

# Visão geral sobre processos de polpação + polpação mecânica

**Ref. básica para estudo:** Capítulos 1 e 4: Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G.  
Pulping Chemistry and Technology (Volume 2). Berlin, Walter de Gruyter, 2009

- Polpação >> envolve a conversão da madeira (ou de plantas anuais) em um material desfibrado denominado **“polpa”**
- O desfibramento pode ser feito por **ação mecânica**, por reagentes **químicos** ou uma **combinação** dos dois processos

De fato, há um gradiente >> Num extremo, polpação mecânica por refinamento (exclusivamente mecânico), no outro extremo, está o processo de polpação química desenhado para remover a totalidade da lignina (exclusivamente químico)



**Cavacos**

**polpa mecânica**

**polpa quimiomec.**

**Polpa kraft**

**kraft-O2**

**Rendimento experimental aproximado**

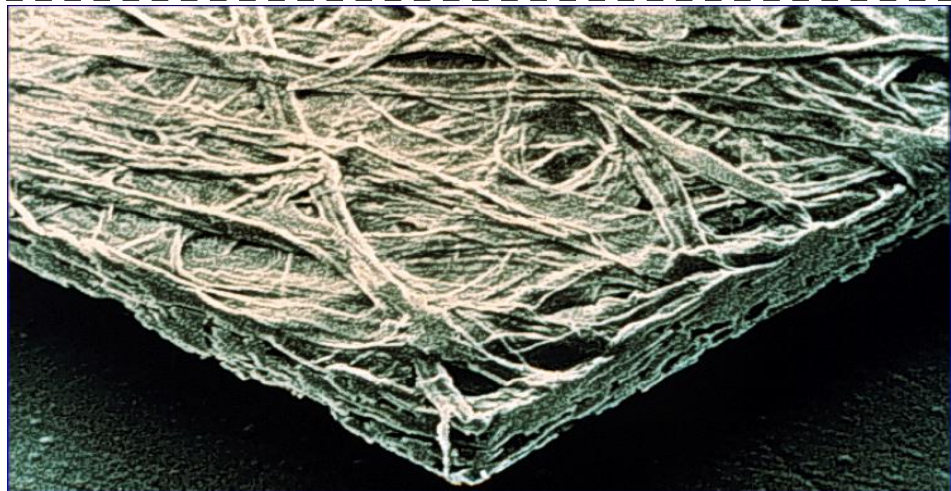
**100%**

**90-95%**

**75-90%**

**45-55%**

**45-55%**



**Figura 2.** Microscopia eletrônica de varredura de um cartão formado por fibras de uma polpa celulósica

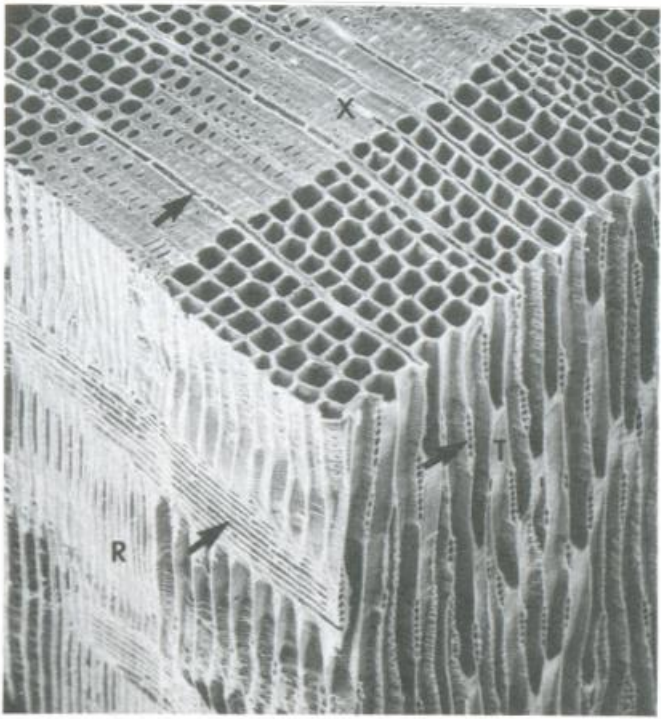
**Pense:**  
Qual seria o rendimento **ideal** de uma polpação mecânica?  
E de uma polpação química?

***4 opiniões para prosseguir.....***

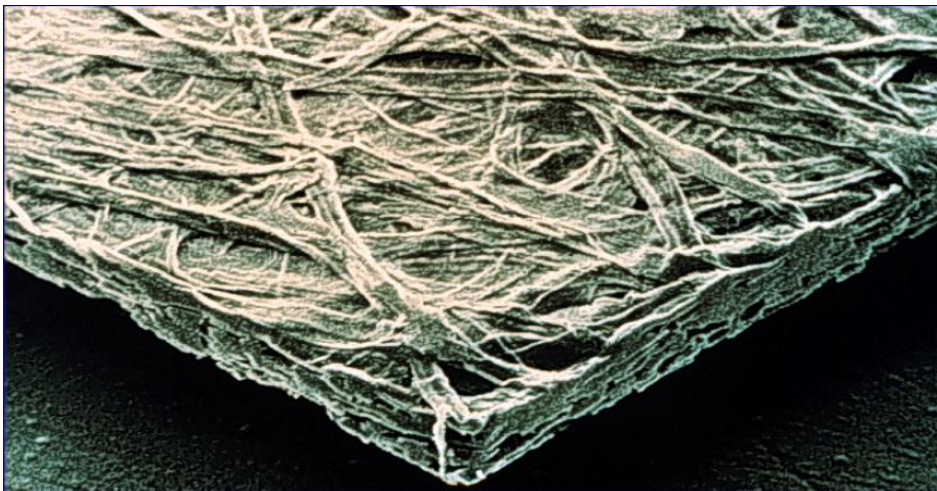
O desfibramento realizado por ação mecânica é denominado de **polpação mecânica** e compreende uma série de processos adaptados para essa finalidade.

Há também uma série de processos que utilizam um tratamento químico dos cavacos prévio ao desfibramento mecânico e são denominados de **quimiomecânicos** ou **processos semi-químicos**.

Por fim, quando o desfibramento ocorre como o resultado da dissolução quase completa da lignina e a consequente liberação das fibras celulósicas, o processo é denominado como polpação química. Nesse caso, há uma série de processos que podem ser utilizados, mas os de maior importância industrial envolvem a **polpação kraft**, a **polpação soda** e a **polpação sulfito**.



