

## TECNOLOGIA DOS PRODUTOS FLORESTAIS I



# TIPOS DE PASTAS PARA PAPEL E CARTÃO



# PASTAS PARA PAPEL E CARTÃO

**Produção de pastas para papel** tem como objectivo principal a **remoção da lenhina** de modo a individualizar (separar) os diferentes elementos fibrosos da madeira. Neste processo pode-se utilizar **energia química** (a lenhina é removida por dissolução química), **mecânica** (os elementos fibrosos separados por abrasão), **térmica** (a lenhina é amolecida) ou combinação entre elas. As propriedades da celulose e papel irão depender especialmente do processo de obtenção da pasta utilizado pelo fabricante.

	<b>Rendimento (%)*</b>
<b>Pasta mecânica (MP)</b>	98-95
<b>Pasta termo-mecânica (TMP)</b>	95-85
<b>Pasta semi-química (CTMP)</b>	85-65
<b>Pasta química (CP)</b>	40-58



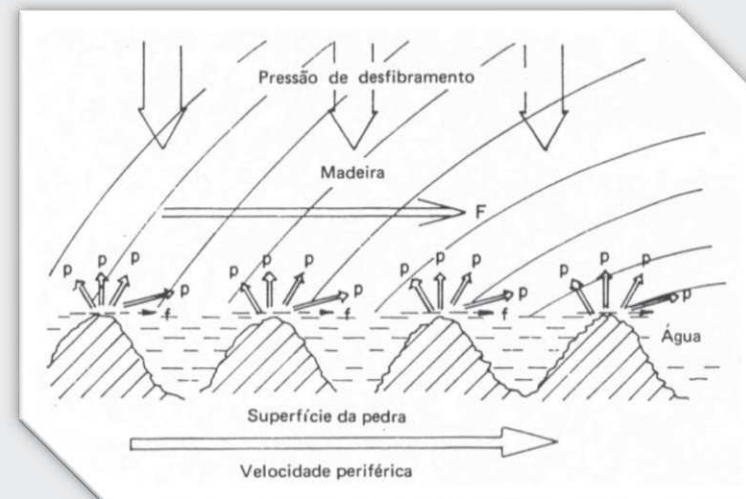
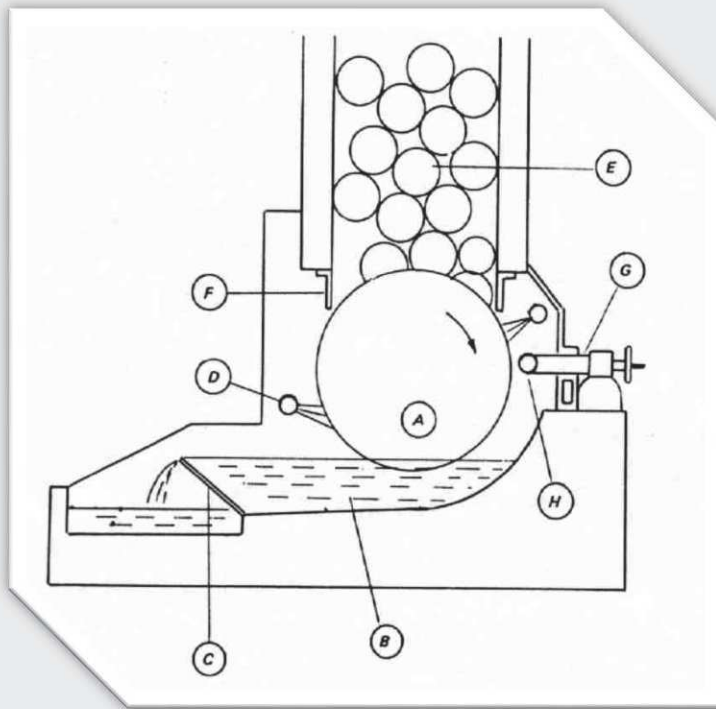
(\*) **Rendimento em pasta** = é o quociente entre a quantidade de matéria fibrosa total e a quantidade de estilhas ou aparas introduzidas no digestor.

$$\text{Rendimento total (\%)} = \text{Rendimento crivado (\%)} + \text{Incozidos (\%)}$$

# PASTAS MECÂNICAS

**PASTA MECÂNICA DE TRITURAÇÃO (SGW):** Pasta obtida por **trituração** da madeira em fibras relativamente curtas. Esta pasta é utilizada principalmente na produção de **papel de jornal**.

**PASTA TERMO-MECÂNICA (TMP):** Pasta obtida por um processo **termo-mecânico**, no qual as aparas de madeira são “amolecidas” por vapor antes de passarem para um refinador pressurizado. As TMP são utilizadas principalmente nos mesmos tipos de papel das pastas mecânicas.



# PASTAS SEMI-QUÍMICAS

**PASTAS SEMI-QUÍMICAS**: Pasta produzida por um processo com duas fases que envolve uma **digestão parcial com produtos químicos**, seguida por um **tratamento mecânico**, em refinador de disco. Esta pasta é principalmente utilizada na produção de folhas “fluting” para cartão canelado.

**PASTAS QUÍMICO TERMO-MECÂNICA**: Pasta produzida por um processo semelhante ao utilizado para a pasta termo-mecânica (TMP) mas, as estilhas de madeira são sujeitas a um **tratamento químico** antes de entrarem nos refinadores. Esta tipo de pastas têm características apropriadas para o fabrico de “tissues”. Alguma CTMP são utilizadas no fabrico de alguns tipos de papel de impressão e escrita. As pastas CTMP são classificadas como pastas semi-químicas no Sistema Harmonizado do Conselho de Cooperação Aduaneira. Nas estatísticas da FAO e também em outras estatísticas da indústria, estas pastas químico termo-mecânica são agrupadas como pastas mecânicas.



# PASTAS QUÍMICAS

**PASTAS QUÍMICAS AO SULFATO (OU KRAFT)**: Pasta produzida pelo **cozimento** de estilhas de madeira num recipiente pressurizado (digestor) na presença de um licor de **hidróxido de sódio (NaOH)** e **sulfureto de sódio (Na<sub>2</sub>S)**. Esta pasta pode ser crua ou branqueada. Os usos finais são muito numerosos, sendo que a pasta branqueada é utilizada no fabrico de papéis de usos **gráficos**, **“tissues”** e **cartolinas**. A pasta crua é utilizada geralmente para **“liner”**, para cartão canelado, papeis de embrulho, papeis de embalagem (sacos), envelopes e outros papeis especiais não branqueados.

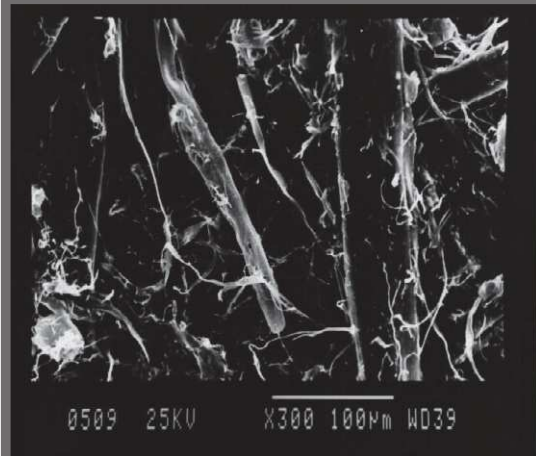
**PASTAS QUÍMICAS AO SULFITO**: Pasta produzida pelo **cozimento** de estilhas de madeira num recipiente pressurizado (digestor) na presença de um licor de **sulfito de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>)** e **hidróxido de sódio (NaOH)**. Esta pasta pode ser crua ou branqueada. Os usos finais são muito numerosos, é utilizada no fabrico de papéis de jornal, papeis de escrita, **“tissues”** e **papeis de uso doméstico e sanitário**.

