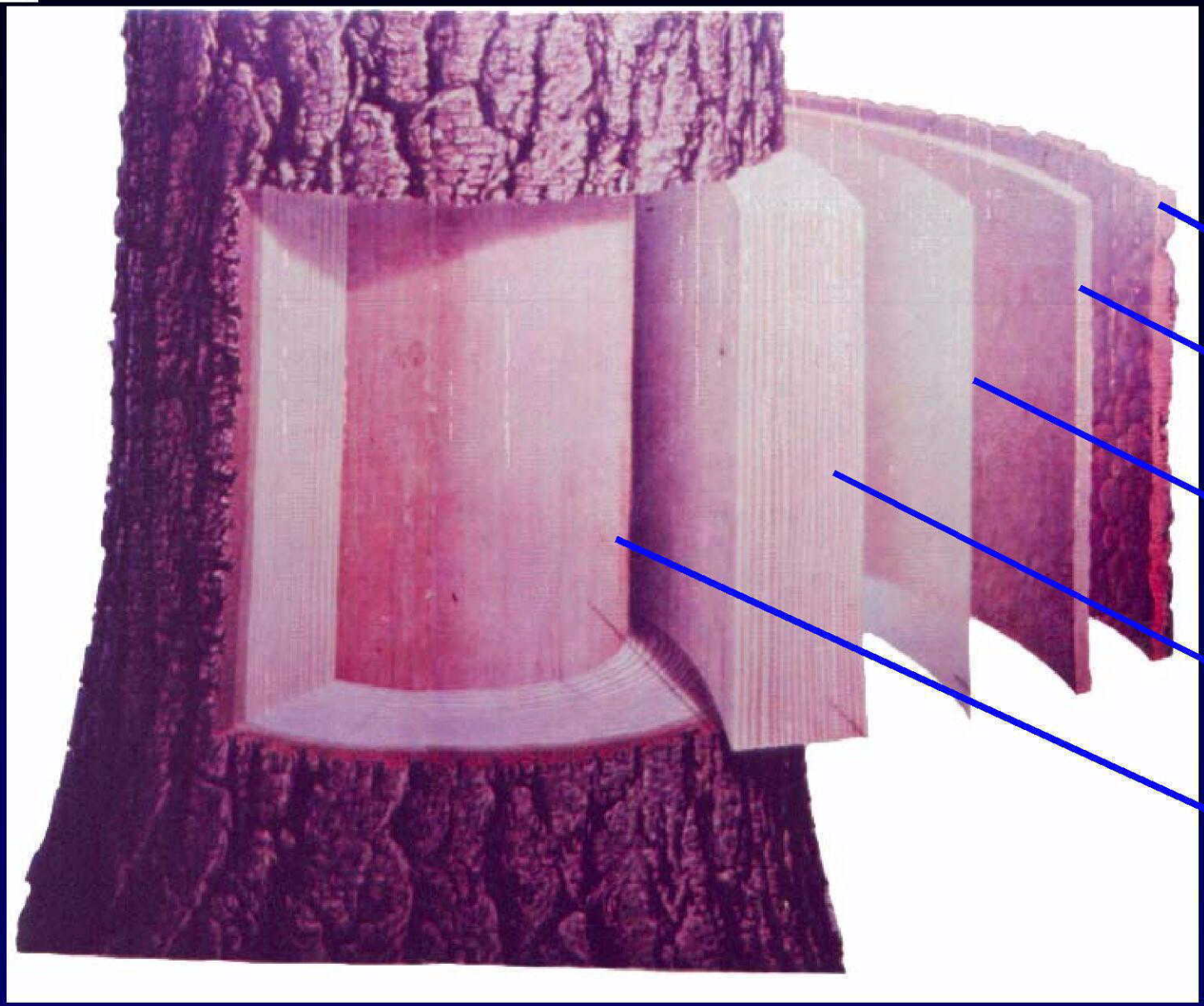
ÁRVORE



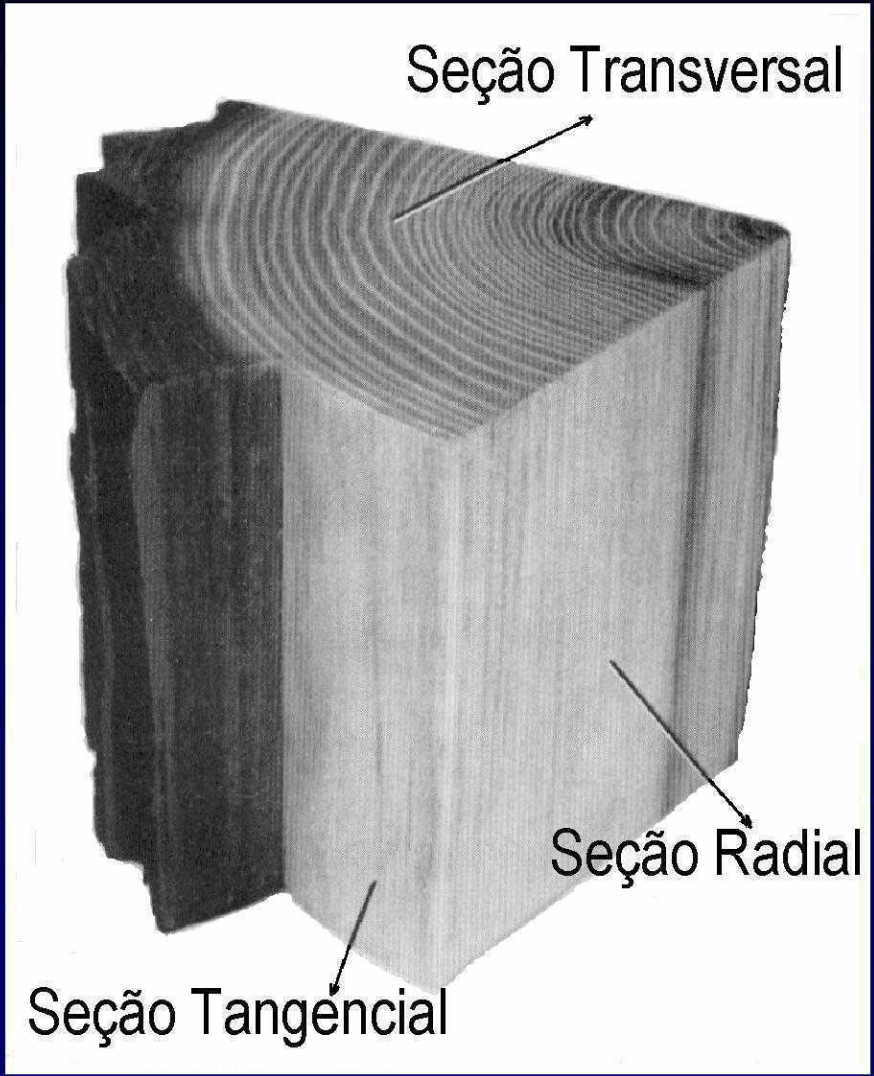
Morfologia da madeira e da fibra - macroscópica

Tronco de Madeira: Casca - Alburno - Cerne

Morfologia da madeira e da fibra - macroscópica



Morfologia da madeira e da fibra - microscópica

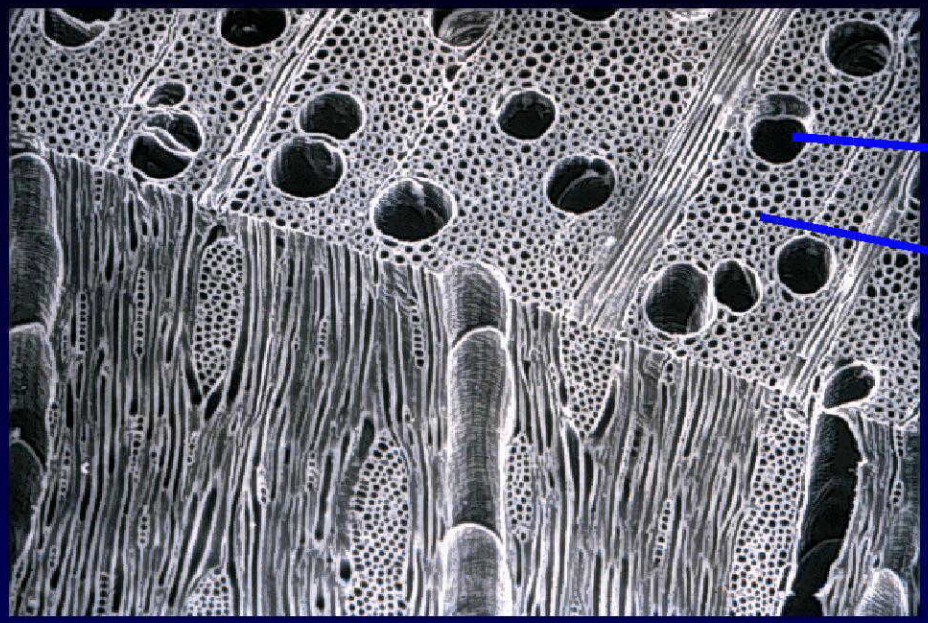


Planos Transversal, Tangencial e Radial do Tronco

Morfologia da madeira e da fibra - macroscópica

Cavacos

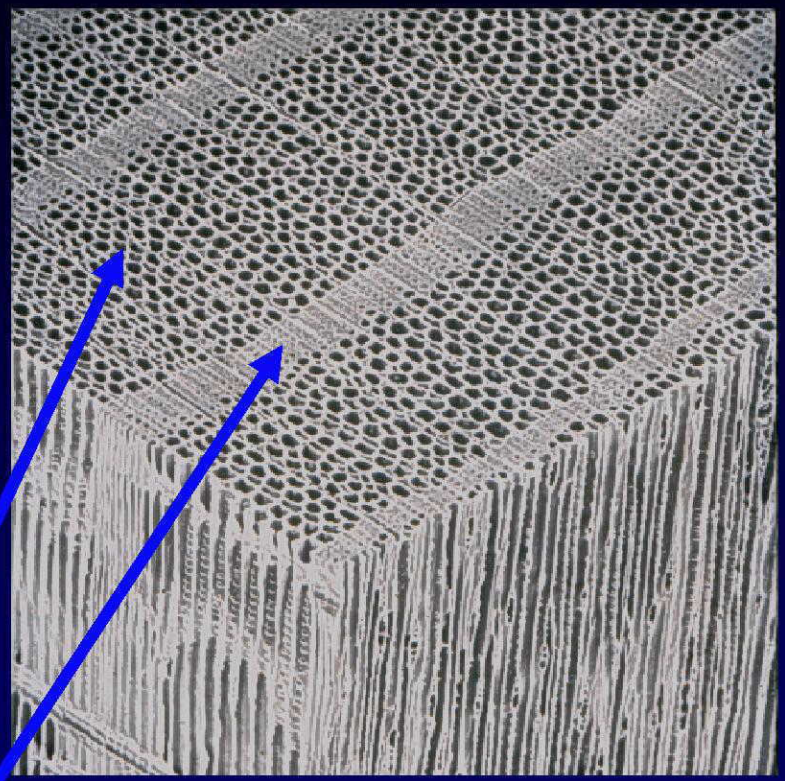
Morfologia da madeira e da fibra - microscópica