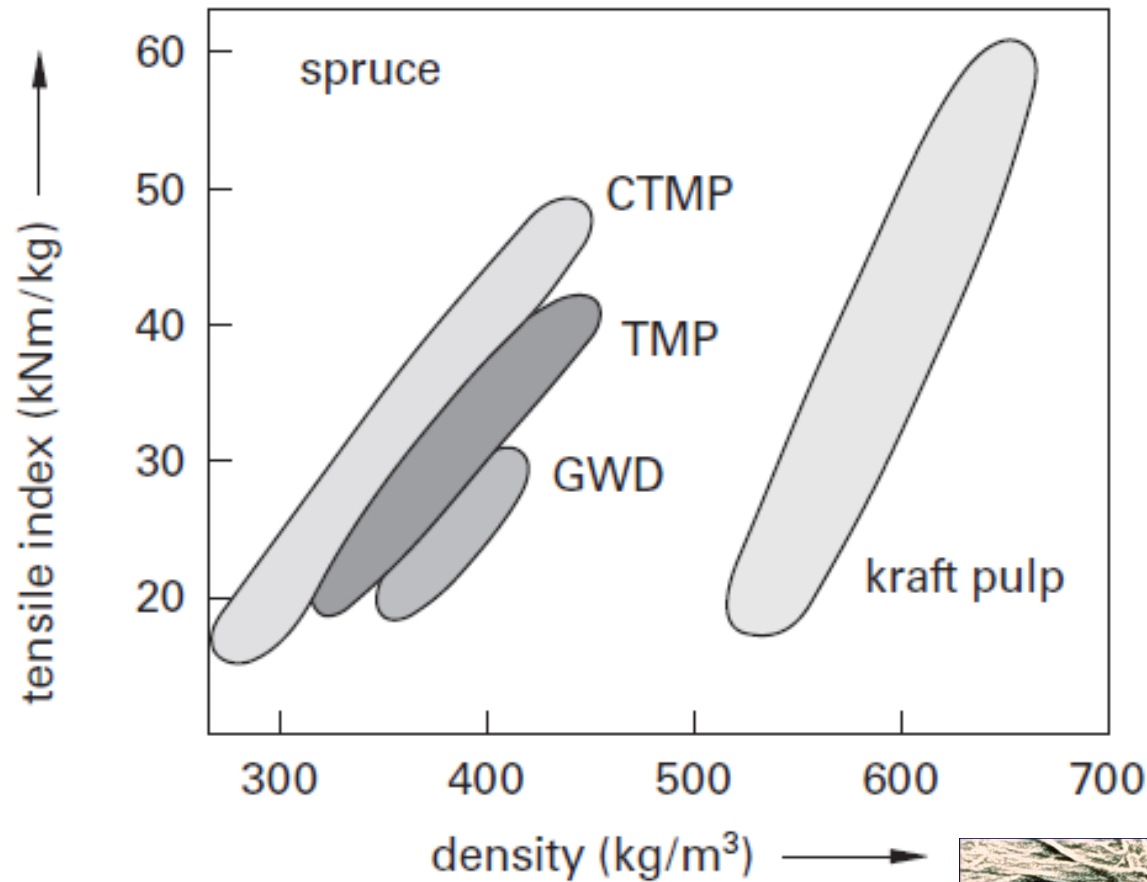
**Sistema  
celular  
organizado  
(Madeira)**



**Sistema  
celular  
colapsado  
(Polpa)**

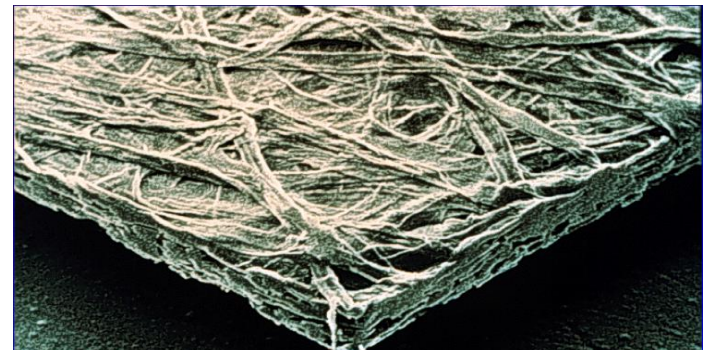
**Figura 2.** Microscopia eletrônica de varredura de um cartão formado por fibras de uma polpa celulósica

# Qualidade dos vários tipos de polpa



***Pense: Porque produzir polpas diferentes?***

***4 opiniões para prosseguir .....***



# POLPAÇÃO MECÂNICA

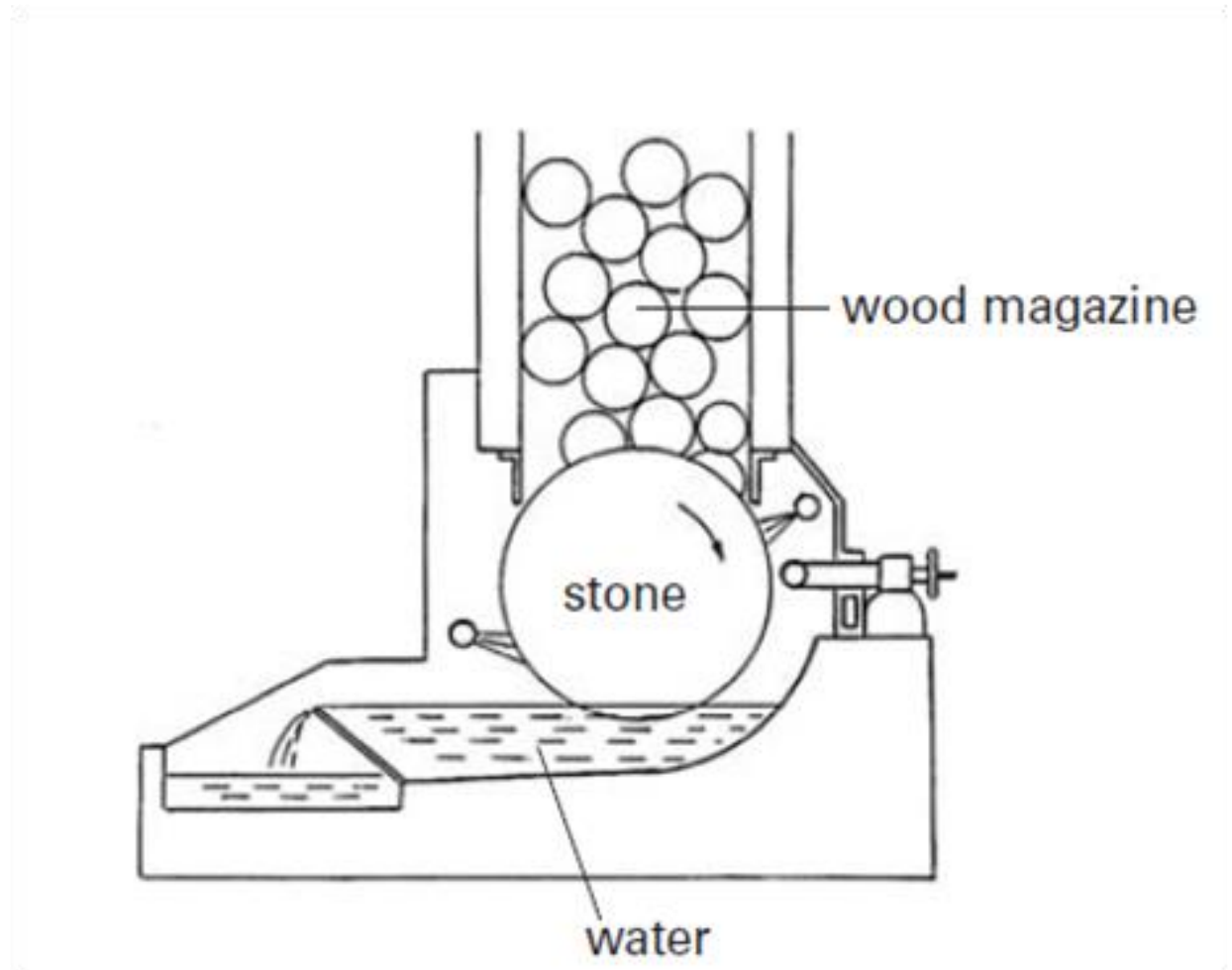
- Processo **mais empregado** >>> desfibramento de cavacos de madeira por **refinadores de disco**. Denominados de **polpação mecânica por refinamento**.