**ORGANOSOLVS (ASAM, ACEL, Organocell)**: Pasta produzida pelo **cozimento** de estilhas de madeira num recipiente pressurizado (digestor) na presença de um licor de base orgânica (Ác. Acético, Ác. Fórmico, metanol, etanol)

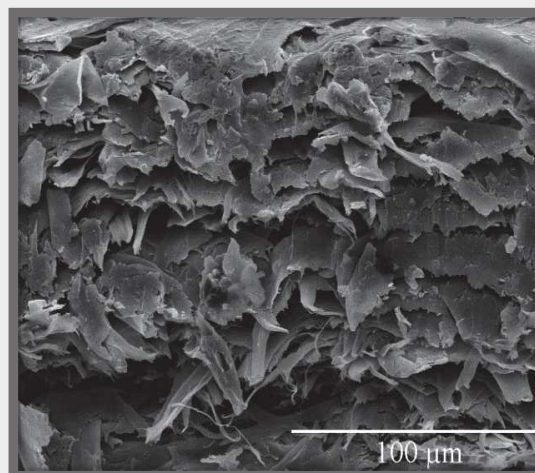
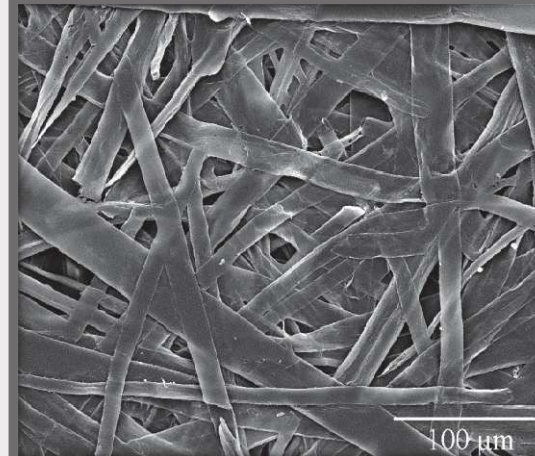
**PASTAS SOLÚVEIS**: Estas pastas podem ser ao sulfito ou ao sulfato, branqueadas, intensamente refinadas com um alto teor em fibras puras de alfa-celulose. O seu uso final é a produção de **rayon**, **celofane**, **acetato**, **explosivos** e também utilizadas no fabrico de **papeis especiais**.

# PASTAS PARA PAPEL E CARTÃO

Pastas termo-mecânicas



Pastas químicas

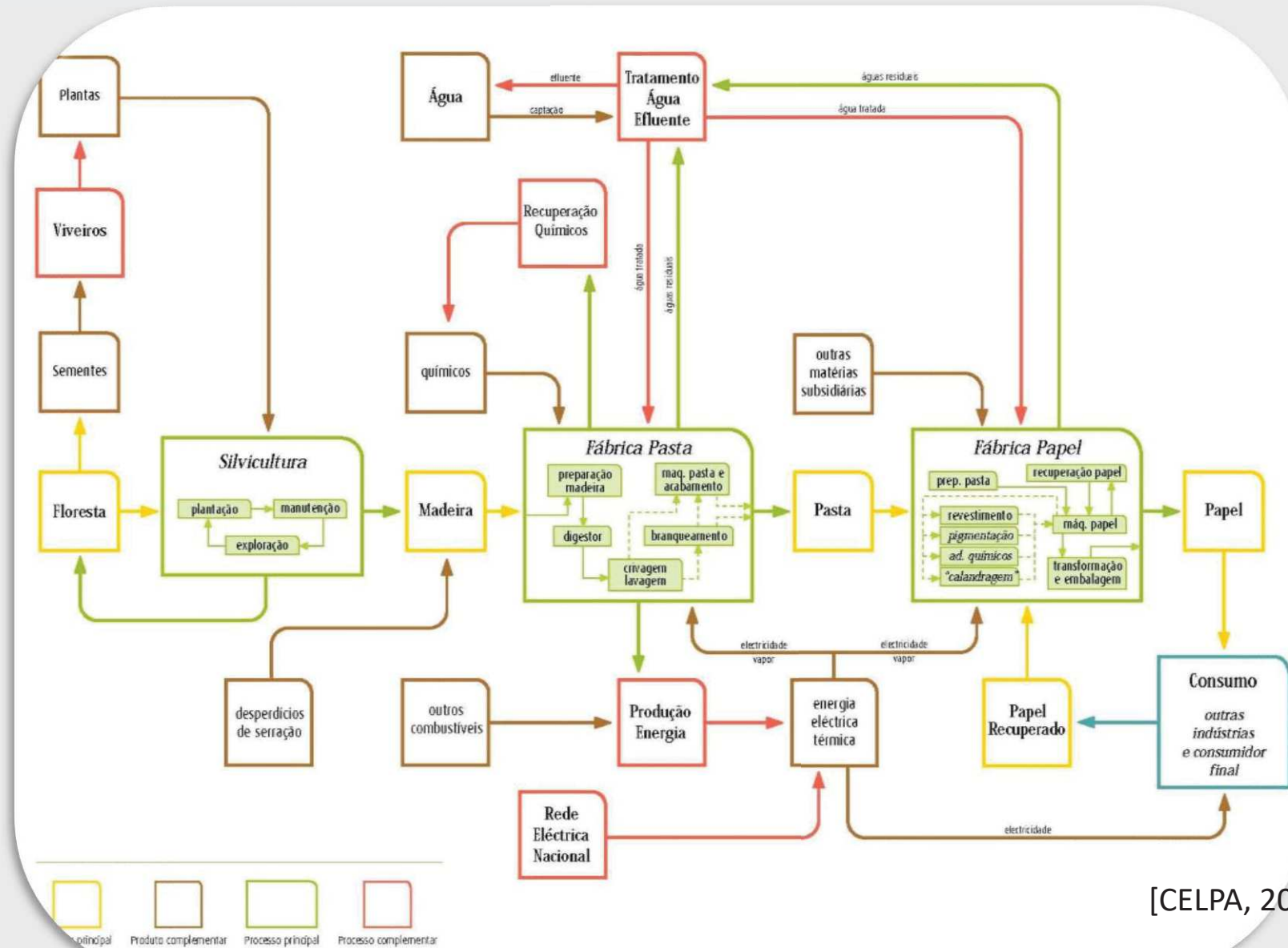


# PROCESSO DE PRODUÇÃO





# ESQUEMA DO PROCESSO

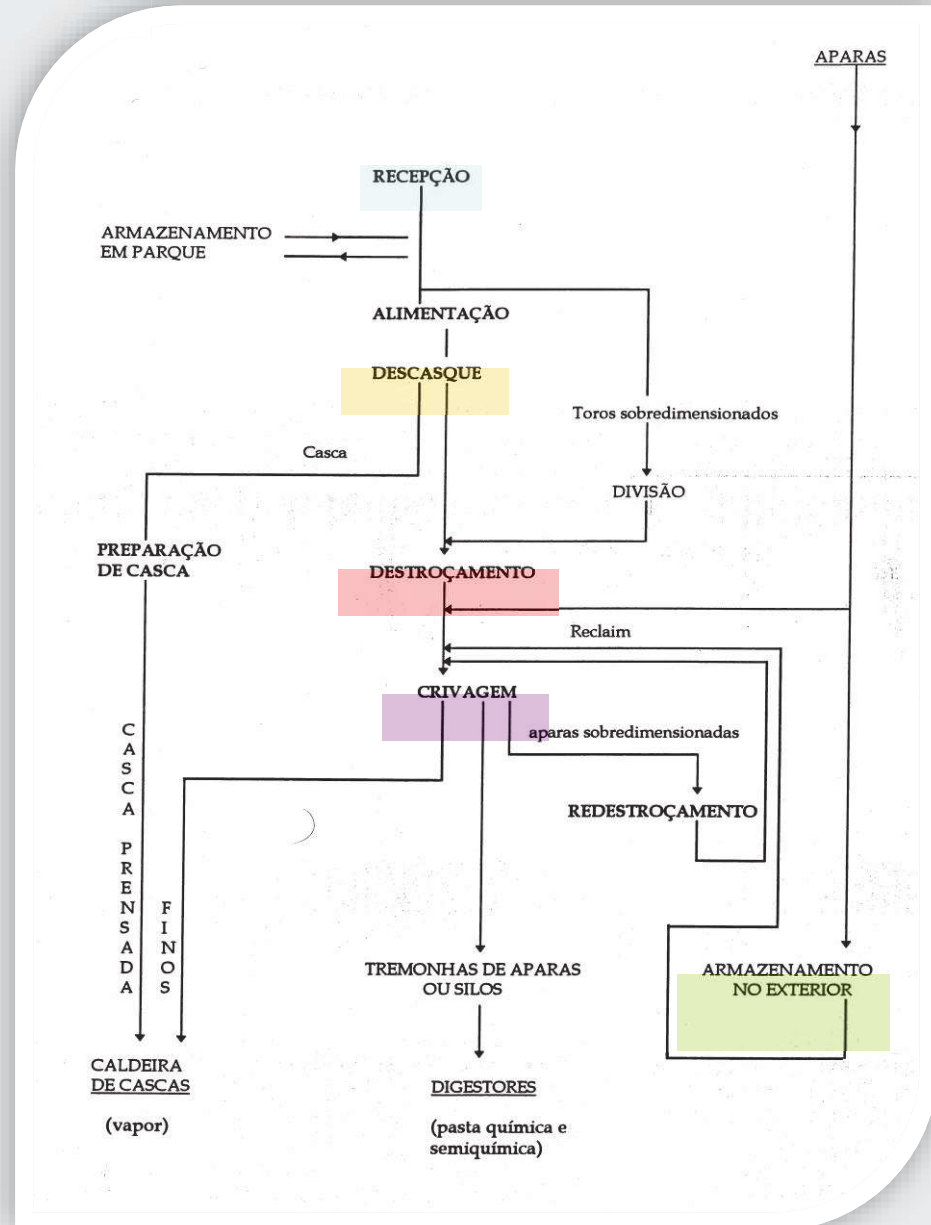


[CELPA, 2007]