Vasos

Fibras

Folhosa (Hardwood) - Eucalipto



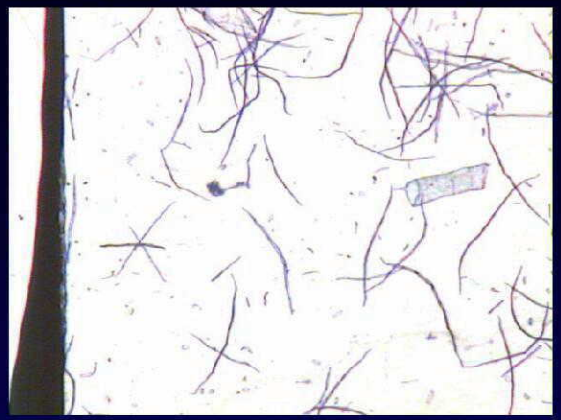
Fibra de Lenho Cedo (Springwood)

Fibra de Lenho Tardio (Summerwood)

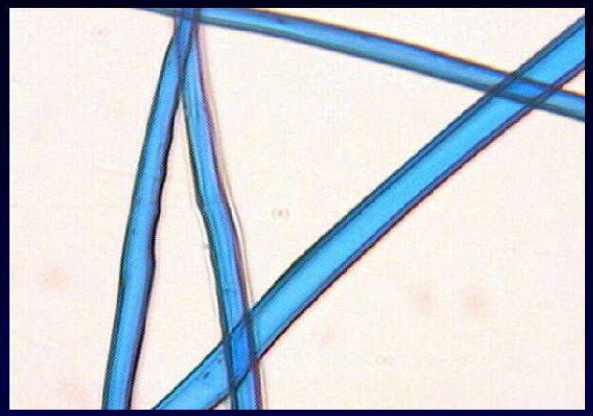
Conífera (softwood) – Pinus

Função	Coníferas (Softwood) – Pinus	Folhosas (Hardwood) - Eucalipto
Condução	Fibras	Vasos
Suporte	Fibras	Fibras

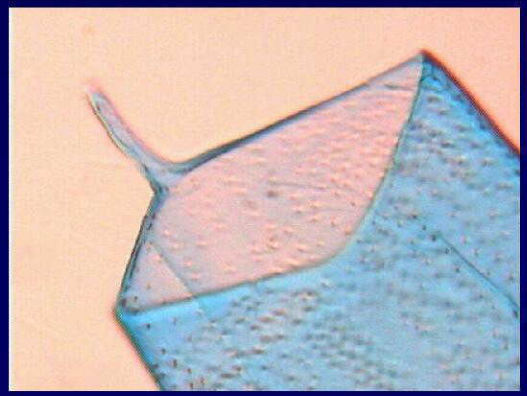
Morfologia da madeira e da fibra - microscópica



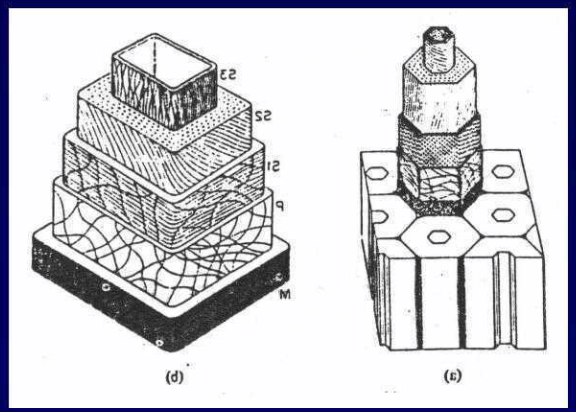
Fibras e vasos



Fibra



Vaso

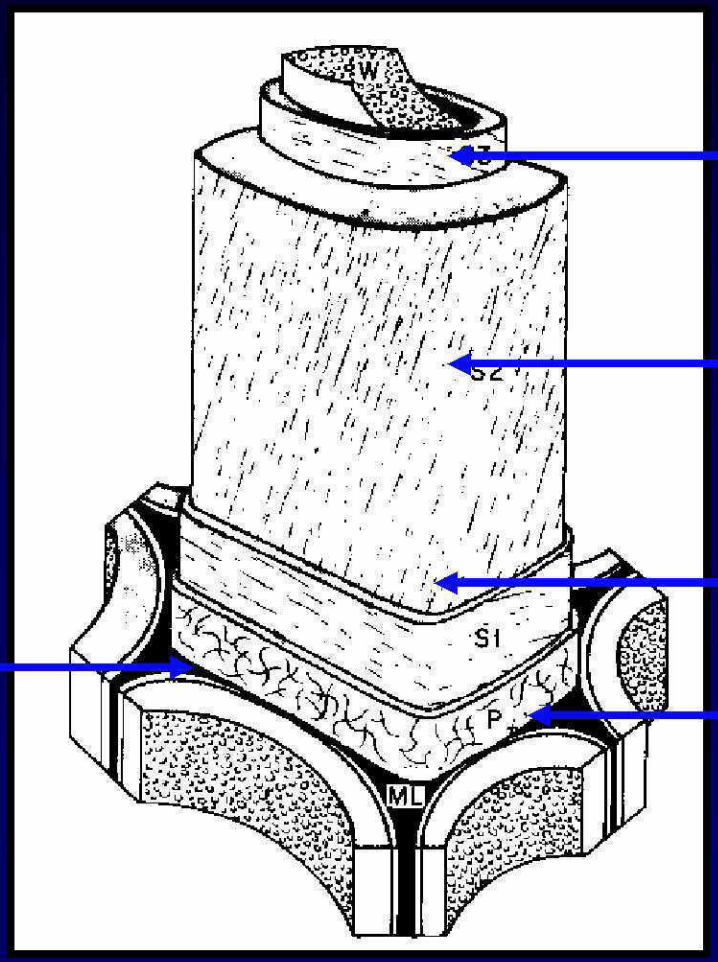


Estrutura fibrilar

Morfologia da madeira e da fibra - microscópica

Estrutura da Fibra (traqueídeo)