[https://www.youtube.com/watch?v=\\_pBgwwd6pnA](https://www.youtube.com/watch?v=_pBgwwd6pnA)



- Há um processo que usa cilindros abrasivos para desfibrar a madeira na forma de toras (usualmente com 1 m de comprimento). Denominado polpação por moagem sobre pedra abrasiva ou polpação por rebolelo ou ainda do inglês "stone ground wood".



Grande diversidade dentro do processo de polpação mecânica por refinamento.

Muitos processos são conhecidos por siglas originadas na língua inglesa como:

RMP: refiner mechanical pulping

CRMP: chemi-refiner mechanical pulping

**TMP: thermomechanical pulping**

**CTMP: chemi-thermomechanical pulping**

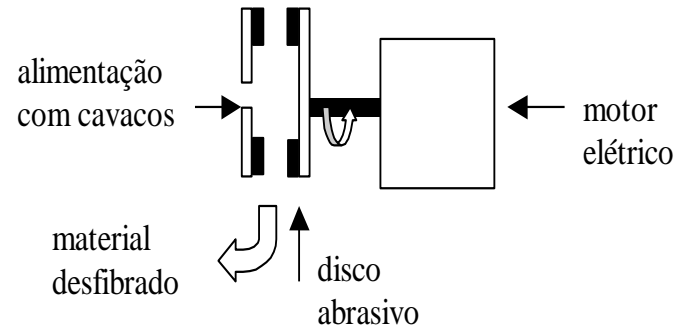
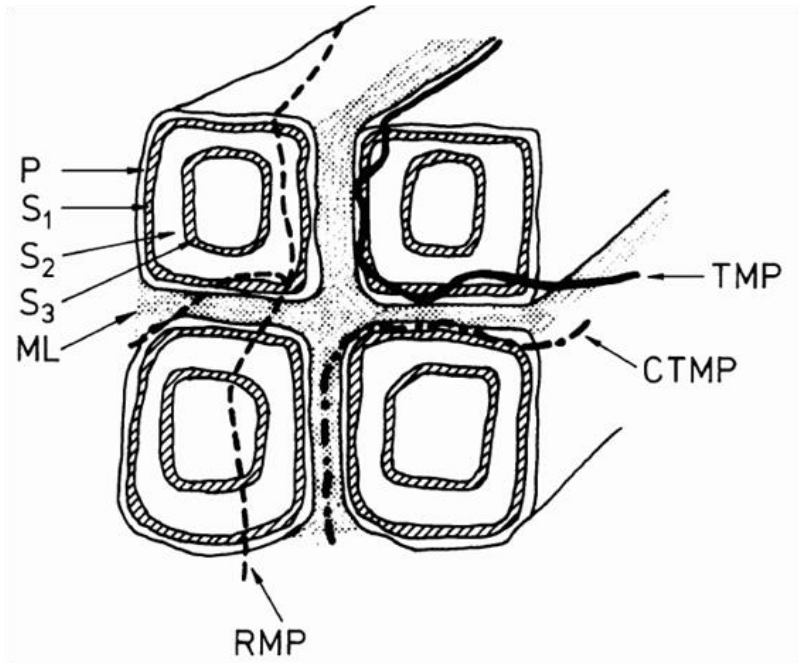




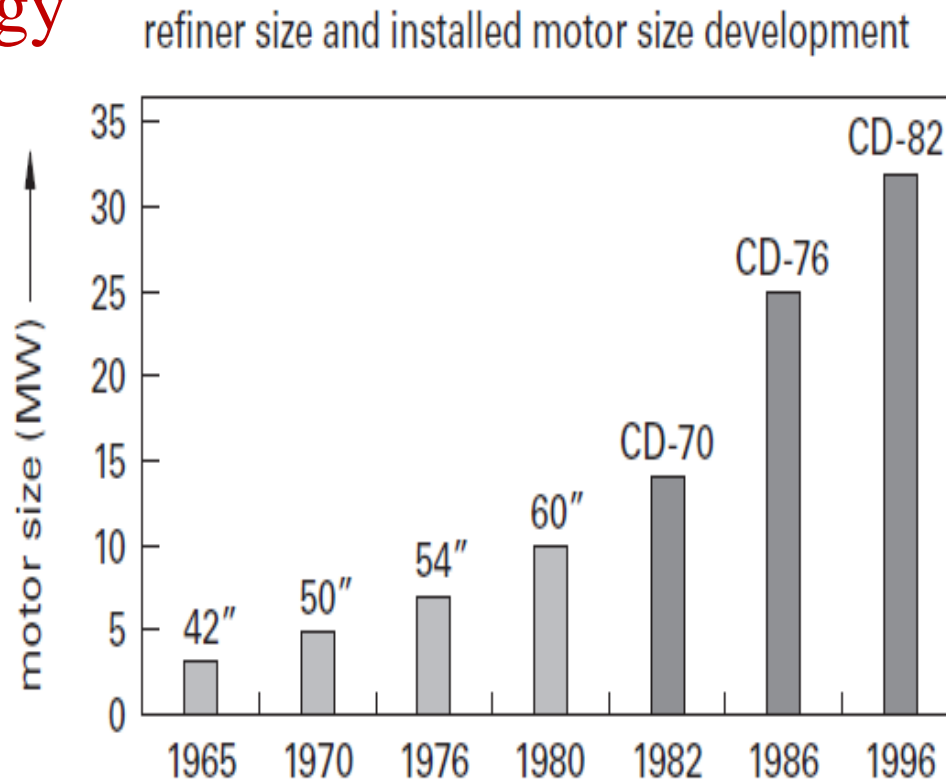
Comum se observar **processos em dois estágios**:  
primeiro estágio como uma etapa TMP ou CTMP para desfibrar os cavacos  
segundo estágio RMP destinado a fibrilação (refino) das polpas geradas no primeiro estágio



# Polpação mecânica e quimiotermomecânica - ruptura do complexo celular da madeira



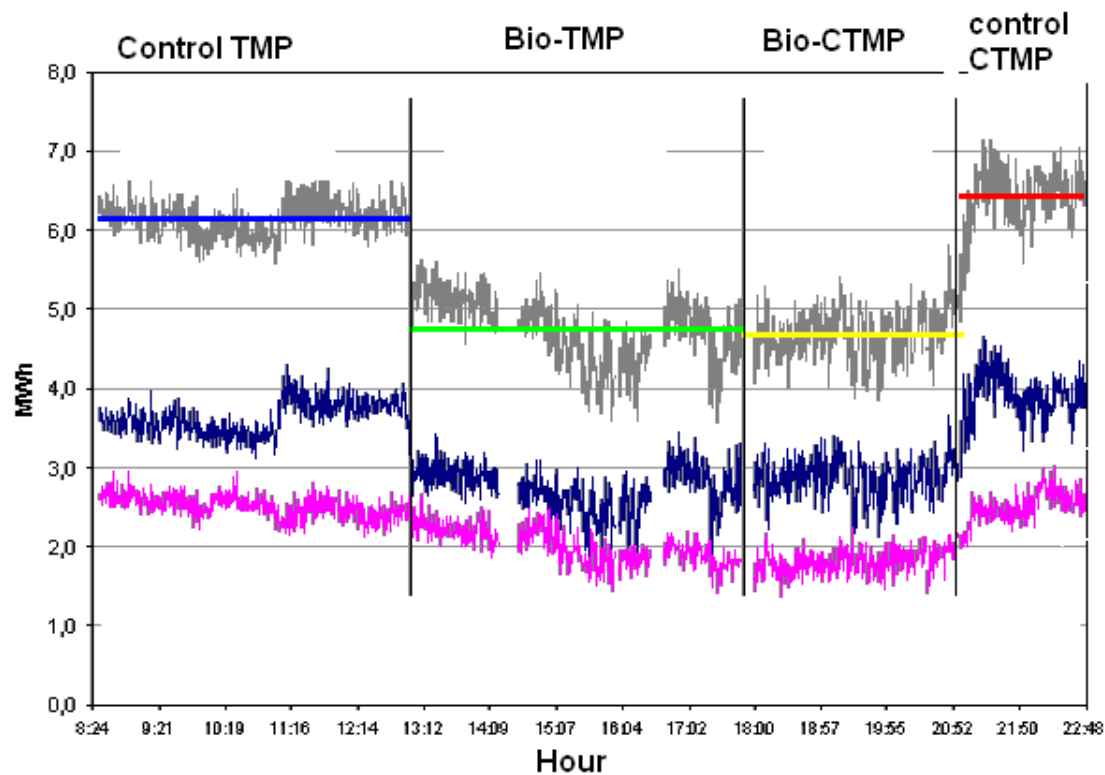
# CTMP pulping: available industrial facilities and technology