# PROCESSAMENTO DA MADEIRA



[CELPA, 2007]



# QUANTIFICAÇÃO DA RECEPÇÃO DE ROLARIA

Sequência do processo de pesagem e determinação de densidade pelo método de imersão na unidade de recepção fabril

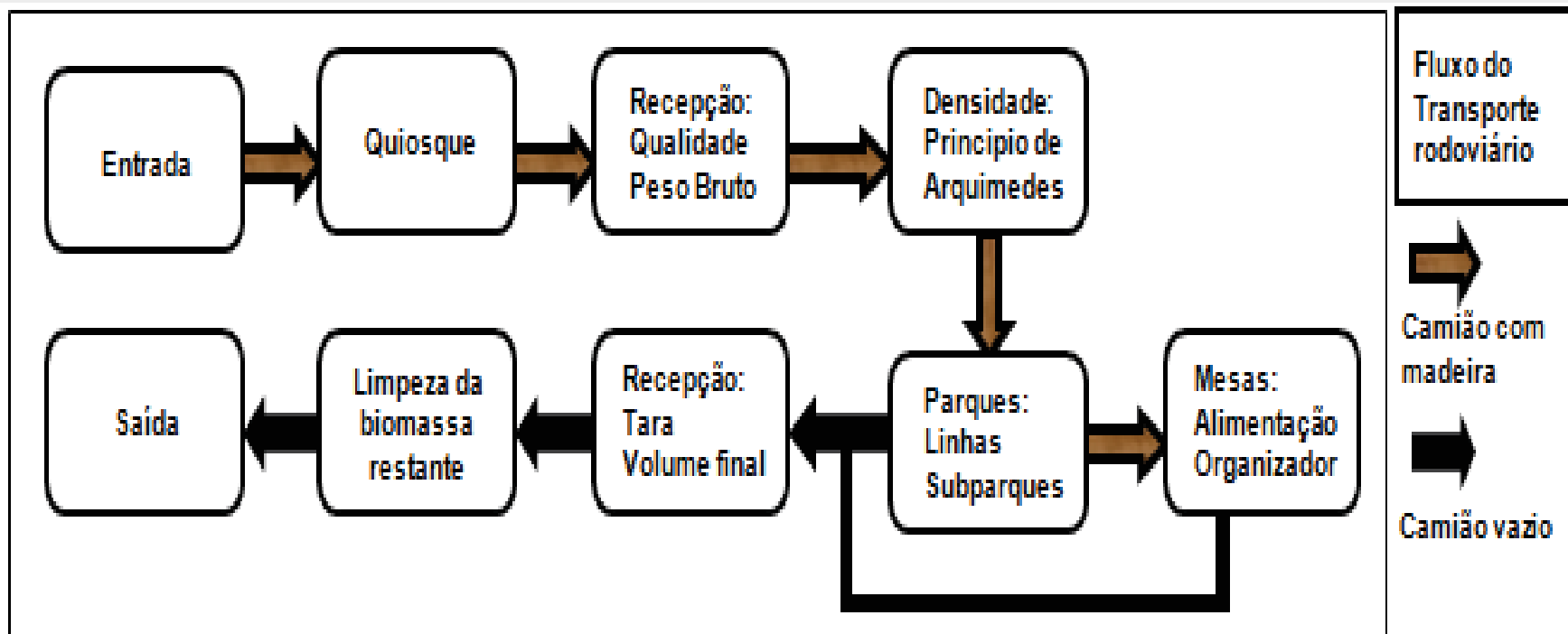


$$\text{a) Densidade} = \frac{\text{Peso da estiva no ar}}{\text{Peso no ar} - (\text{peso submerso} - 440)} \times 1000$$

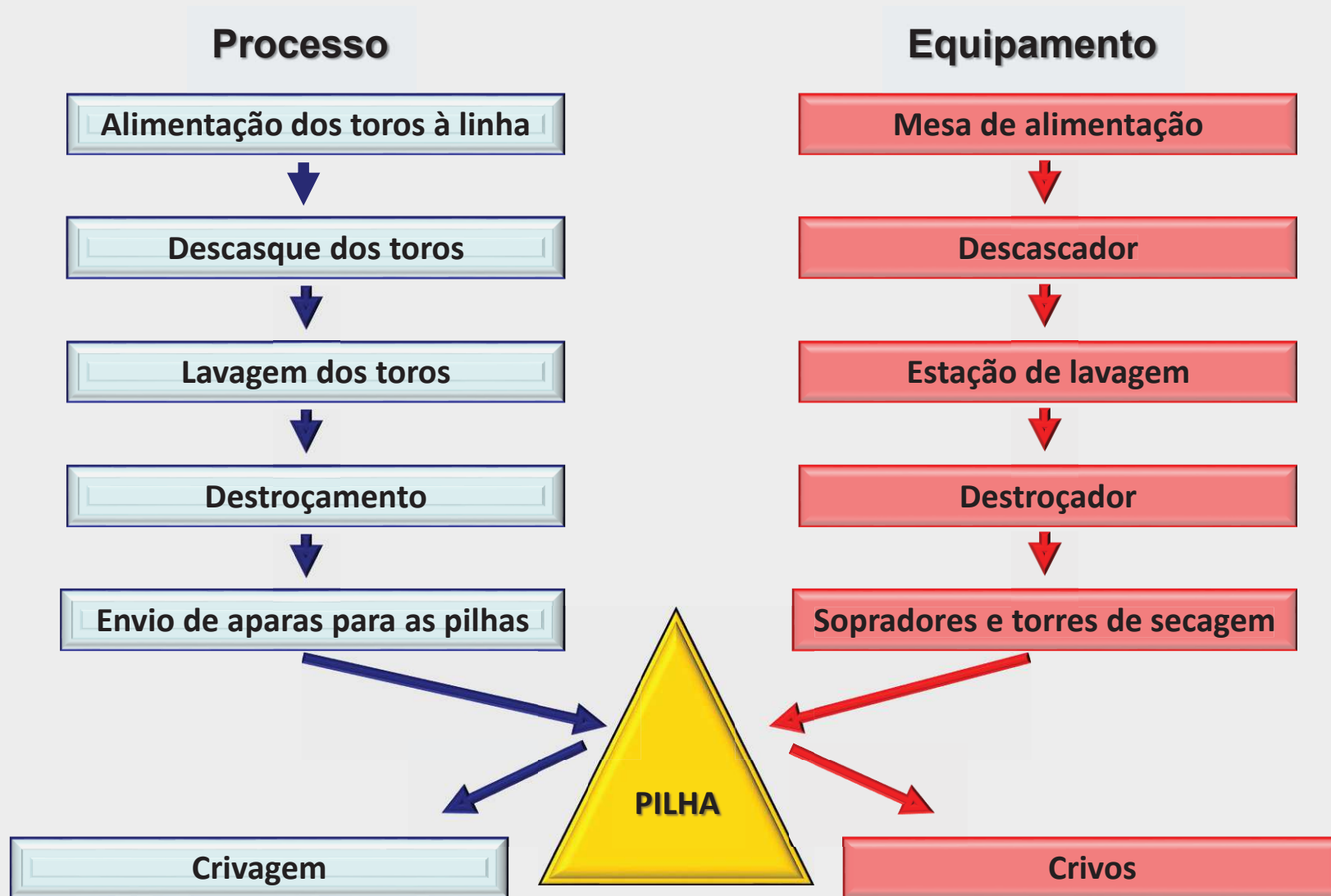
(Intervalos de valores: 700-1750 kg/m<sup>3</sup>)

$$\text{b) Volume Líquido} = \frac{\text{Peso camião com madeira} - \text{Peso camião descarregado}}{\text{Densidade da estiva sorteada na carrada}}$$