A célula fibrosa (fibra) é composta de várias camadas



S3

S2

S1

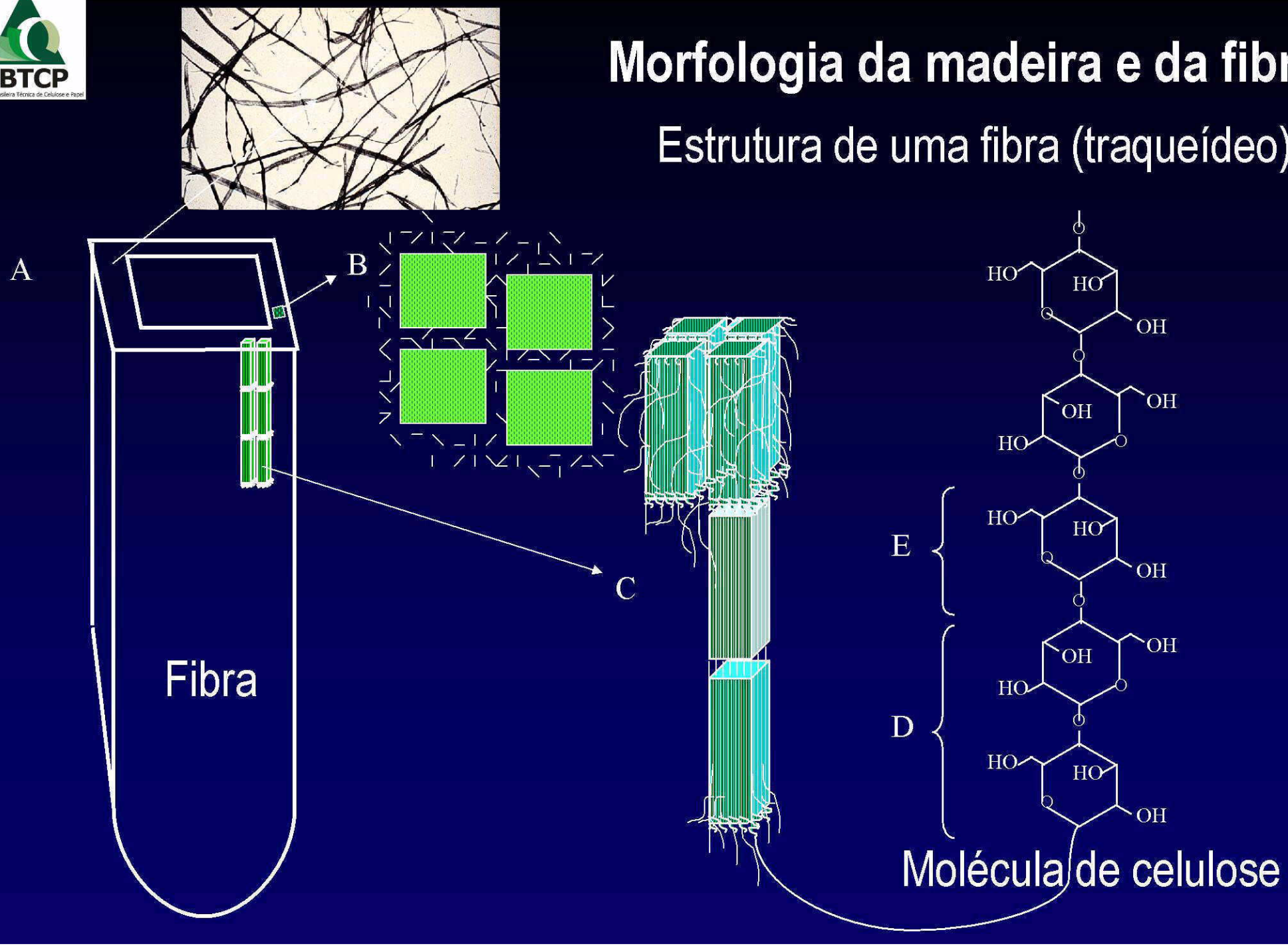
Parede Secundária

Parede Primária

Lamela Média

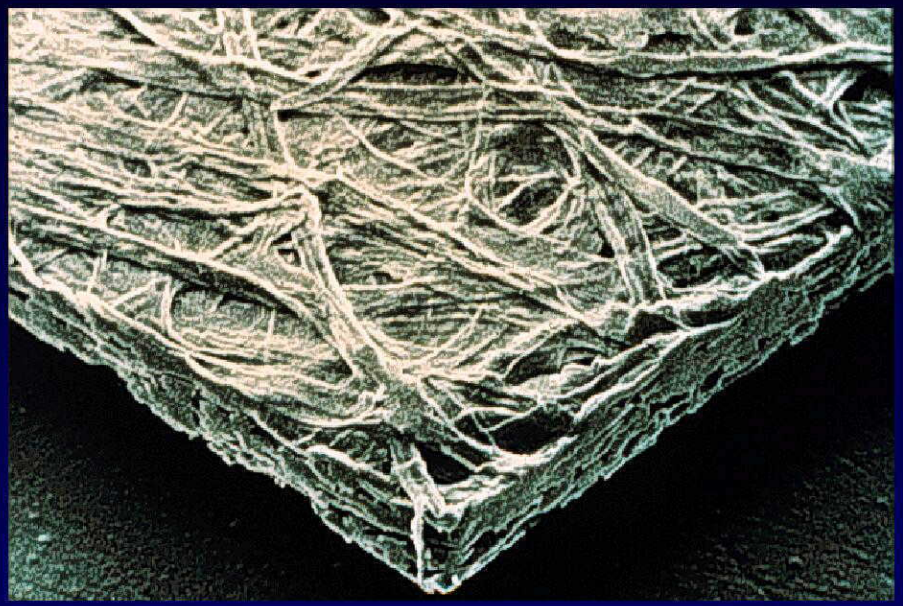
Morfologia da madeira e da fibra

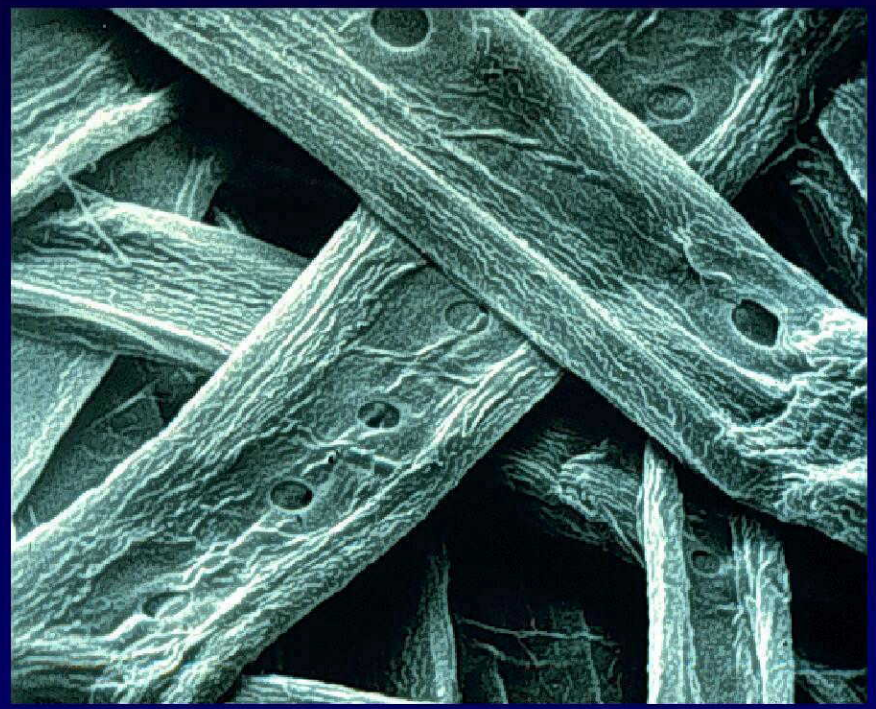
Estrutura de uma fibra (traqueídeo)



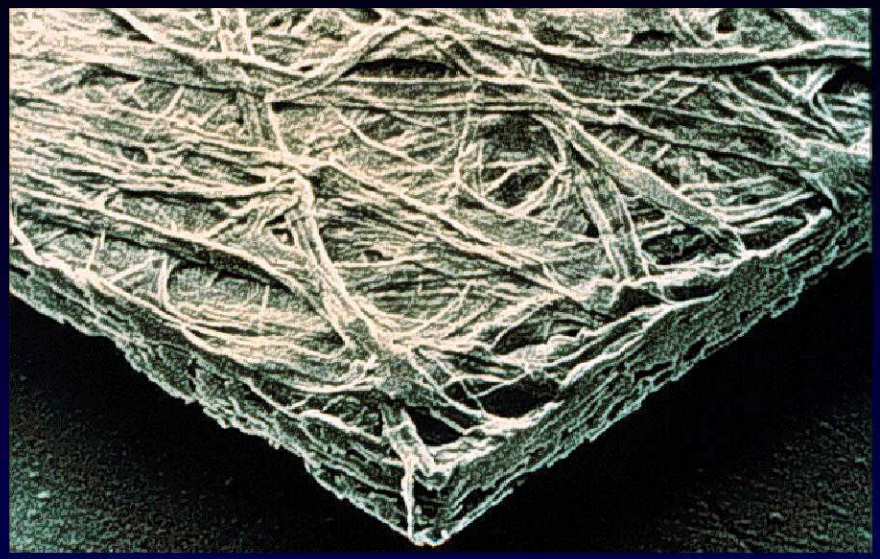
Morfologia da madeira e da fibra – microscópica

Estrutura do papel

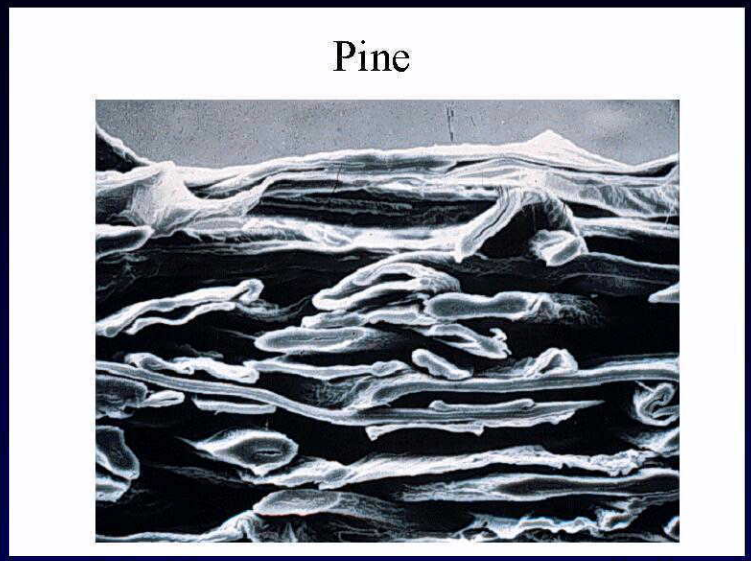




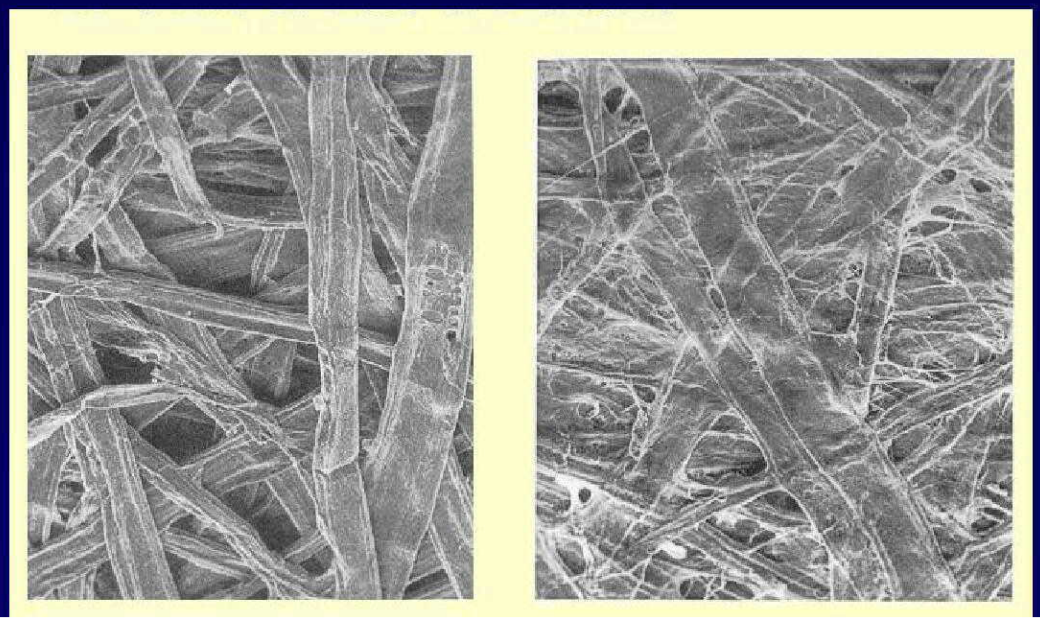
Morfologia da madeira e da fibra – microscópica



a) Folha de papel em perspectiva



b) Corte transversal da folha



c) Vista de topo da folha

c1) Sem refino

c2) Com refino

Química da Madeira

Componentes Químicos da Madeira

- Componentes principais da madeira
  - Celulose (polímero)
  - Hemicelulose (polímero)
  - Lignina

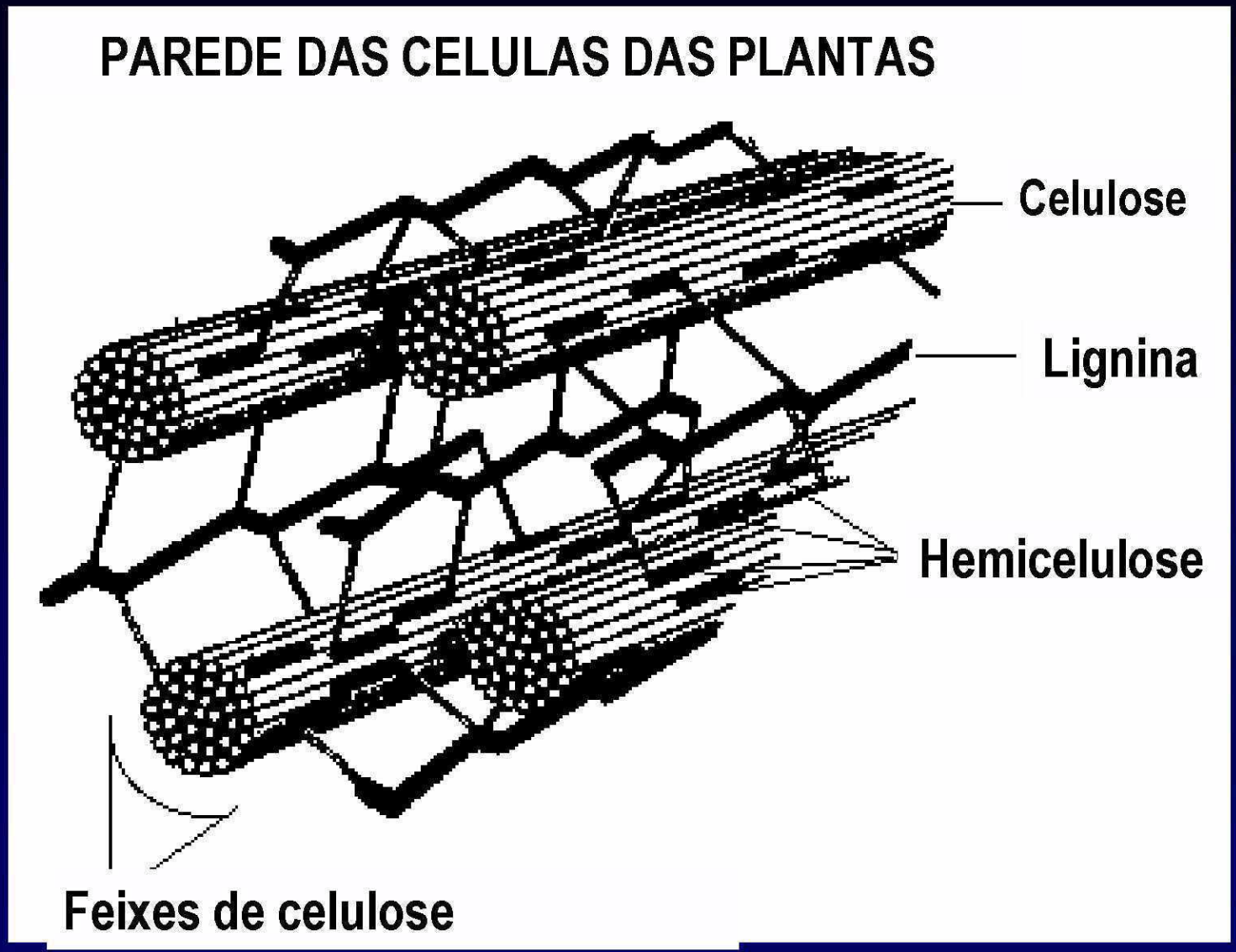
  Holocelulose (carboidratos)
- Componentes secundários
  - Extrativos – Breu, Terebentina, etc.
  - Inorgânicos – Ferro, Cálcio, Manganês, etc.
- Seus comportamentos são importantes quando se
  - tenta converter a árvore em material fibroso para
  - usá-los na fabricação de papéis diversos