**Figure 4.23.** The size and capacity of commercial refiners has increased dramatically over the last 20 years. CD = Conical disc.

150 ton/day @ 450  
mL CSF

# Monitoramento do consumo de energia em um processo industrial TMP ou CTMP



total energy

1st stage/refiner

2nd stage/refiner

913

745

756

1038

Average Energy (kWh/ton)

18

27

← example of Energy saving (%)

# High-yield CTMP pulping >> low level of delignification

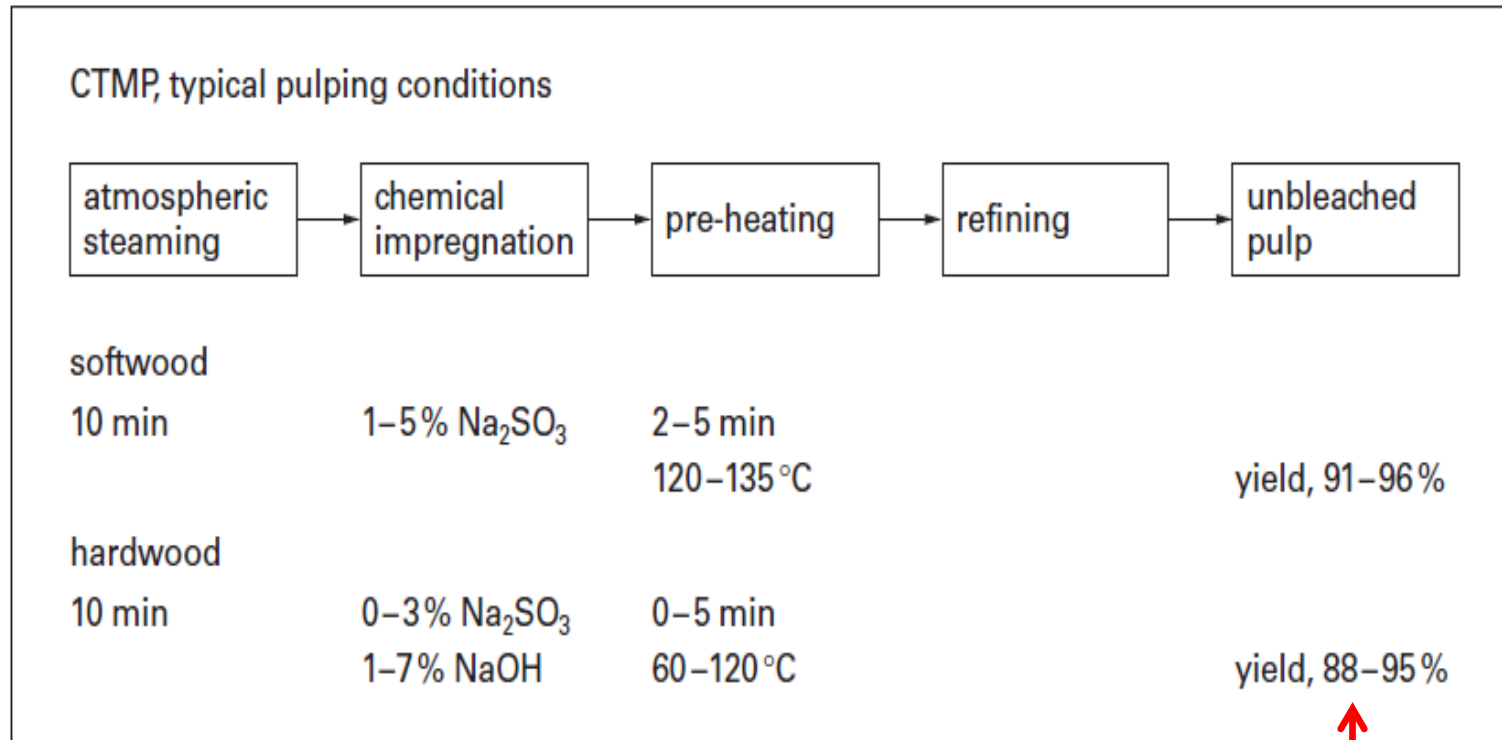


Figure 4.29. Unit operations in typical CTMP processes.