# QUANTIFICAÇÃO DA RECEPÇÃO DE ROLARIA

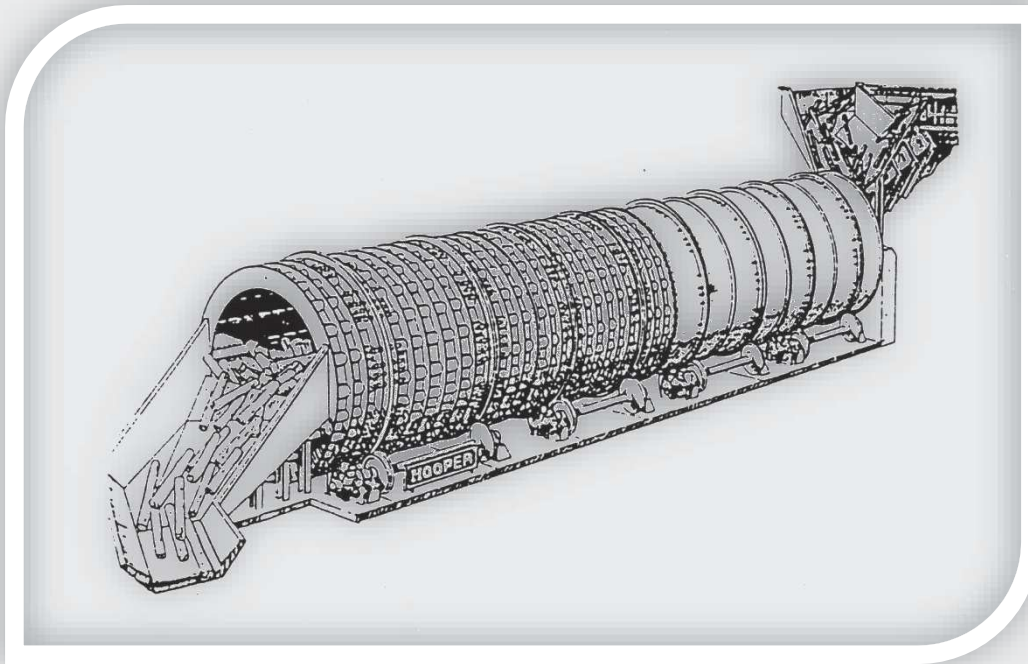


# PROCESSO DE PRODUÇÃO DE APARAS



# DESCASQUE

Existem diferentes sistemas mecânicos usados para descascar madeira (por  **corte** e por  **atrito**). Vamos apenas referir o descascador de tambor (por atrito) por ser o mais utilizado pela indústria papeleira.



Comp.: 7-30m ;  $\varnothing$ : 2,5 a 5,5m

**Eficiência do descasque depende:** tipo de tambor, facilidade de saída da casca, grau de enchimento, tempo de residência, idade da madeira, grau de humidade

**Descascador de tambor:** A madeira é alimentada continuamente para um tambor cilíndrico rotativo, com ranhuras para permitir a saída das cascas.

Descasque por **fricção**, choque em toros.

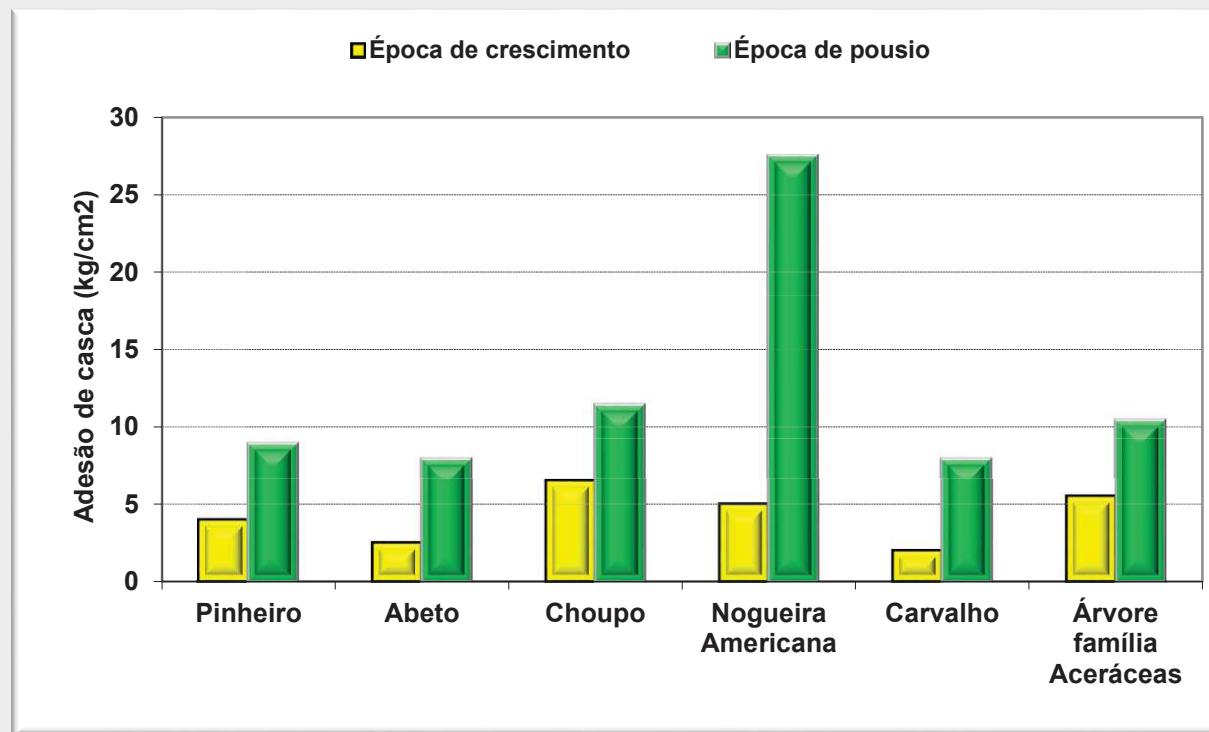
Parede interna do descascador está provida de saliências metálicas, que auxiliam na remoção das cascas.

Existe um aproveitamento da total das cascas, pois normalmente é utilizado como **fonte de combustível** (casca de eucalipto **4 000kcal/kg**).

# DESCASQUE



# FACILIDADE DE REMOÇÃO DA CASCA



**Sazonalidade:** A facilidade de saída da casca depende da altura do ano em que a madeira é colhida.



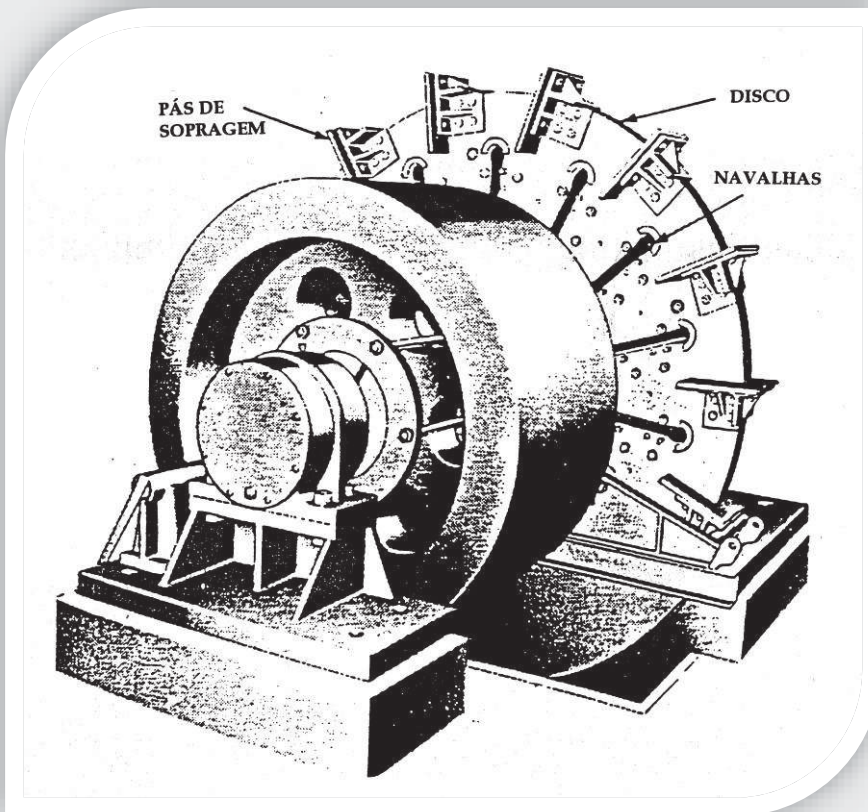
# Descasque



Para o descasque de madeira de **eucalipto com casca, de corte não recente**, torna-se necessário uma operação de pré-descasque antes da sua admissão no descascador o que não se justifica para a madeira cortada recentemente