Química da Madeira

Composição Química Média de madeira

Componente	Coníferas (%)	Folhosas (%)
• Celulose	40 - 45	40 - 45
• Hemiceluloses		
• Glicomananas	20	5
• Xilanas	10	20 - 30
• Ligninas	25 - 30	20 - 25
• Extrativos	4 – 10	1 - 4
• Componentes Inorgânicos	0,2 - 0,3	0,4 - 0,5

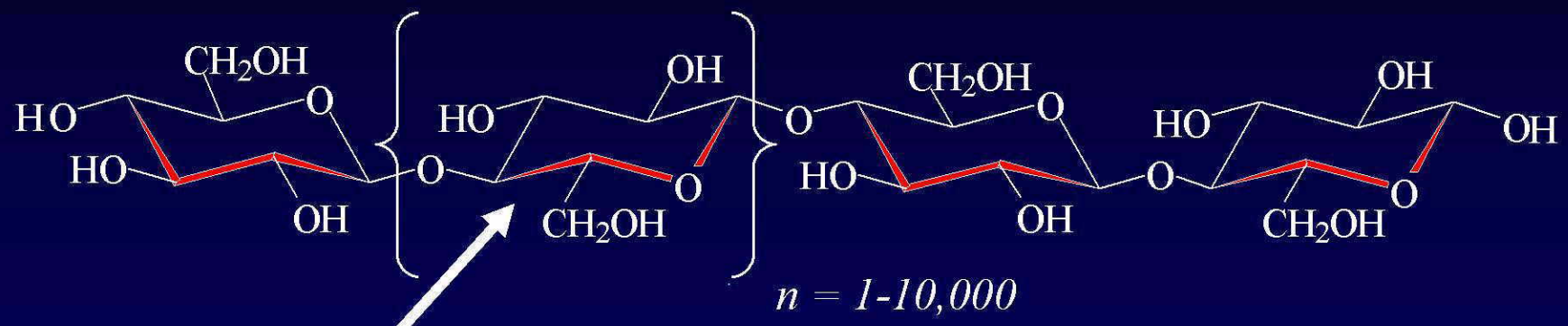
Química da Madeira



Estrutura dos Materiais ligno-celulósicos da madeira

Química da Madeira

Estrutura Molecular da Celulose

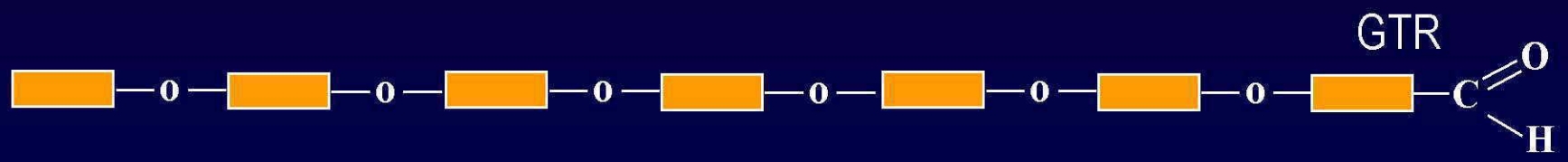


$C_6H_{11}O_5$ { Unidade **anidro-glucopiranose** }

Polímero da glucose (açucar)

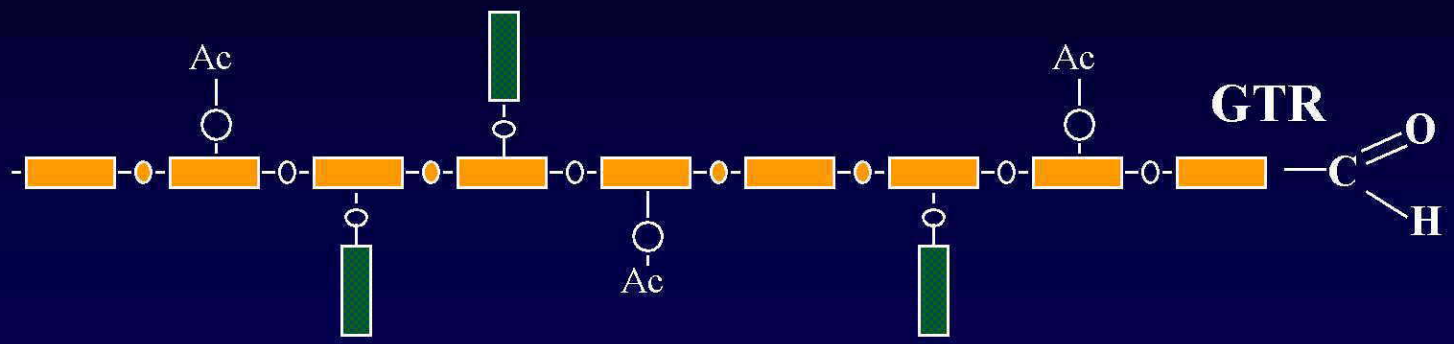
Estrutura molecular da Celulose

GTR=Grupo Terminal redutor



Celulose
Polímero de $C_6H_{11}O_5$ (anidroglucopiranose)
Polímero longo linear e sem ramificações
Grau de polimerização (DP): ~10,000
Estrutura parcialmente cristalina resulta em alta resistência

Estrutura molecular de uma Hemicelulose de folhosa



Hemicelulose - polímero ramificado

Principal das folhosas: o-metilglucoronoxilana DP 200

-▭-o Xilose

-▭-o Ácido Glucorônico

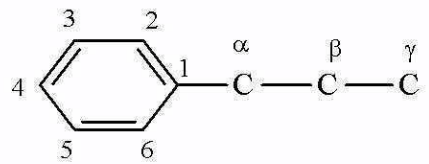
Ac—○— Grupo Acetila

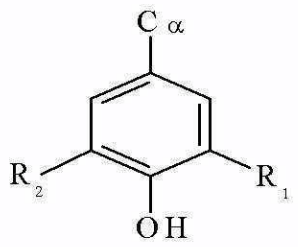
Lignina : Função

- Aumenta a rigidez da parede celular
- Cimenta as células umas às outras
- Reduz a permeabilidade da parede celular a água
- Protege a madeira contra microorganismos
- Aumenta a resistência da planta à compressão permitindo o seu crescimento vertical

Química da Madeira

Monômeros da Lignina



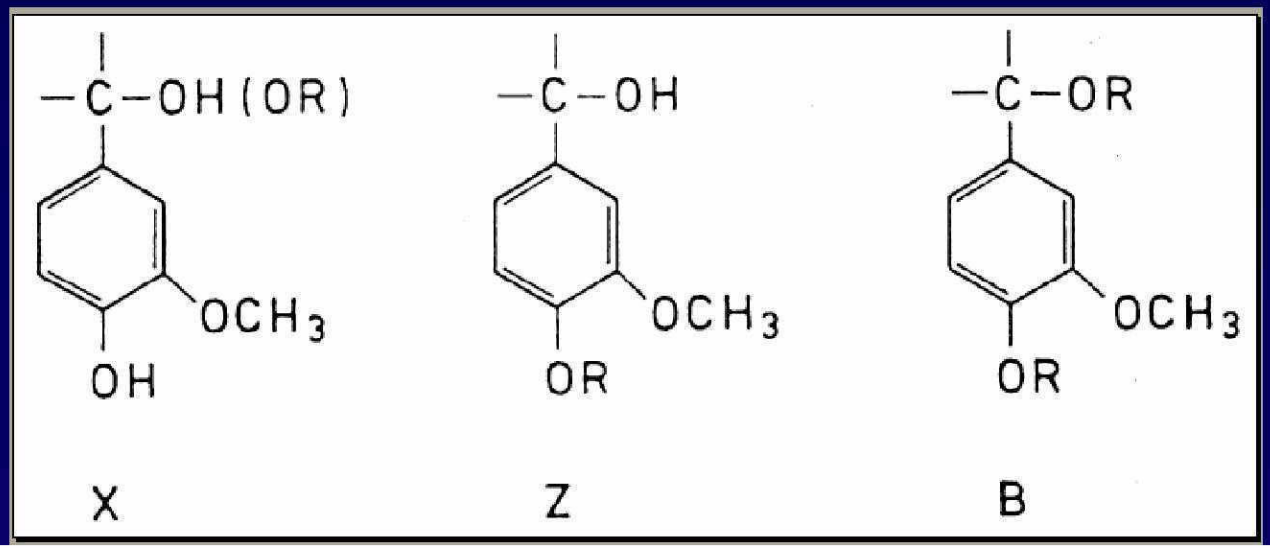


$R_1 = H$ $R_2 = H$: H

$R_1 = H$ $R_2 = OCH_3$: G

$R_1 = OCH_3$ $R_2 = OCH_3$: S

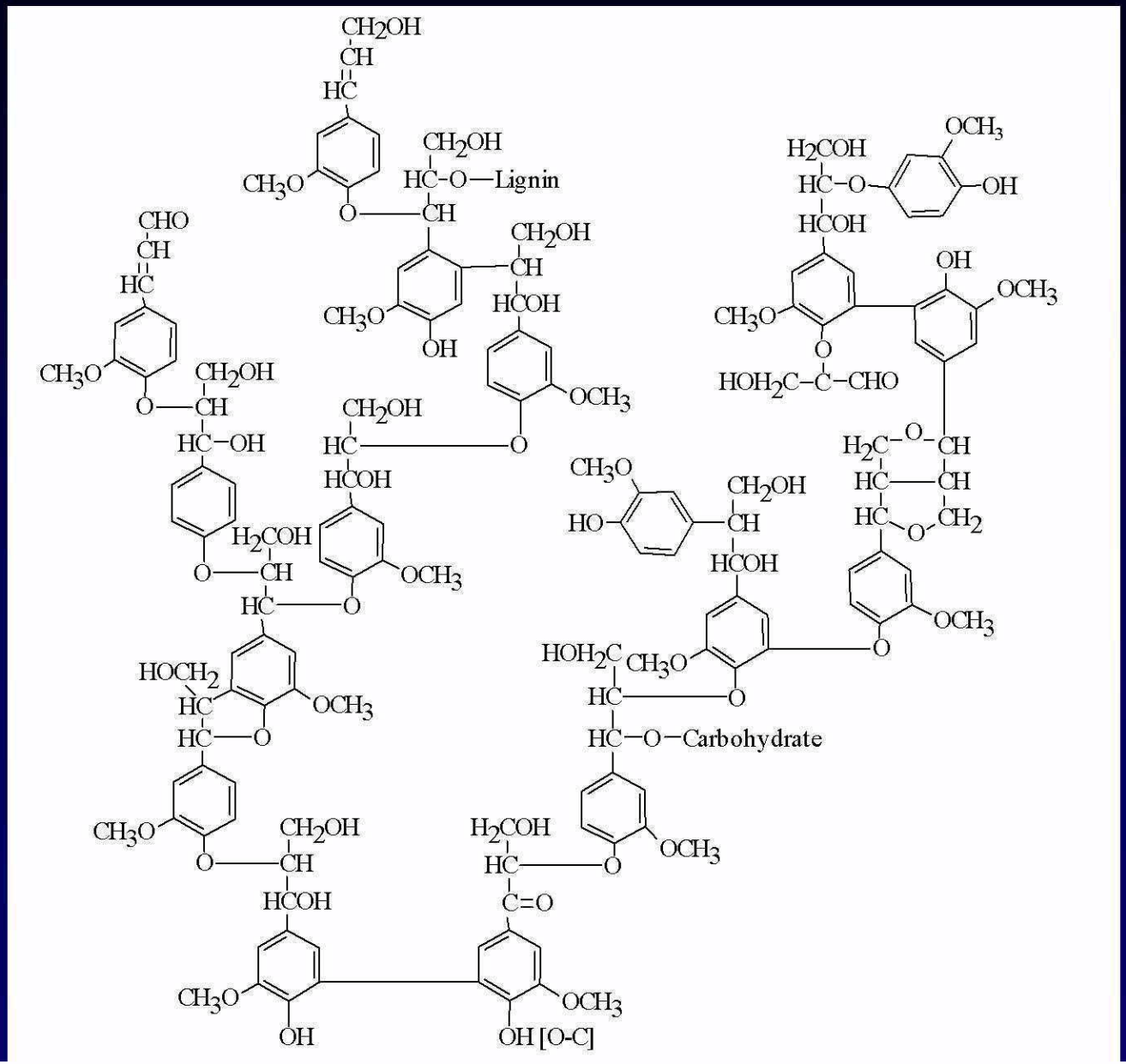
Grupos básicos da Lignina (X, Z, B) que podem ser sulfonados em condições especiais na produção de PAR (CMP)



Química da Madeira

Estrutura da Lignina

A Lignina é um novelo de grupos do tipo fenil propanol ligados entre si com diversos tipos de ligações químicas.