**High yield, but residual pulp also contains high lignin content**

# Alkaline sulfite reactions

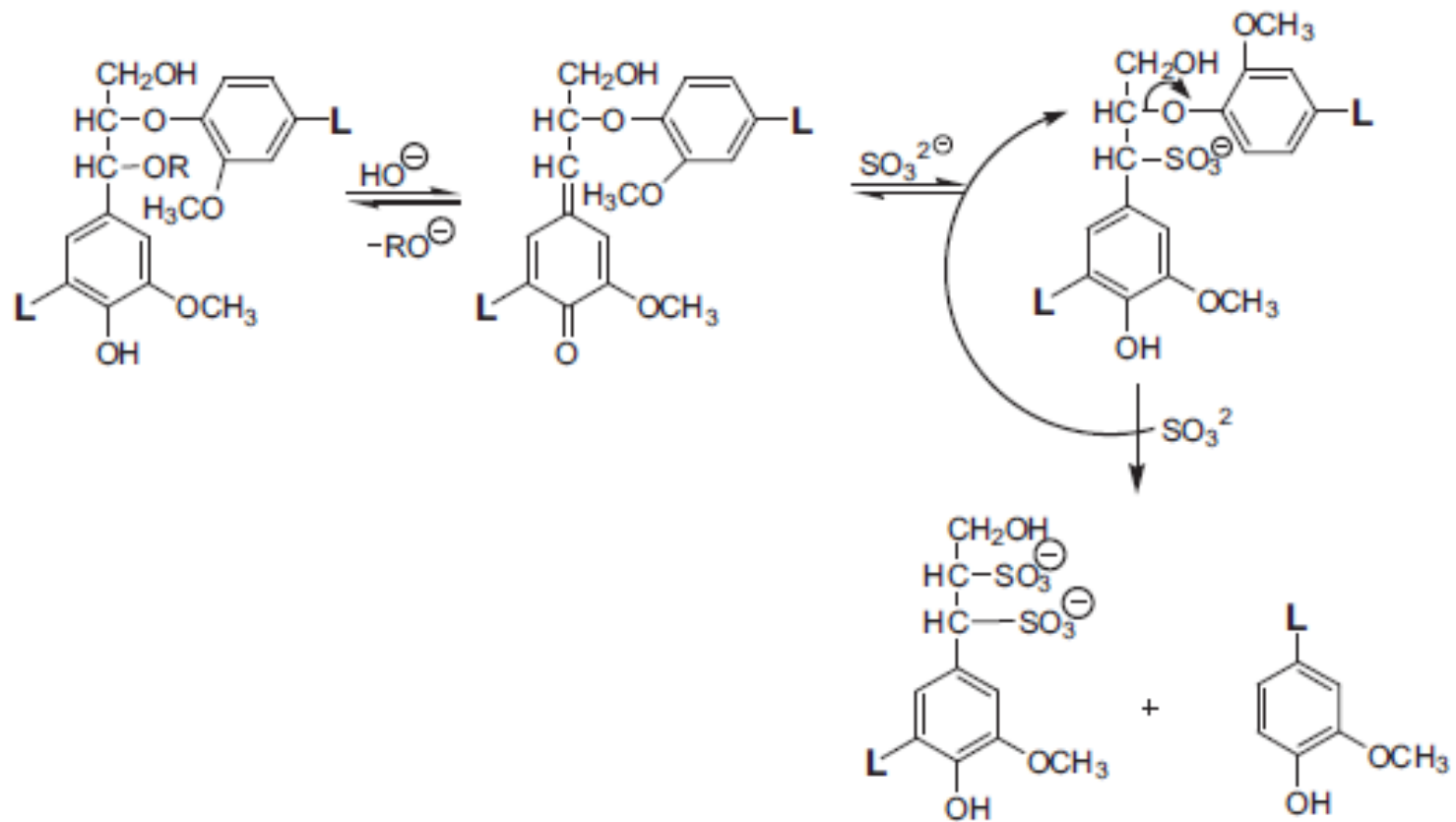


Figure 5.38. Mechanism for the sulfonation of lignin in neutral sulphite pulping.

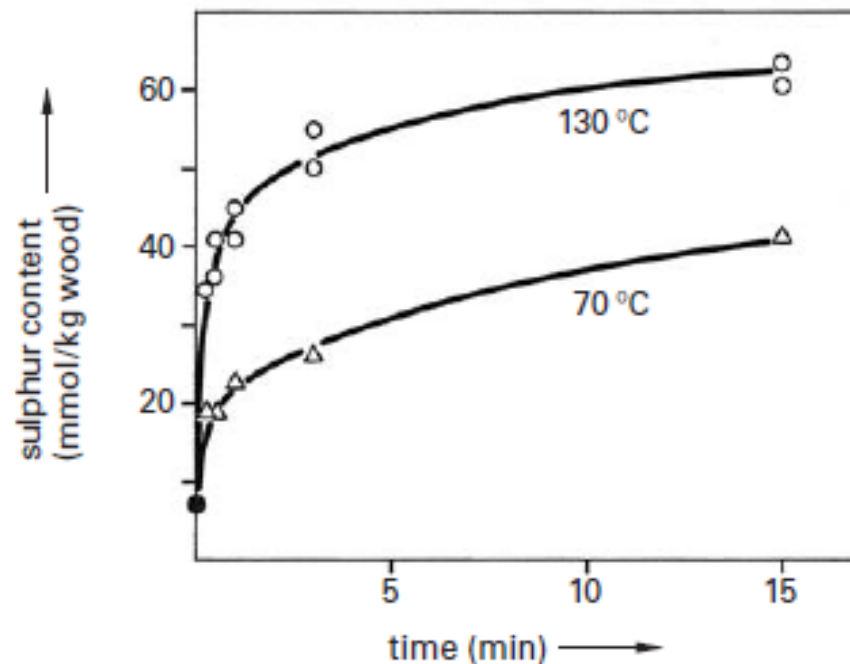


Figure 3.8. Sulfur uptake in spruce wood on treatment with 3 % sodium sulfite at two different temperatures.

The treatment of wood with sulfite around 130 °C at a neutral or slightly alkaline pH results in a very rapid initial reaction and within a few minutes, a degree of sulfonation of approximately 3 sulfonic acid groups (~50 mmoles/kg wood) per 100 phenylpropane units can be achieved without any noticeable dissolution of substance, *Figure 3.8*.

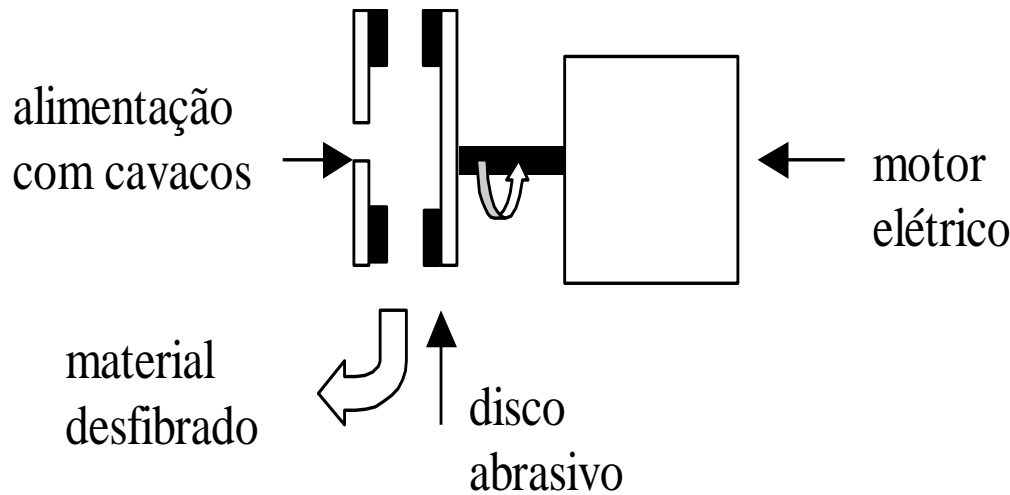
With higher charges of sulfite (5–10 % sodium sulfite) and a reaction time of around 5–30 min, further sulfonation of the wood can take place with an upper limit of around 15–20 sulfonic acid groups per 100 phenylpropane units. Subsequent refining of highly sulfonated wood results in the production of chemimechanical pulp (CMP) with a pulp yield of around 90 %.

# Tipos de refinadores de disco

- Mais comuns: um disco rotativo e outro estacionário
- Distância entre os discos é uma das variáveis fundamentais.