# DESTROÇAMENTO (Produção de estilhas)

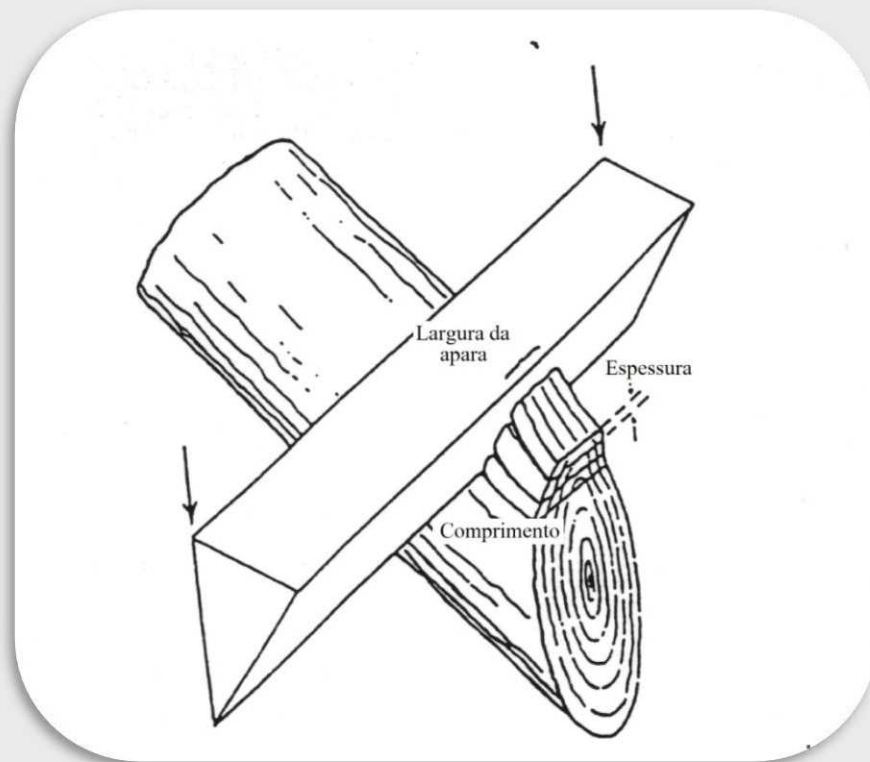
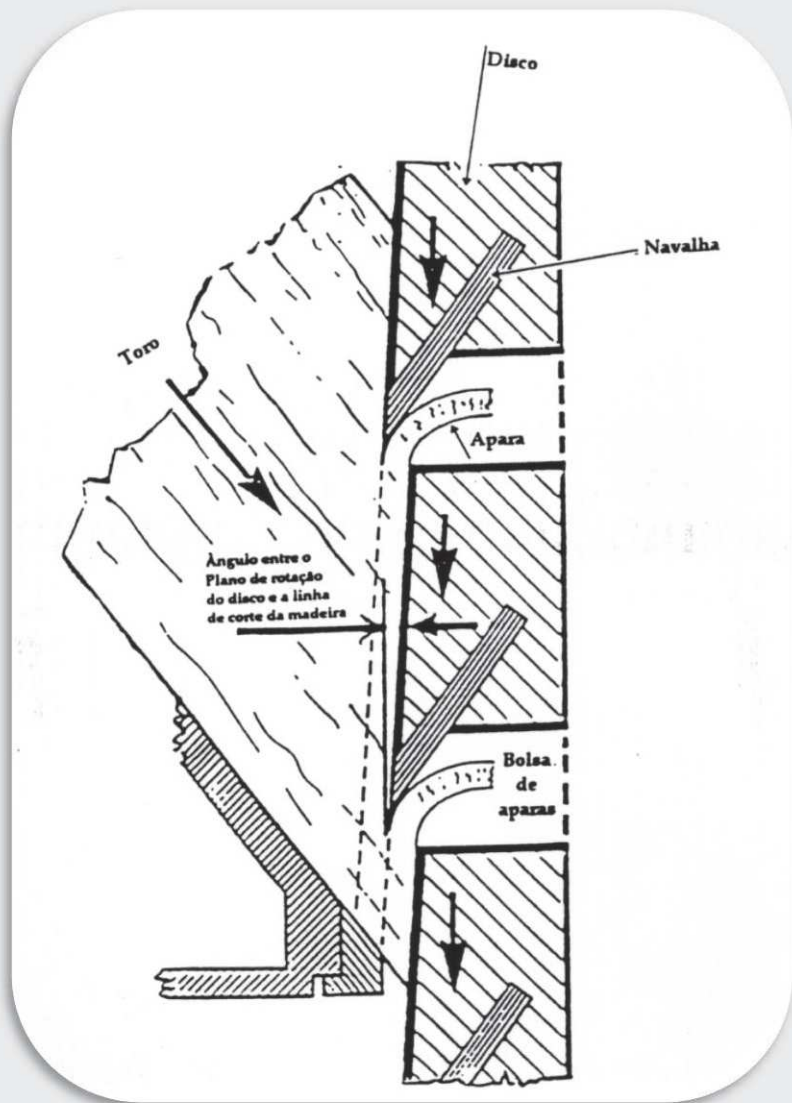
**Reduzir** os toros a fragmentos (**estilhas ou aparas**), cujo tamanho facilite a penetração do licor de cozimento.