Química da Madeira

Extrativos: características gerais

- Componentes da madeira não pertencentes a parede celular
- Extraíveis em água e ou solventes orgânicos neutros
- 1 - 4% da madeira de folhosas; 4 -10% coníferas
- Baixo e médio peso molecular, exceto os taninos (alguns de alto Peso Molecular).
- Influenciam nas propriedades físicas da madeira - cheiro, cor, resistência à microorganismos, etc.
- Podem influir na qualidade da polpa, da pasta e do papel.

Química da Madeira

Constituintes Inorgânicos

- São as chamadas "cinzas" da madeira.
  - Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, etc.,
  - SiO_2 e silicatos
- Representam cerca de 0,5% em madeiras normais
- 1-5% em certas madeiras tropicais
- Cerca de 5% na casca da madeira
- Cátions de Manganês (Mn) e Ferro (Fe) dificultam branqueamento da polpa ou pasta de madeira.

PREPARO DA MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE PASTA DE ALTO RENDIMENTO (PAR)

Professor: Alfredo Mokfienski
Consultor Independente

Arapotí, PR, Agosto 2006

Realização
Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

CONTEÚDO

- Introdução
- Manejo florestal e transporte
- Recebimento da Madeira
- Descascamento da madeira
- Picagem da madeira
- Peneiramento do cavaco
- Estocagem de madeira/cavacos
- Controle de qualidade e tendências

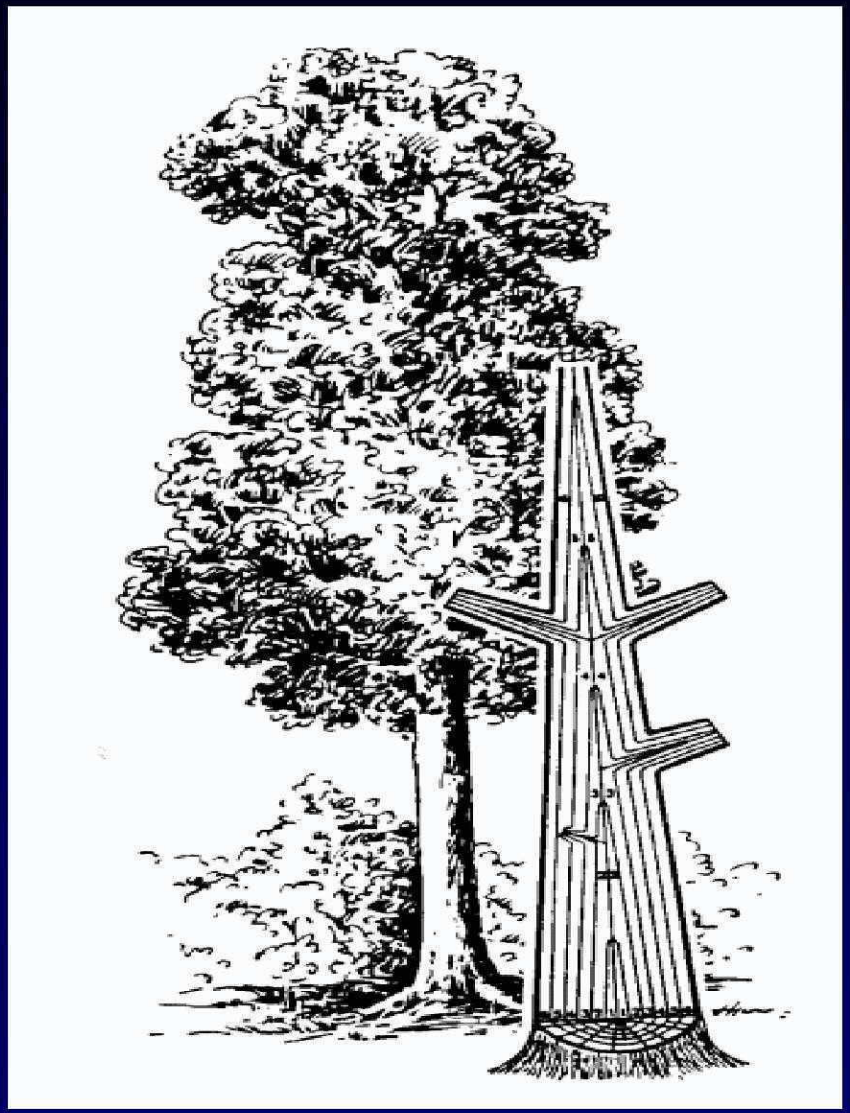
Preparo da Madeira

Custo Variável de Produção de Celulose

- Madeira
- Energia
- Vapor
- Químicos
- Mão de Obra

Madeira incide em cerca de 40% do custo

Preparo da Madeira



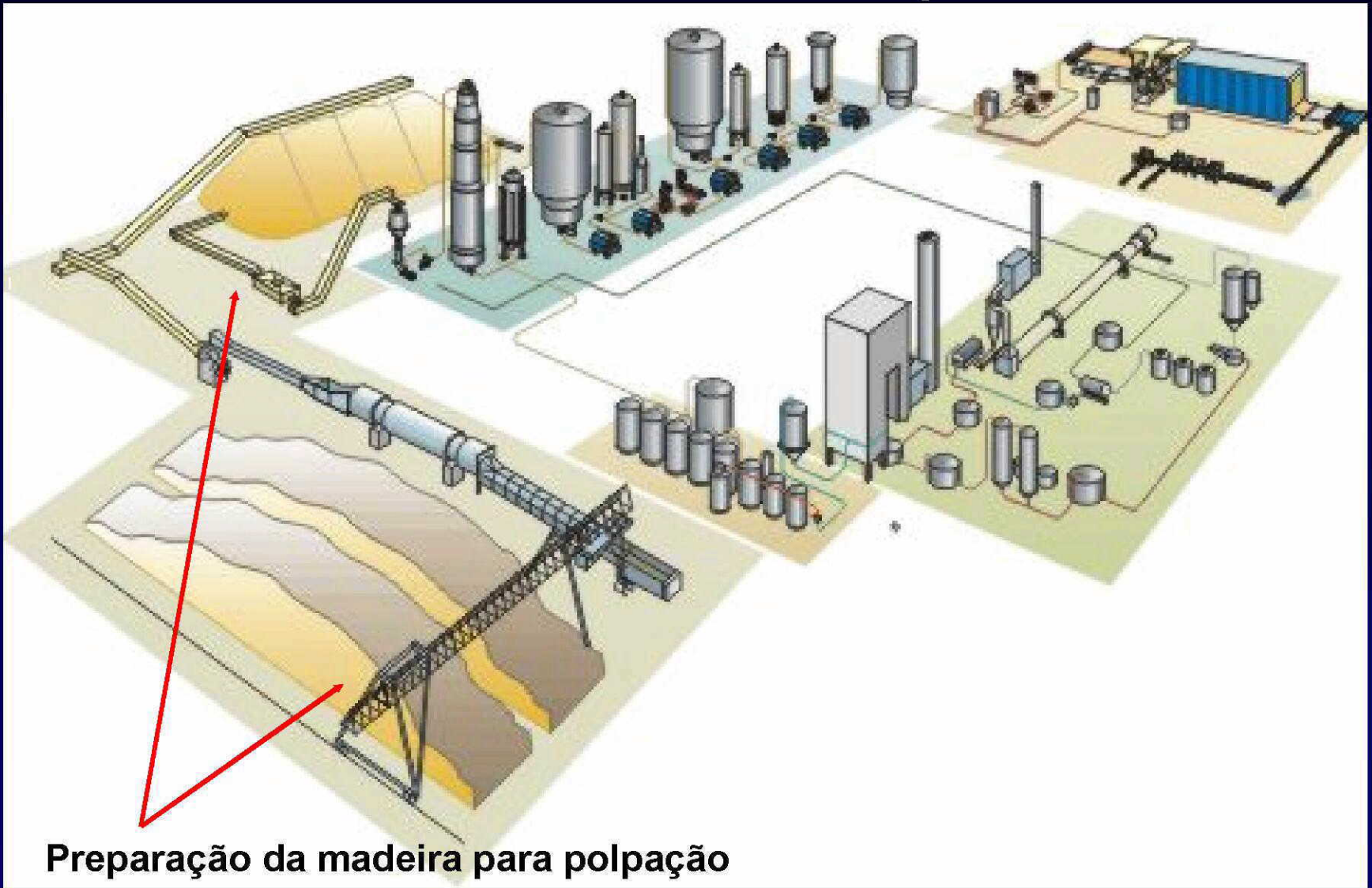
Arvore

Toras

Cavacos

Preparo da Madeira

Fábrica de Celulose Branqueada



Preparo da Madeira

Demanda típica de área de floresta plantada – POLPA QUÍMICA

(Base: Floresta plantada de eucalipto para abastecer fábrica de 1.000.000 tsa/ano ou 2.860 tsa/dia com 350 dias/ano)

- Madeira disponível em floresta plantada de ***eucalyptus spp***
- Consumo médio específico = 4,0 m3scc/tsa
- Consumo anual (1.000.000 tsa/ano) = 4.000.000 m3scc/ano
- IMA médio = 45 m3scc/ha.ano
- Idade de corte = 7 anos
- Produtividade = 315 m3scc/hectare
- Área de manejo florestal anual = 12.700 hectares
- Área útil mínima plantada = 89.000 hectares
- Relação floresta plantada/floresta natural = 2,5/1,0
- Área total do empreendimento = 120.000 a 130.000 hectares

Preparo da Madeira

Demanda típica de área de floresta plantada - BCTMP

(Base: Floresta plantada de eucalipto para abastecer fábrica de 210.000 tsa/ano ou 600 tsa/dia com 350 dias/ano)

- Madeira disponível em floresta plantada de ***eucalyptus spp***
- Consumo médio específico = 2,5 m3scc/tsa
- Consumo anual (210.000 tsa/ano) = 525.000 m3scc/ano
- IMA médio = 45 m3scc/ha.ano
- Idade de corte = 7 anos
- Produtividade = 315 m3scc/hectare
- Área de manejo florestal anual = 1.700 hectares
- Área útil mínima plantada =11.900 hectares
- Relação floresta plantada/floresta natural = 2,5/1,0
- Área total do empreendimento = 16.000 a 17.000 hectares