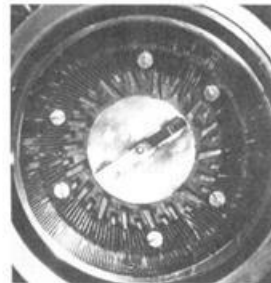
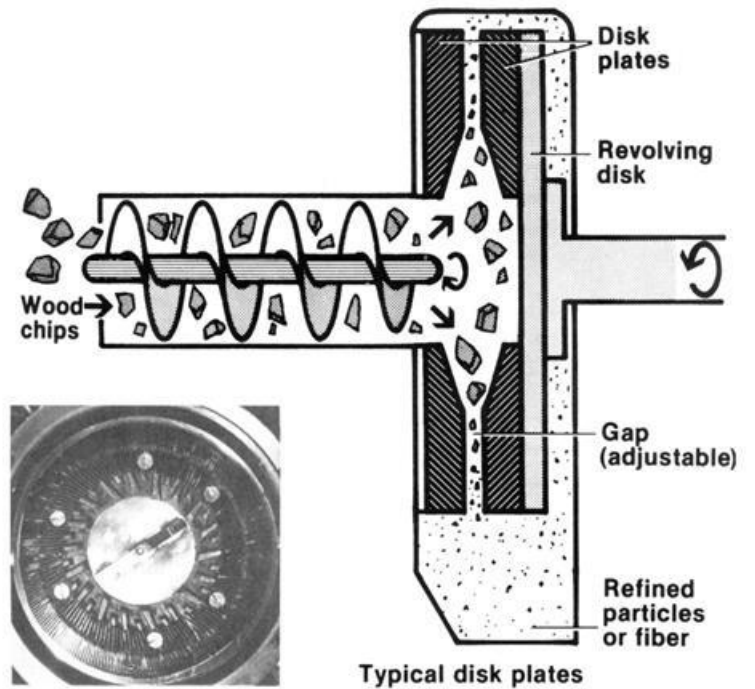
Desenho das ranhuras é variável extremamente importante.

Existem desenhos específicos para cada tipo de madeira e cada tipo de polpa que se pretende preparar.

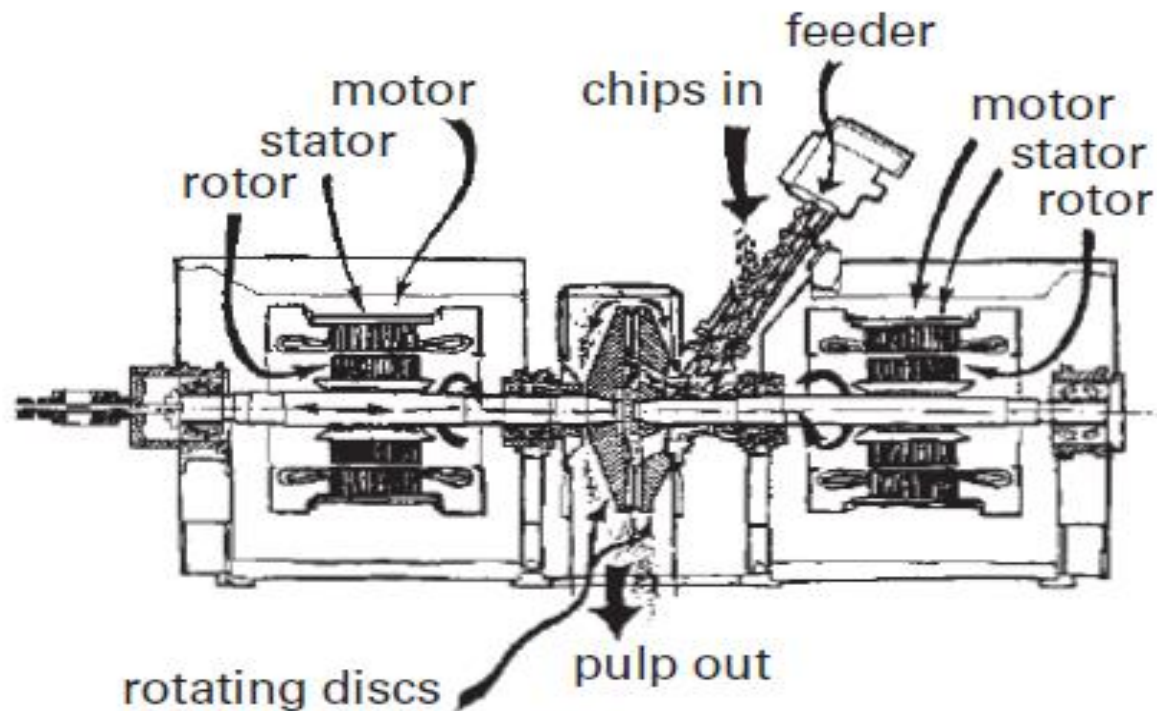


**Figura 3.** Ilustração de um refinador de discos (a) e fotografia de uma fração de um disco refinador (b) com as ranhuras responsáveis pela ação abrasiva sobre os cavacos de madeira.



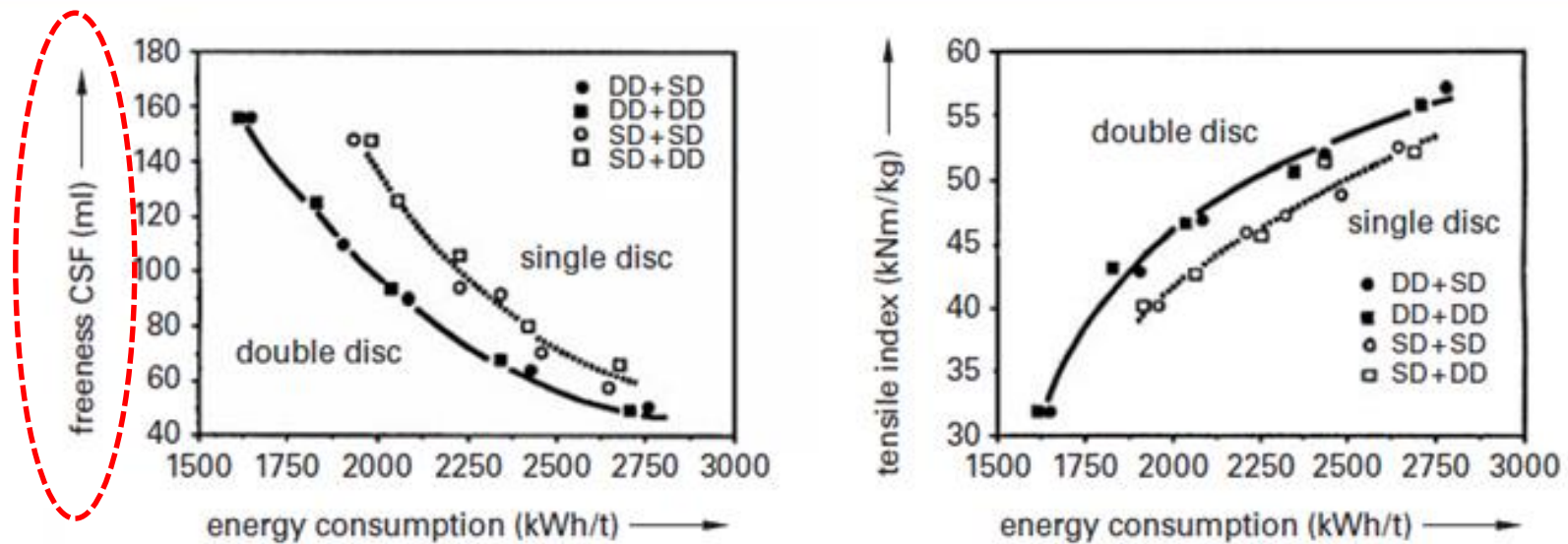


Há também refinadores de disco duplos, onde cada disco é impulsionado por um motor diferente.



**Figure 4.2.** Double disc refiner.

## Controle básico do processo



**Figure 4.35.** Freeness and tensile index for mechanical pulps refined in two stages with single (SD) and double disc (DD) refiners. The character of the pulps is determined by the conditions in first refining stage.