$\varnothing = 2,9 \text{ m}$  ; Número de navalhas = 12

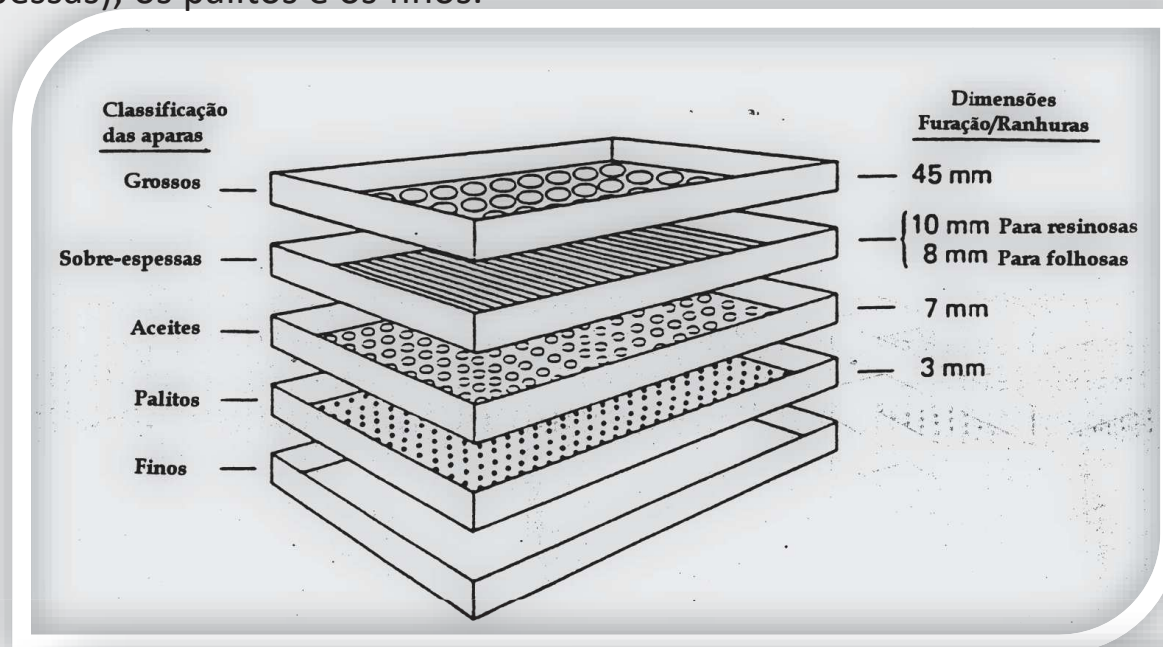


# DESTROÇAMENTO DA MADEIRA



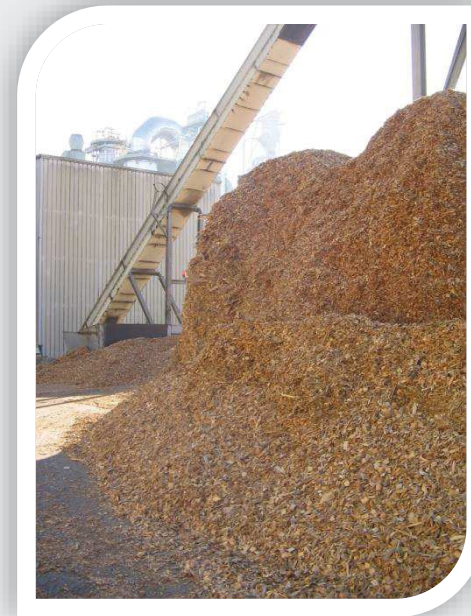
# CRIVAGEM

Tem como objectivo separar e **homogeneizar** o **tamanho das estilhas** retirando as sobre dimensionadas (grossas e sobre espessas), os palitos e os finos.



Classificação de aparas	Dimensão das aparas retidas no crivo	Aparas de toros	Aparas de serração	Aparas de desperdícios de aglomerado
Grossos	+ 45 mm	2%	4%	1%
Sobre-espessas	+ 8 mm (hwds) + 10 mm (sftwds)	5	7	0
Aceites	+ 7 mm	81	71	75
Palitos	+ 3 mm	11	14	21
Finos	- 3 mm	1	4	3

# CRIVAGEM



# PILHA



Silo de armazenamento de biomassa. Imagem á esquerda: Reencaminhamento de biomassa para central termoelétrica

# QUALIDADE DAS APARAS

A **qualidade das estilhas** são um factor muito importante na operação de cozimento e na qualidade do produto final. Estão dependentes das variáveis relacionadas com:

- a **madeira**: lenho de reacção, podridão
- o **destroçamento**: tamanho das estilhas, densidade, afiação das facas.

O tamanho das aparas ou estilhas e a sua **uniformidade** é muito importante pois:

- Aparas grandes promovem os incozidos
- Aparas pequenas podem obstruir a circulação de licor, e consumir grandes quantidades de produtos químicos
- Baixar o rendimento em pasta

**Parâmetros de qualidade** das aparas a ter em conta no controle de qualidade

Comprimento (uniforme)

Espessura (uniforme)

Grossos finos e palitos (poucos)

Densidade (uniforme)

**APARA ÓPTIMA (22 mm x 12 mm x 7 mm)**



# PREOCUPAÇÕES COM A PILHA DAS APARAS

Deterioração biológica ou microbiológica das aparas responsável por cerca de 1% de perda de massa por deterioração/mês.

- **Teor de humidade > 30%**  
(degradação lenta ou nula)

Molhar os toros com água de modo a manter a madeira saturada (limitando o teor de oxigénio).

- **Secagem de madeira a < 30%**  
diminuiria em muito a degradação mas:

é economicamente desfavorável .  
aumenta o risco de incêndio  
retarda a penetração do licor de cozimento

Outras condições que aceleram a degradação.

Pilhas de aparas muito altas  
Pilhas muito compactas  
Cuidado com a madeira de folhosas (maior conteúdo de amido).

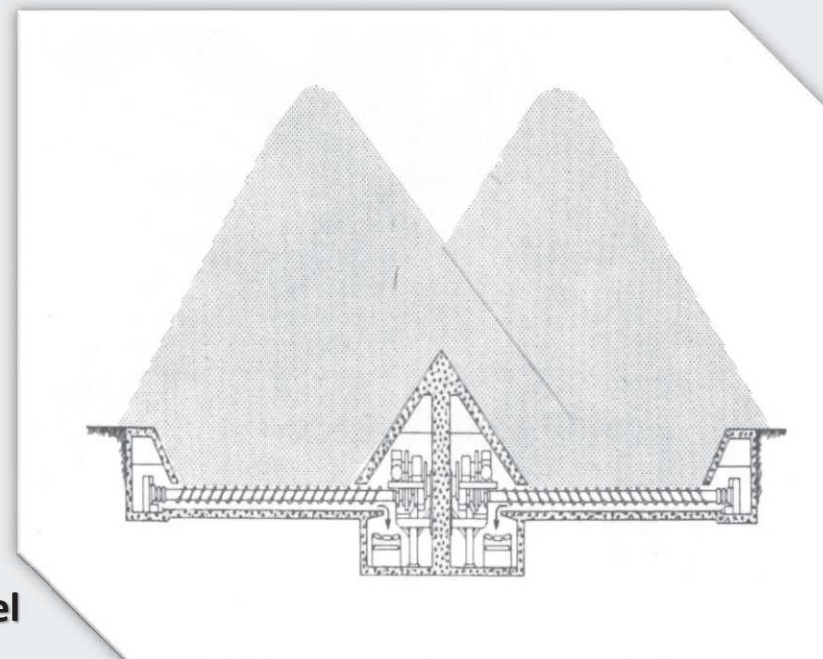
**FIFO** (first in first out)



# PREOCUPAÇÕES COM A PILHA DAS APARAS

## Algumas considerações:

- Respiração das células de parênquima é responsável pela geração de calor.
- Acima de 45-55 °C, deixa de existir a degradação bacteriana e fúngica.
- Oxidação química assume acima de 55°C. (isso resulta em graves prejuízos durante o cozimento).
- Perda de extractivos é elevada durante o armazenamento.



## Exemplo da capacidade instalada da fábrica da Sopercel

### ROLARIA

Capacidade de armazenamento; 300 000 st

Para Eucalipto: 1 st = 0.63 m<sup>3</sup>

Para Pinho: 1 st = 0.67 m<sup>3</sup>

Área pavimentada para armazenamento 124 731 m<sup>2</sup>

### APARAS

Capacidade de produção de 16 000 m<sup>3</sup>/dia

Capacidade de armazenamento 220 000 m<sup>3</sup>/pilha

# PRODUÇÃO DE PASTAS QUÍMICAS

A produção de **pastas químicas** baseia-se na acção química de uma solução reactiva com a madeira, que provoca, a par de outros fenómenos, a **dissolução da lenhina**.

O licor de deslenhificação e as condições de reacção deverão ser as ideais de modo a que a lenhina reaja e possa ser **removida** das fibras lenhosas com o **mínimo de degradação** possível e ataque à **celulose**.

As hemiceluloses, são atacadas e retiradas da pasta em grau variável, consoante o tipo de pasta celulósica que se pretende obter:

- no fabrico de papeis é desejável um alto teor em hemiceluloses
- as pastas para fins químicos não deverão conter hemiceluloses.

Processos mais importantes:

**processo sulfito**, no qual a lenhina é retirada sob a forma de ácidos lenhosulfónicos por reacção do ião hidrogenosulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ).

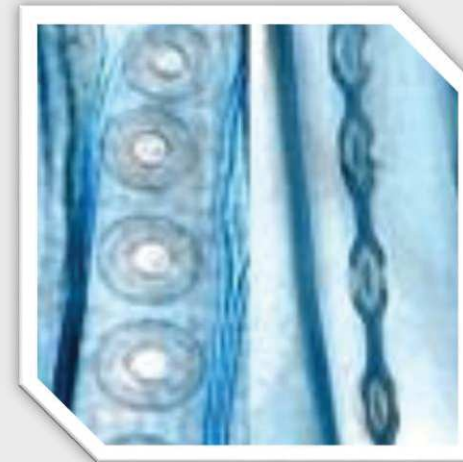
**processo alcalino**, no qual a lenhina é retirada por meio de soda caustica (NaOH) *Processo soda* ou de soda caustica, e *Processo kraft ou sulfato* - hidróxido de sódio (NaOH) e sulfureto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ).