Preparo da Madeira

Demanda típica de área de floresta plantada - BCTMP

(Base: Floresta plantada de eucalipto para abastecer fábrica de 210.000 tsa/ano ou 600 tsa/dia com 350 dias/ano)

- Madeira disponível em floresta plantada de **pinus spp**
- Consumo médio específico = 3,00 m3scc/tsa
- Consumo anual (210.000 tsa/ano) = 630.000 m3scc/ano
- IMA médio = 25 m3scc/ha.ano
- Idade de corte = 12 anos
- Produtividade = 300 m3scc/hectare
- Área de manejo florestal anual = 2.100 hectares
- Área útil mínima plantada = 25.200 hectares
- Relação floresta plantada/floresta natural = 2,5/1,0
- Área total do empreendimento =35.000 a 40.000 hectares

Preparo da Madeira

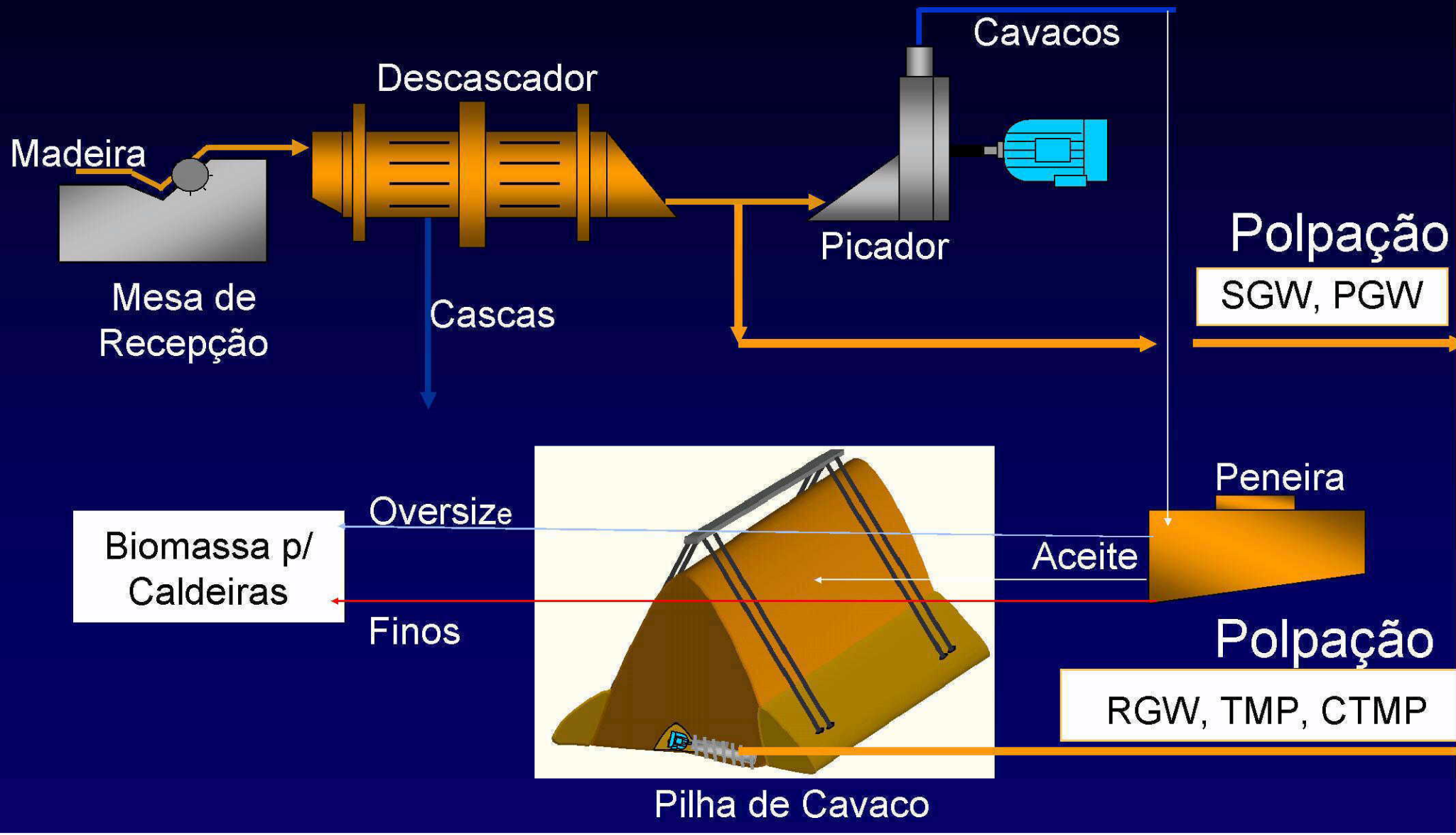
Floresta Plantada – Manejo Florestal (cont.)

- Após abate madeira fica na floresta < 4 semanas para não perder umidade e/ou sofrer deterioração (adversa para PAR)
- Umidade média da madeira 40-60%
- Diâmetro variando entre 6 – 30 cm
- Teor de casca = 10% peso ou 15% volume
- Densidade Básica da madeira saturada = 350-600kg/m^3
- Densidade Aparente (bulk) = ca. 180 kg/m^3(as)
- m^3scc/estereo = 1,7 (estereo/m^3scc = 0,60)
- m^3sólido madeira/m^3bulk = 2,9

Nota: scc = sólidos com casta
estereo = metro cúbico de madeira empilhada

Preparo da Madeira

Fluxograma Básico de um Pátio de Madeira

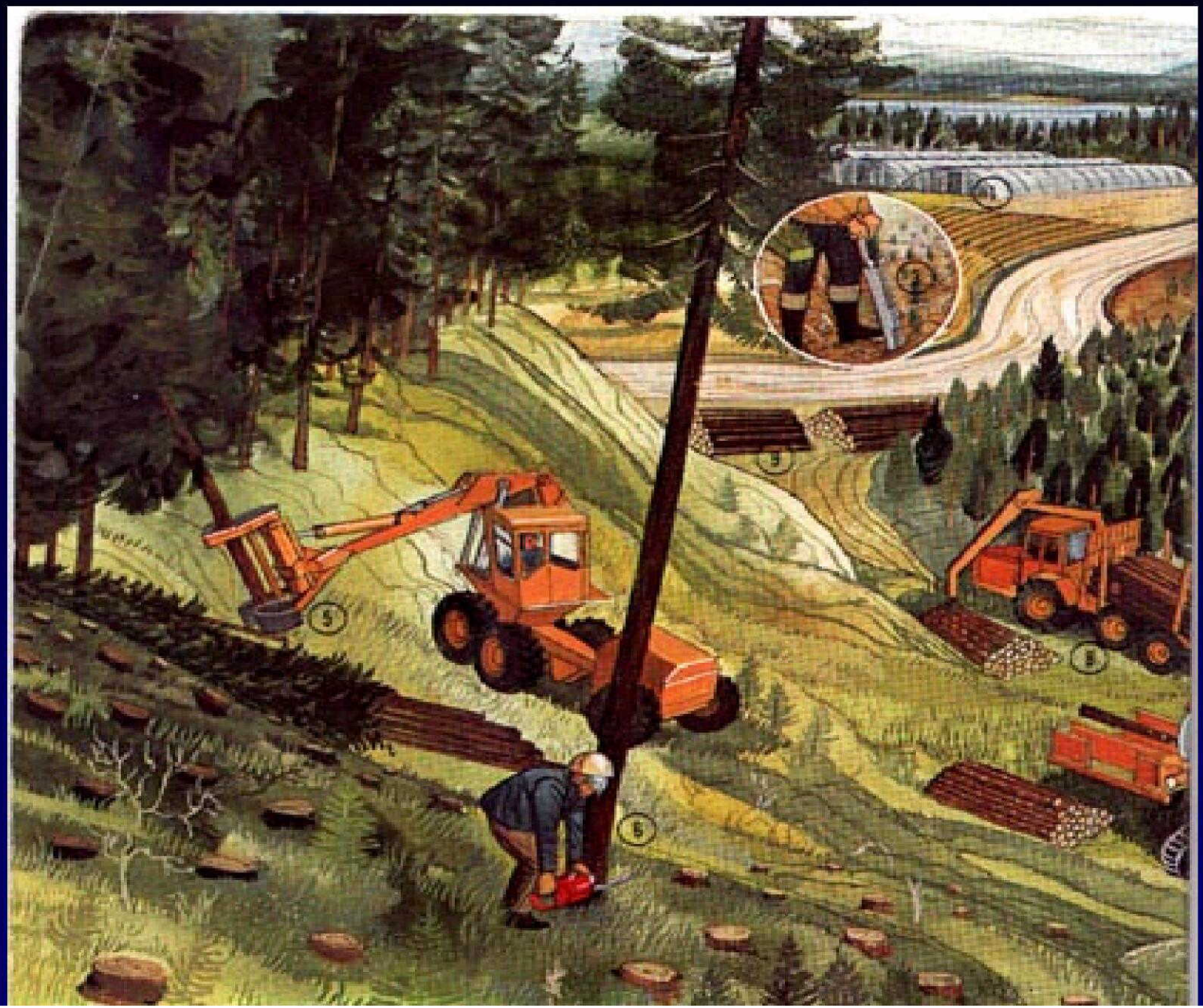


Preparo da Madeira

Etapas do Preparo da Madeira para a Polpação

- Colheita
- Transporte
- Descascamento, Picagem e Peneiramento (classificação de cavacos)
- Estocagem
- Alimentação

Preparo da Madeira



Preparo da Madeira

Estocagem de Madeira de Eucalipto

Preparo da Madeira

Transporte da Madeira para a Fábrica

- Rodoviário em caminhões simples, duplos e/ou triplos
- Ferroviário em vagões adaptados
- Fluvial em barcaças de grande capacidade.

Notas:

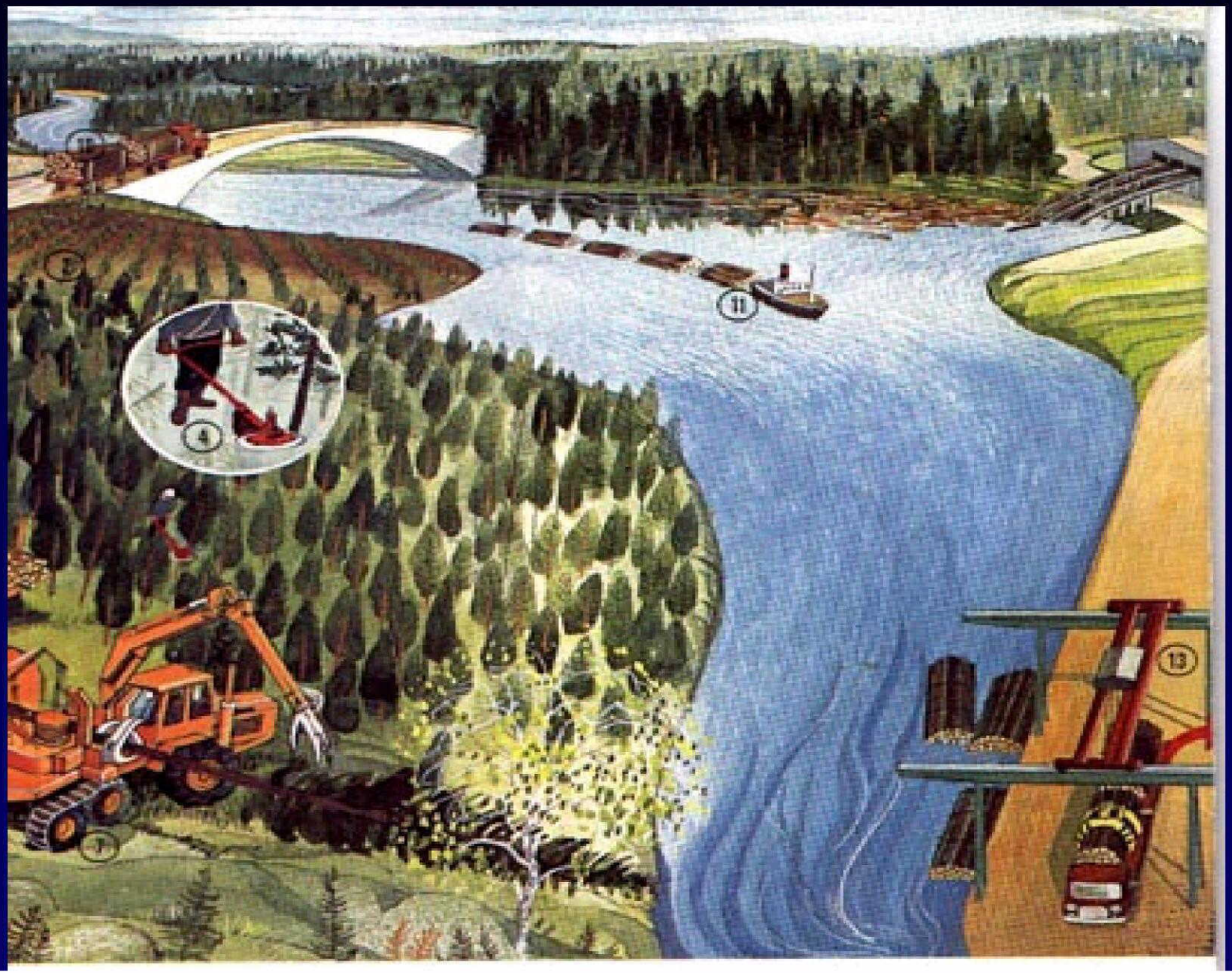
- Para produção de PAR recomenda-se menor tempo de estocagem para facilitar o desfibramento e/ou refino (mínimo tempo de estocagem estratégica)
- Umidade da madeira deve estar acima de 50%.

Preparo da Madeira

Transporte Rodoviário

Capacidade = 3 x 40 m^3cc/carga = aprox. 120 m^3 cc/caminhão
(6,0 m x 2,4 m x 2,5 m = 40 m^3cc/compartimento)

Preparo da Madeira



Preparo da Madeira

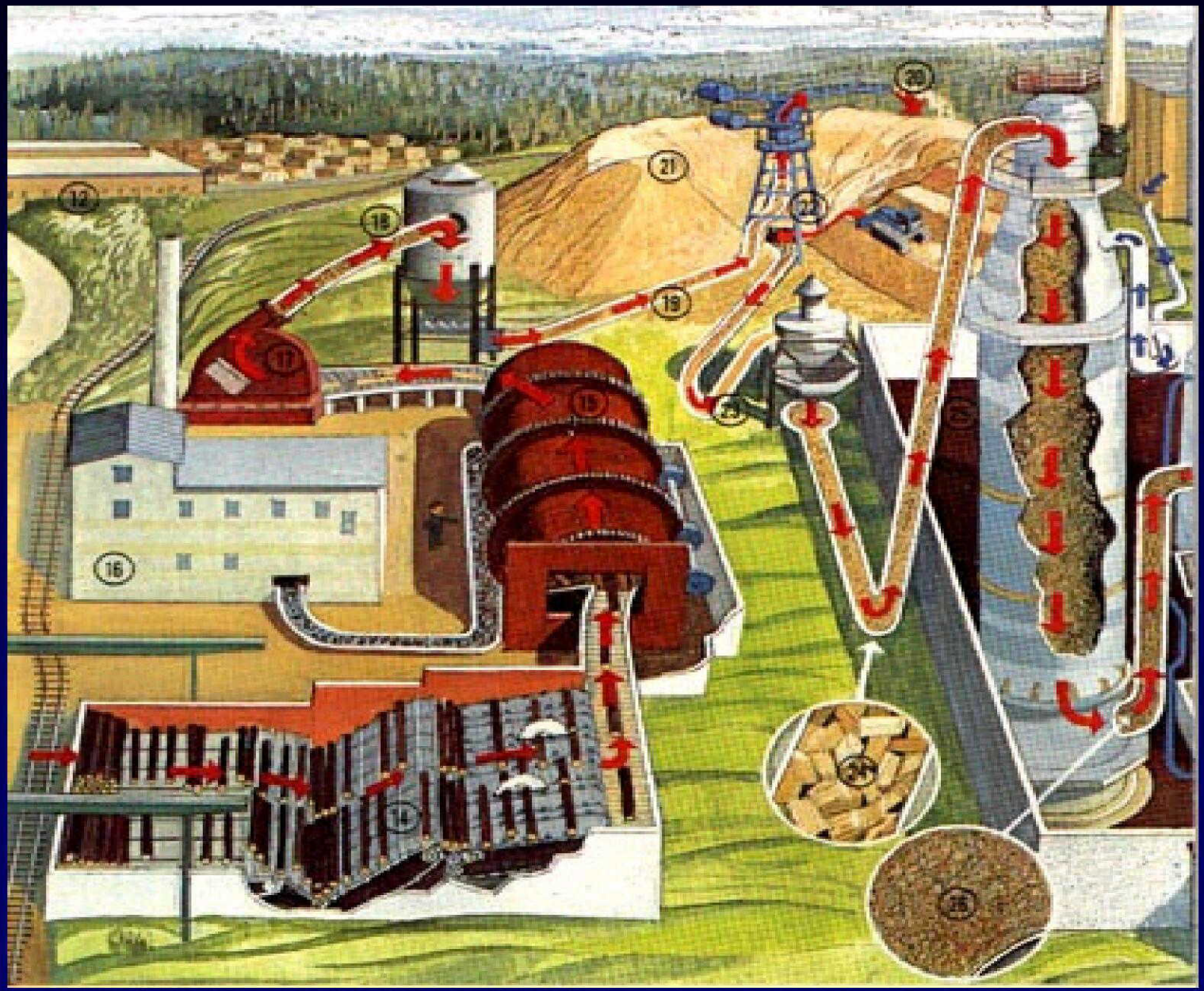
Descascamento de Toras

- Casca contém baixo teor de fibras e altos teores de extrativos, metais e impurezas que comprometem o processo de polpação e a qualidade da polpa (consumo de químicos e pintas no produto final (polpa e papel).

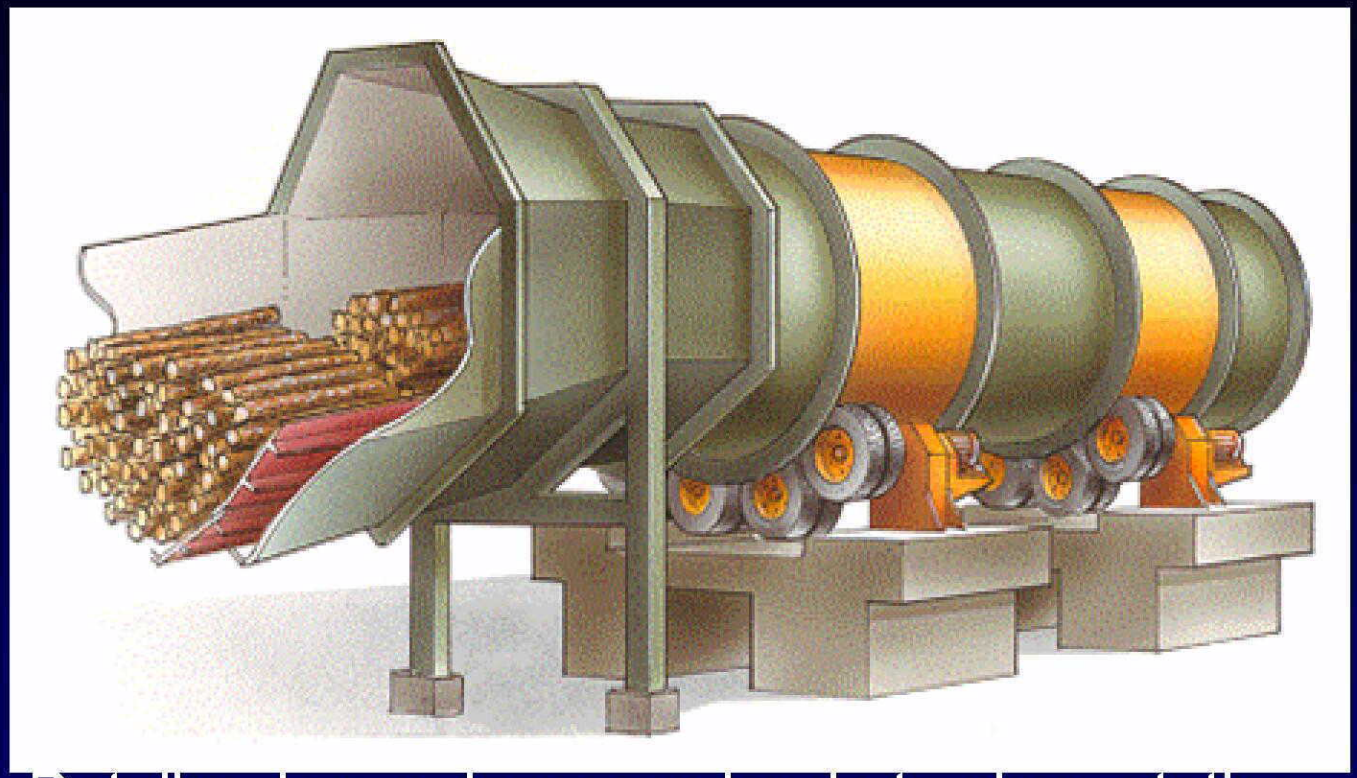
- Objetivo do descascamento de toras - Obtenção de madeira sem casca e sujeira (areia, metais, plásticos)

- Descascamento
  - Manual
  - Mecânico em descascadores fixos instalados na fábrica ou montados em veículos no campo.