## ***Controle de processo***

### **Equipamento utilizado na determinação de Freeness**

Qto mais refinada a polpa  
mais ela retém água

O valor de CSF (medido em  
mL) é inversamente  
proporcional ao grau de  
refino das polpas

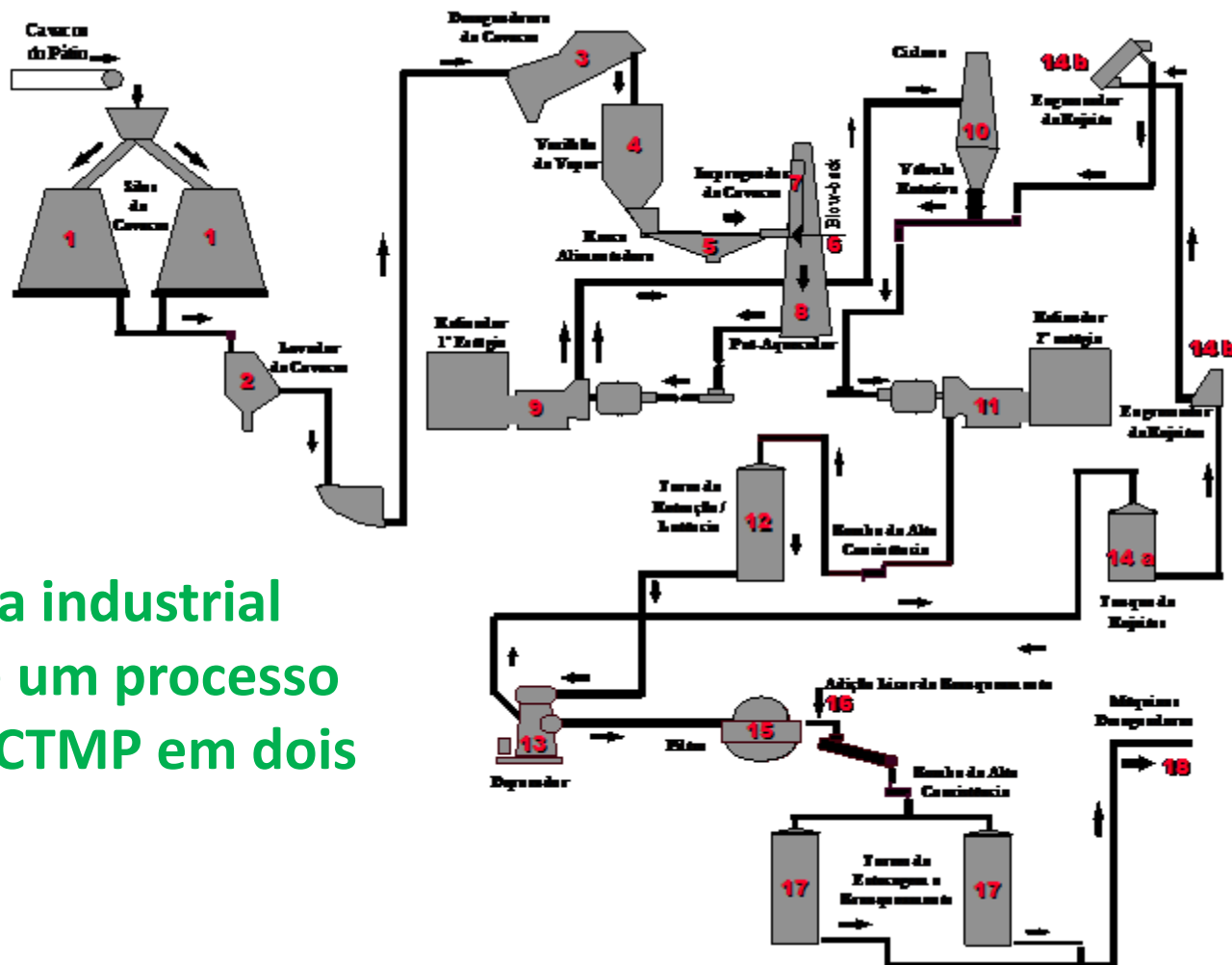
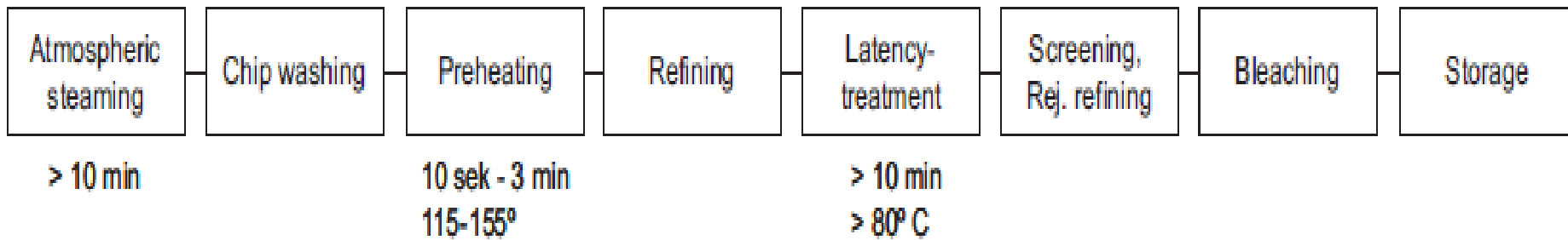
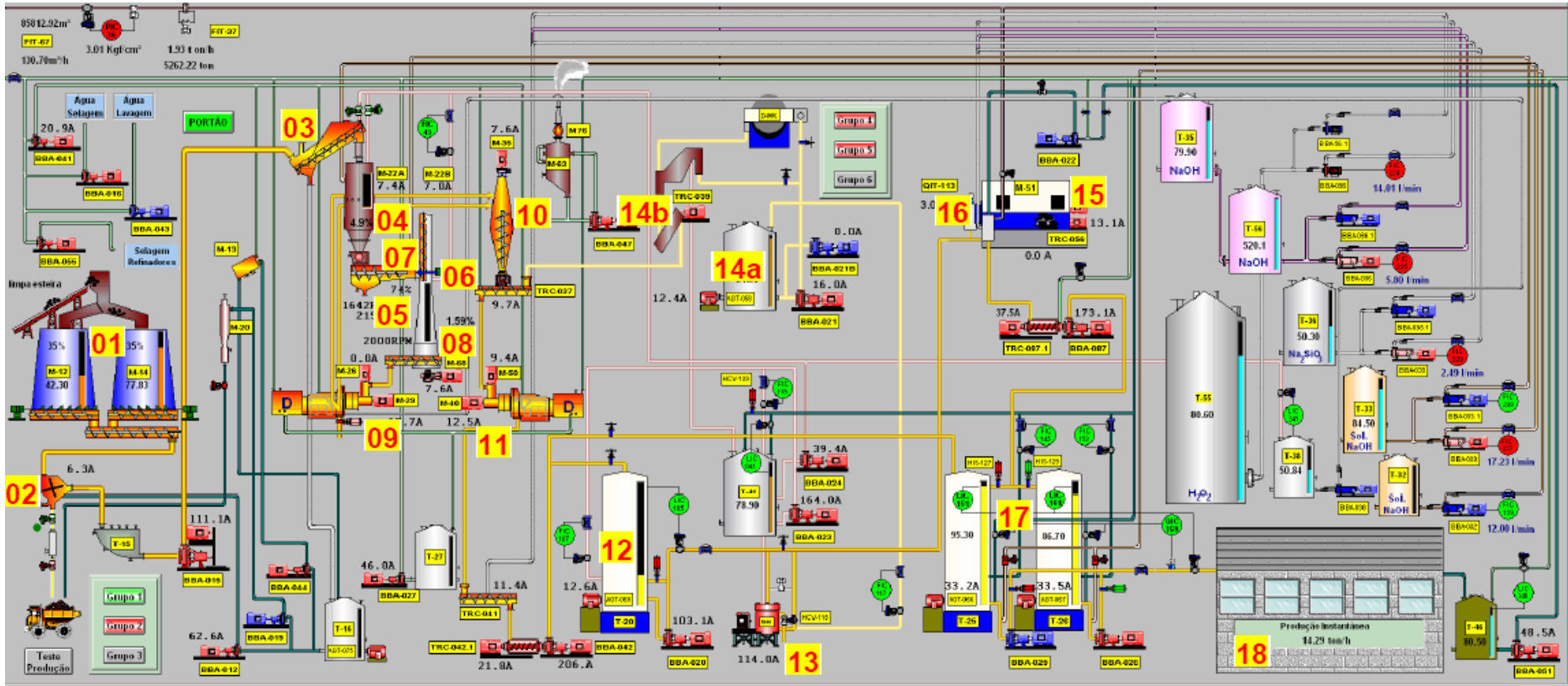
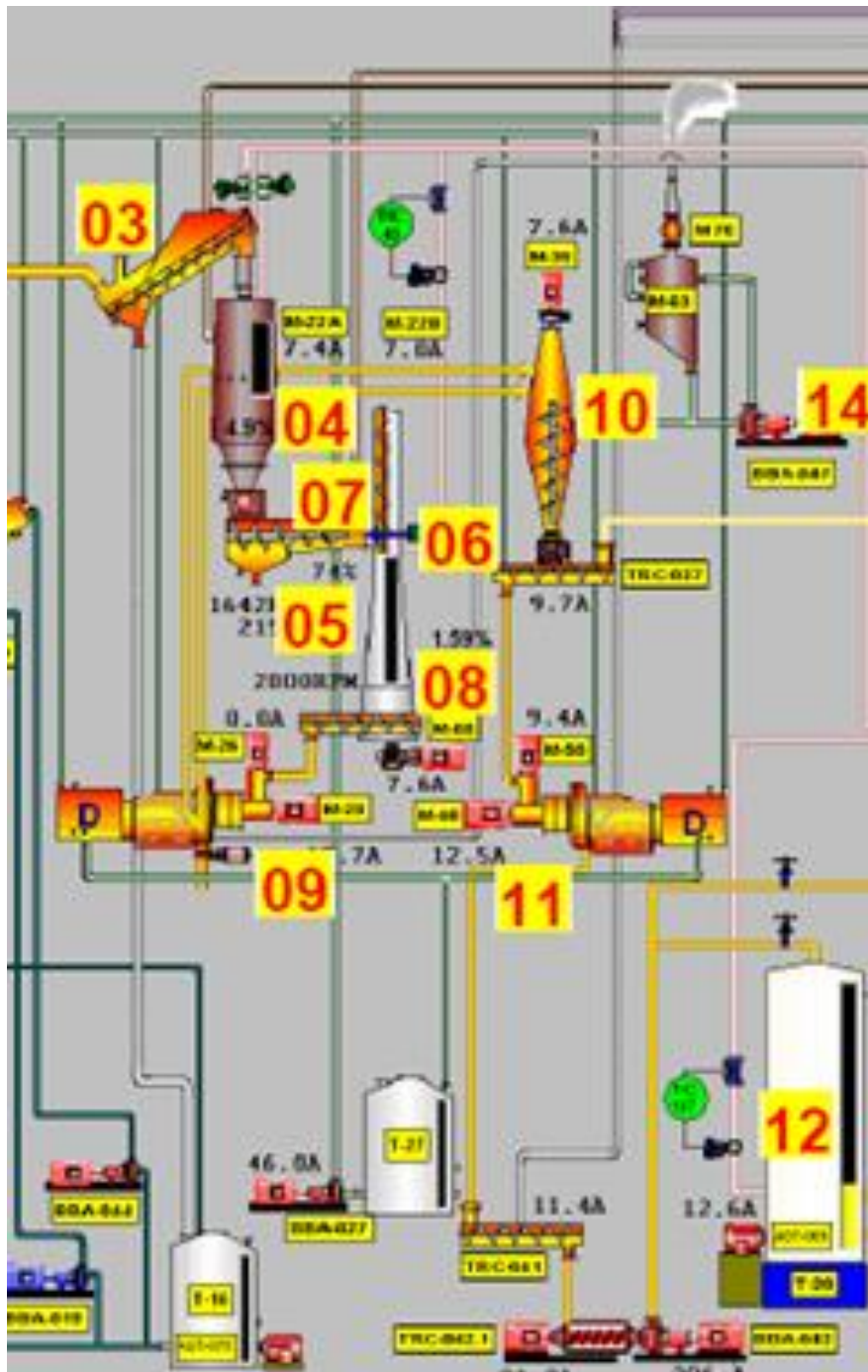