# TRANSPORTE DO LICOR PARA O INTERIOR DA ESTILHA

Penetração do licor na madeira devido a:

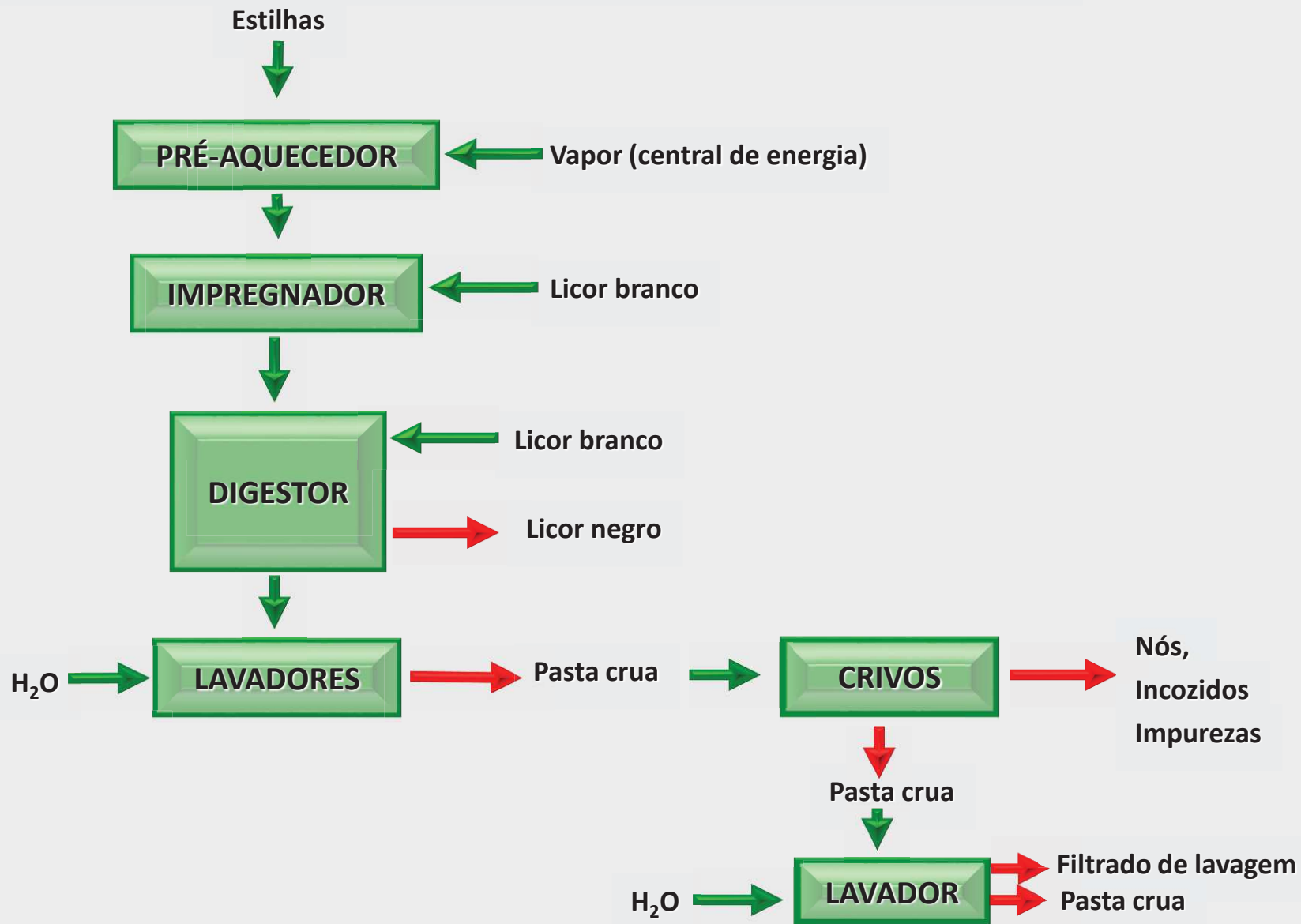
- gradiente de pressão hidrostática
- difusão de íons através da água sob a influência de um gradiente de concentração.

**Folhosas:** a impregnação ocorre através dos vasos e lúmen das células



**Coníferas ou resinosas:** a impregnação ocorre através dos lúmens dos traqueídeos

# PRODUÇÃO DE PASTA (Cozimento e lavagem)



# PROCESSO KRAFT

## Princípio geral:

Agentes principais

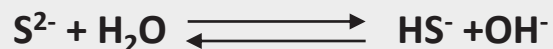
ião hidróxido ( $\text{OH}^-$ )

ião hidrogenossulfureto ( $\text{HS}^-$ )

Tanto o NaOH e como o  $\text{Na}_2\text{S}$  em solução aquosa dissociam-se nos iões  $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$  e  $\text{S}^{2-}$



O ião  $\text{S}^{2-}$  por sua vez reage com uma molécula de água dando



A lenhina reage não só com o ião  $\text{OH}^-$  mas também com o ião  $\text{HS}^-$ , o qual, devido ao seu carácter fortemente nucleófilo, influencia a reacção de deslenhificação. Assim um aumento da sulfidez do licor favorece a reacção de deslenhificação.

# PROCESSO KRAFT

---

## Vantagens:

- Grande **flexibilidade** em relação às espécies de madeira
- Ciclos de cozimento mais **curtos** que no processo sulfito ácido
- A pasta pode ser branqueada a **altos níveis de brancura**
- Produção de pastas de **alta resistência**
- A **recuperação** do licor é economicamente viável

## Desvantagens:

- Alto custo de investimento na construção de fábricas
- Problemas de odor dos gases
- Baixa brancura da pasta não branqueada quando comparada com as pastas sulfito
- Baixo rendimento em pasta
- Elevado custo de branqueamento

# PROCESSO KRAFT

## Fase inicial

Ocorre no período de aquecimento.

cerca de 20 a 25 % da lenhina é retirada

é caracterizada por processos de difusão e extração dos polímeros de baixo peso molecular

## Fase principal

Ocorre à temperatura de cozimento.

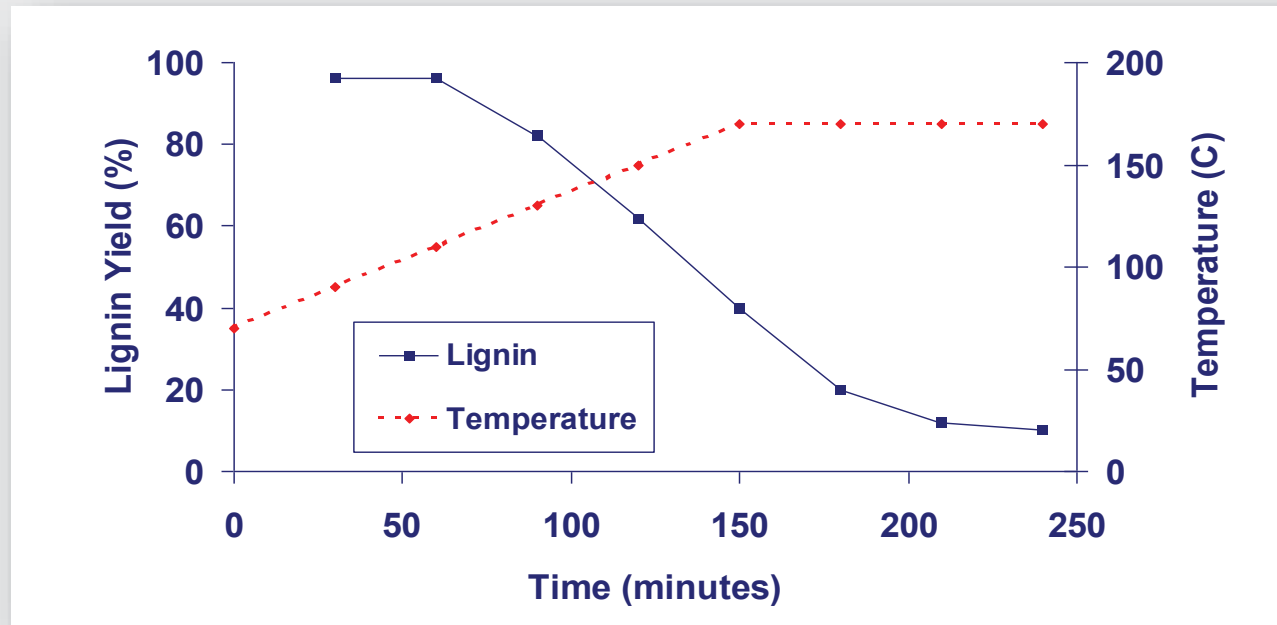
lenhina é degradada e dissolvida

degradação das hemiceluloses

adiminuição do grau de polimerização da celulose.