Preparo da Madeira



Preparo da Madeira



Descascador

Detalhe de um descascador de tambor rotativo

Diâmetro 4-6 m; comprimento 20-40m; rotação 1- 4 RPM

Aberturas laterais permitem remoção da casca

Problema: quebra e perda de toras de pequeno diâmetro (< 6 cm)

Eficiência de descascamento: 80-90%

Preparo da Madeira

Picagem

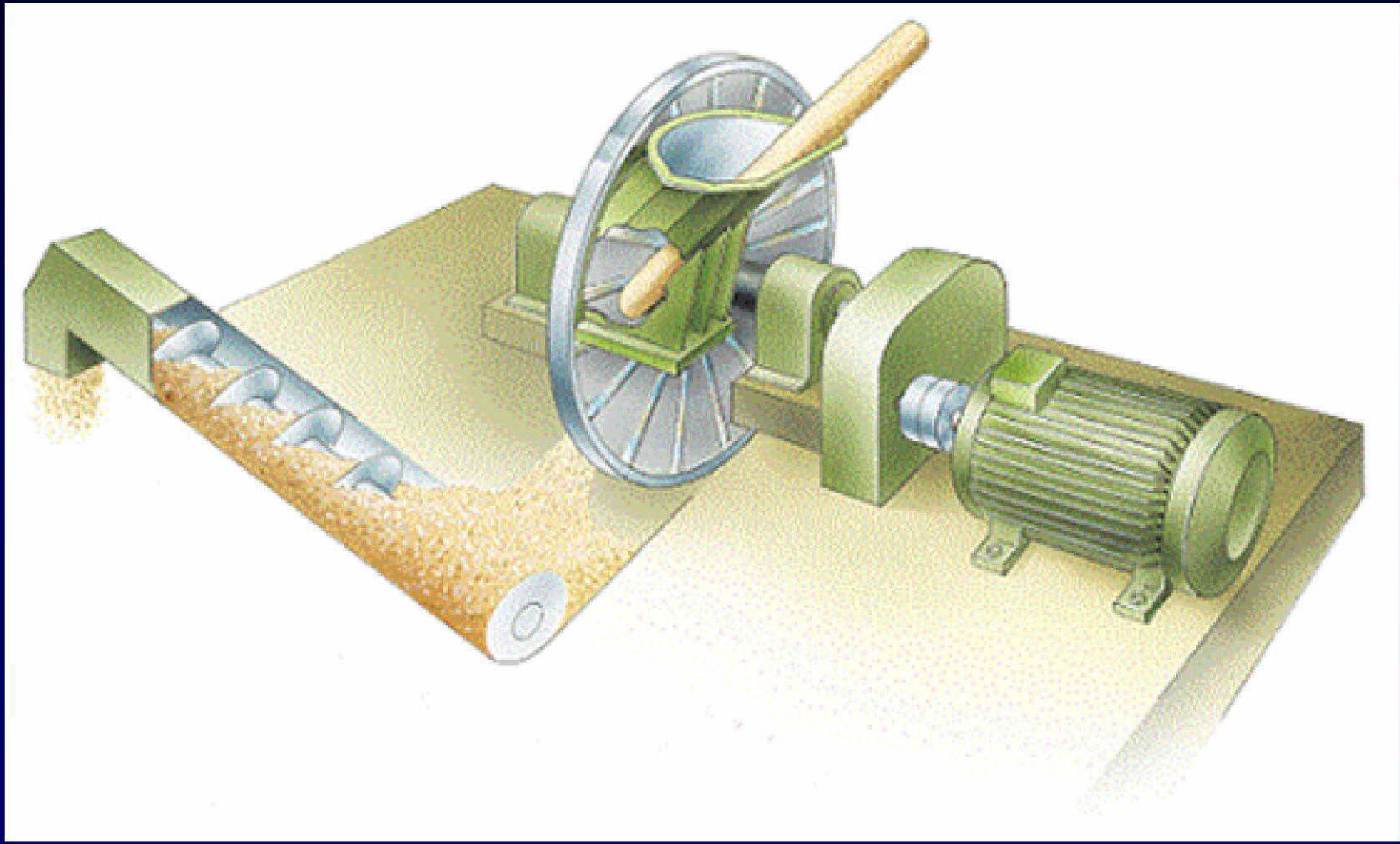
- Objetivo da Picagem

Transformar as toras em cavacos de dimensões apropriadas para produção de RMP, TMP, CMP, etc.. Tamanho e dimensões importantes na para polpação. Para produção de pasta mecânica de rebolo (SGW) não há necessidade de picagem da madeira.

- Dimensões
  - Toras no comprimento requerido do equipamento (SGW - p.ex., 1,0 m)
  - Ideais: 25 mm de comprimento x 4 mm de espessura (PQ e PAR)
  - Aceitáveis:10-30 mm x 2-8 mm
- Produção de cavacos através de picadores de discos
  - Fixos (instalados na fábrica)
  - Móveis (montados sobre veículos na floresta)

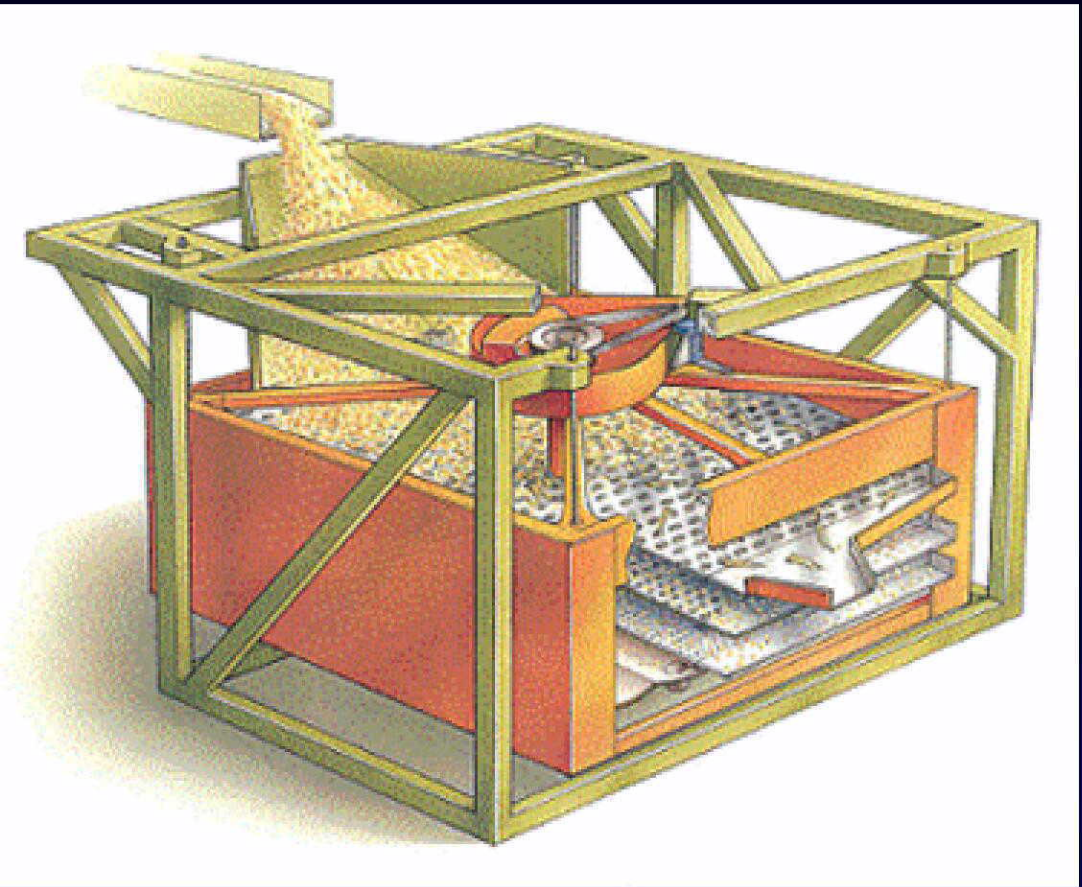
Preparo da Madeira

Picagem da Madeira (cont.)



Detalhe de um picador rotativo fixo

Peneiramento dos Cavacos



Cavacos ideais (baixo teor de finos e
e de cavacos graúdos)

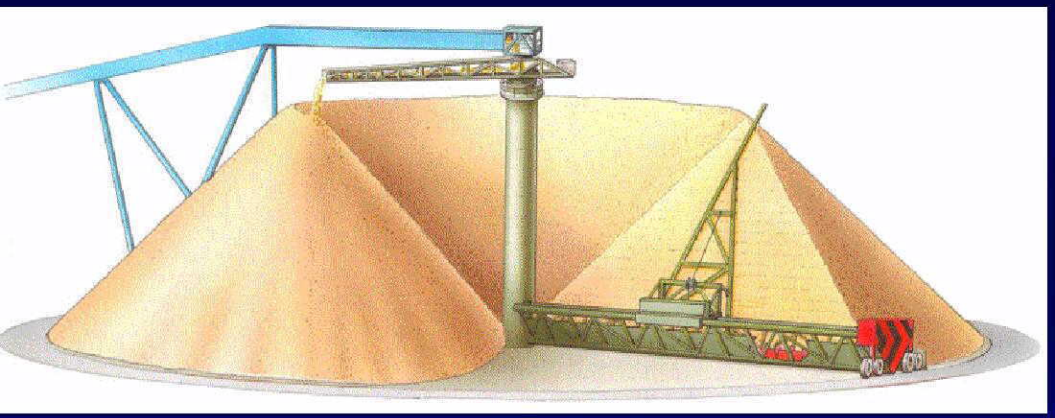
Equipamento com peneiras móveis/vibratórias de perfurações diversas para segregação de:

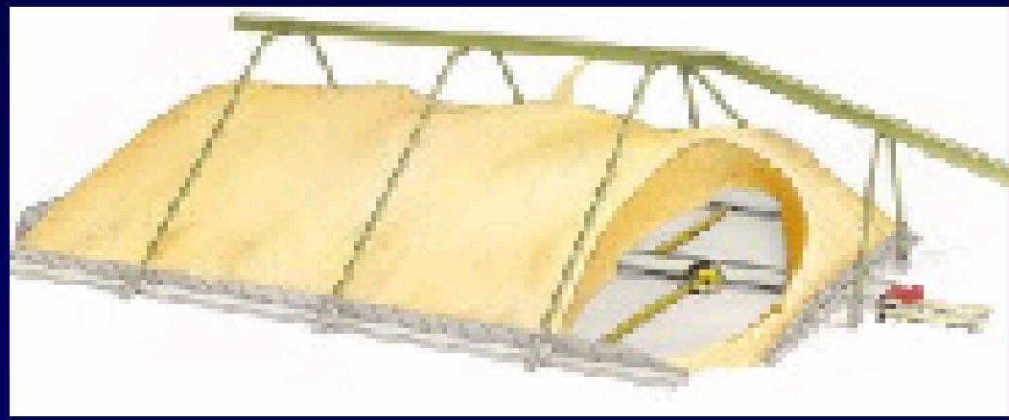
- da fração de dimensões ideais e
- da fração indesejável (descarte de finos e cavacos graúdos (oversize))

Preparo da Madeira

Estocagem dos cavacos realizada em:

- Pilhas ao ar livre e
- Silos fechados





Capacidade de estocagem: 1 – 15 dias tipo FIFO (First In – First Out)

Preparo da Madeira

Alimentação da área de polpação

- Cavacos retirados das pilhas ou dos silos através de roscas extratoras e transportadores de correia até a área de polpação.

- Controle de fluxo realizado pelo consumidor que aciona (liga, desliga, controla os transportadores de toras (SGW, PGW) ou as roscas extratoras da pilha ou silo (RMP, TMP, CMP).

- Fluxo (peso úmido) medido e integrado por balança apropriada montada sobre esteira.

- Metais ferrosos removidos por eletroímas instalados sobre esteira.

Preparo da Madeira

Qualidade da madeira para PAR

Muitas propriedades tem sido usadas para descrever a qualidade de madeira para produção de pasta de alto rendimento

As mais importantes são:

- Espécie (originalmente coníferas mais brancas. Atualmente folhosas também)
- Densidade Básica (DB)
- Teor de umidade (> 50%)
- Propriedades da fibra (comprimento, largura e espessura de parede)
- Teor de lenho cedo, lenho tardio, lenho maduro e lenho juvenil
- Teor de madeira de compressão e teor de nós
- Composição química
- Efeito do manejo florestal (teor de casca e qualidade do cavaco)
- Efeito das impurezas.

Preparo da Madeira

Controle de Processo e da Qualidade da madeira

- Madeira recebida na fábrica identificada da área de manejo, número do talhão, espécie ou híbrido e idade.
- Medições
  - Fluxo de tora e/ou cavaco úmido para área de polpação (t/hora)
  - Densidade Básica da madeira (medida sobre cavaco)
  - Umidade do cavaco
  - Teor de casca, finos e oversize
  - Granulometria (Norma SCAN-CM 40-94)