Diagrama industrial típico de um processo TMP ou CTMP em dois estágios





- 03** rosca desaguadora
- 04** vasilhão de vapor
- 05** rosca de alimentação
- 06** *blow-back* (libera a passagem dos cavacos comprimidos para uma câmara pressurizada)
- 07** impregnador (pressurizado, de 0,5 a 3,0 bar -- é alimentado não só pelos cavacos, mas também por água - TMP - ou solução de reagentes – CTMP)
- 08** pré-aquecedor
- 09** refinador primário (pressurizado, cerca de 2,0 bar)
- 10** separador ciclone
- 11** refinador secundário
- 12** torre de retenção/latência

## Principais variáveis no processo TMP :

1) Temperatura e pressão do vapor na impregnação dos cavacos e no interior do refinador

- Temperaturas superiores a 130°C causam o amolecimento descontrolado da lignina e as fibras obtidas apresentam baixa capacidade de reassociação e, conseqüentemente, baixa resistência físico-mecânica dos papéis produzidos.

- Temperaturas da ordem de 165-185°C são empregadas somente em processos destinados à fabricação de chapas de fibras aglomeradas - “eucatex” (“Asplund process”).

- Para a produção de polpas destinadas a fabricação de papéis de imprensa, papéis absorventes e corrugados para caixas de papelão, a temperatura ótima está entre 115 e 130°C.

2) Consistência no refinador/desenho dos discos

3) Energia empregada no refino (depende do desenho de disco, da consistência e da distância entre os discos)



# Utilidade das polpas TMP

Grande variedade de produtos:

Fibras de reforço em papelão e corrugados em geral

Fabricação de papéis de impressão de uso rápido como jornais e catálogos

Papéis de uso em cozinha e sanitário, lenços e guardanapos de papel (“tissue paper”)

Em geral, as polpas TMP de madeiras de folhosas apresentam baixa resistência físico-mecânica e normalmente o processo é desenvolvido com madeiras de coníferas, mas também há produção comercial de polpas TMP a partir de madeira de folhosas

<https://www.youtube.com/watch?v=AK4mH0pM5Sg>

*Próxima aula*

## **POLPAÇÃO SEMI-QUÍMICA e QUÍMICA**

Ref. básica para estudo: Capítulos 5 (revisão) e 6: Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G. *Pulping Chemistry and Technology* (Volume 2). Berlin, Walter de Gruyter, 2009

**Polpação semi-química** - **Característica principal:** tratamento químico *em digestor*, seguido de desfibramento/refino em um refinador de disco