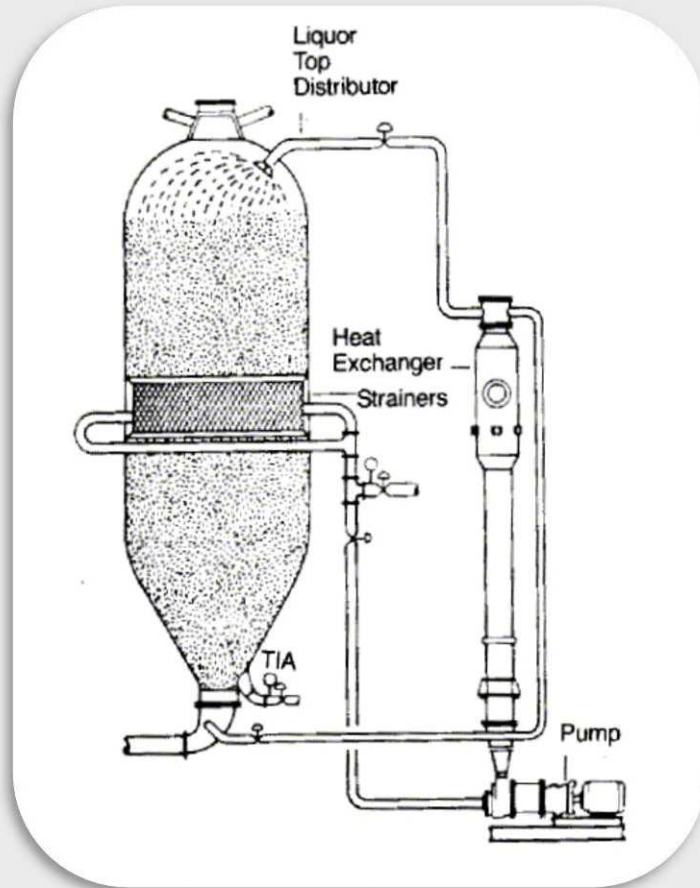
## Fase residual

A remoção da lenhina é lenta.

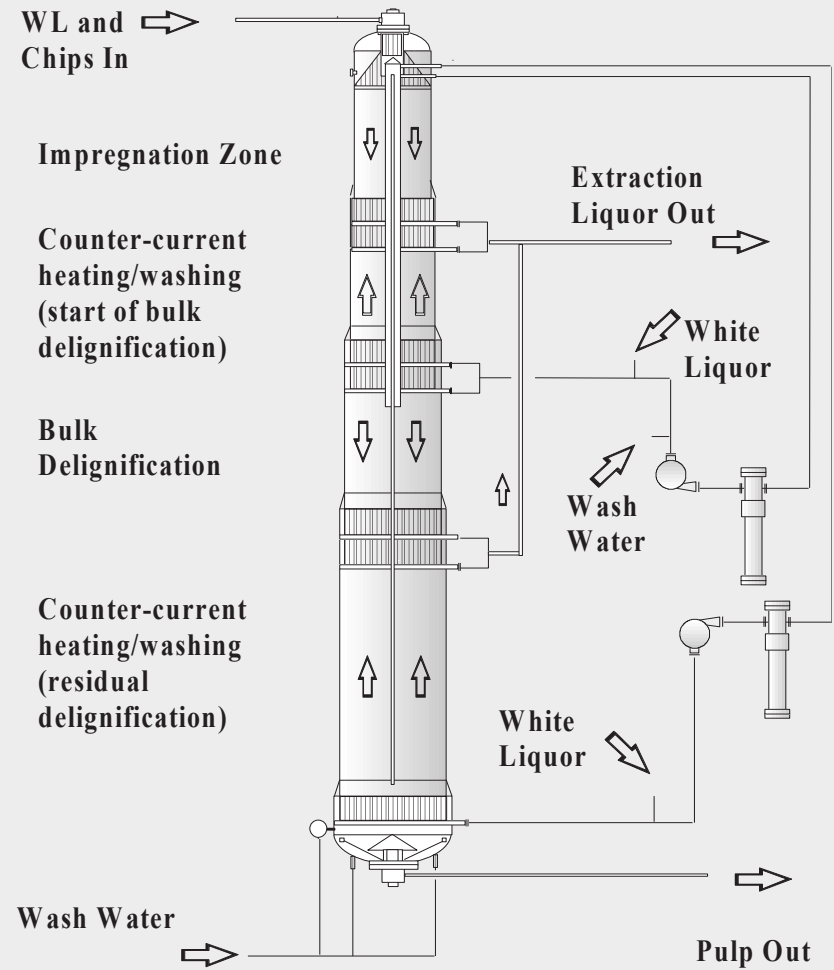


# REACTORES

## Reactor descontinuo



## Reactor continuo: Kamyr digester





# DIGESTORES



# CRIVAGEM DA PASTA

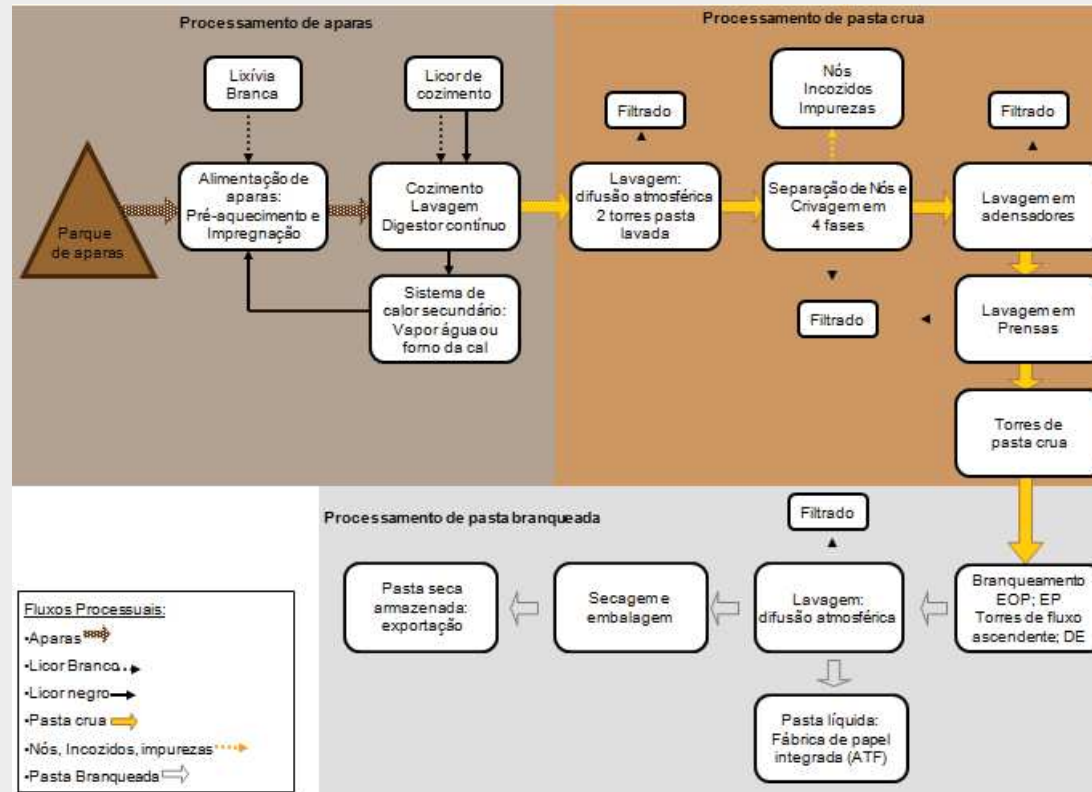


Sistema de crivos centrífugos



Incozidos

# PROCESSO DE FABRICO



# BRANQUEAMENTO E PRODUÇÃO DE PAPEL

