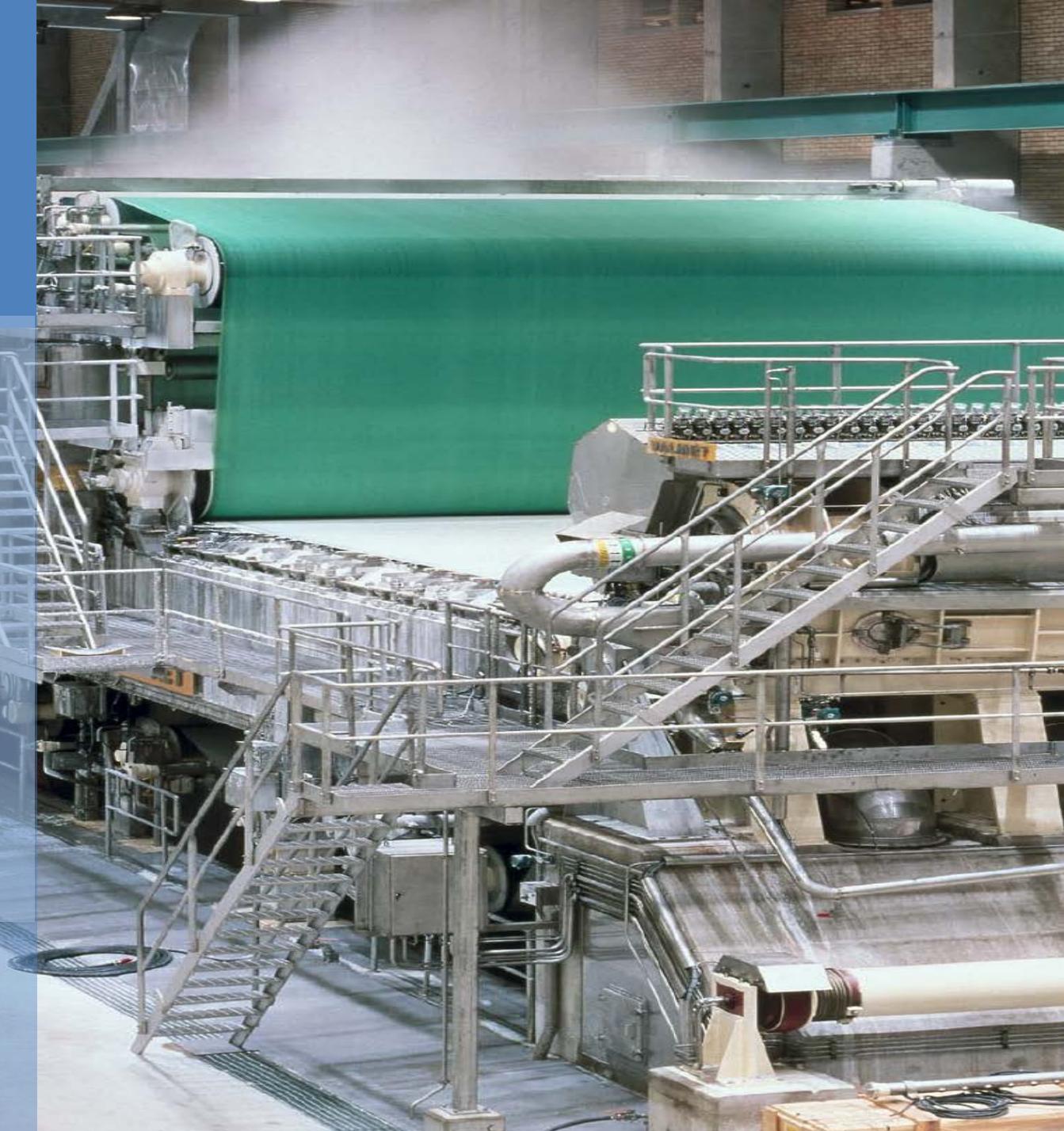


Processo de Produção de Papel

Processos
Químicos
Industriais II

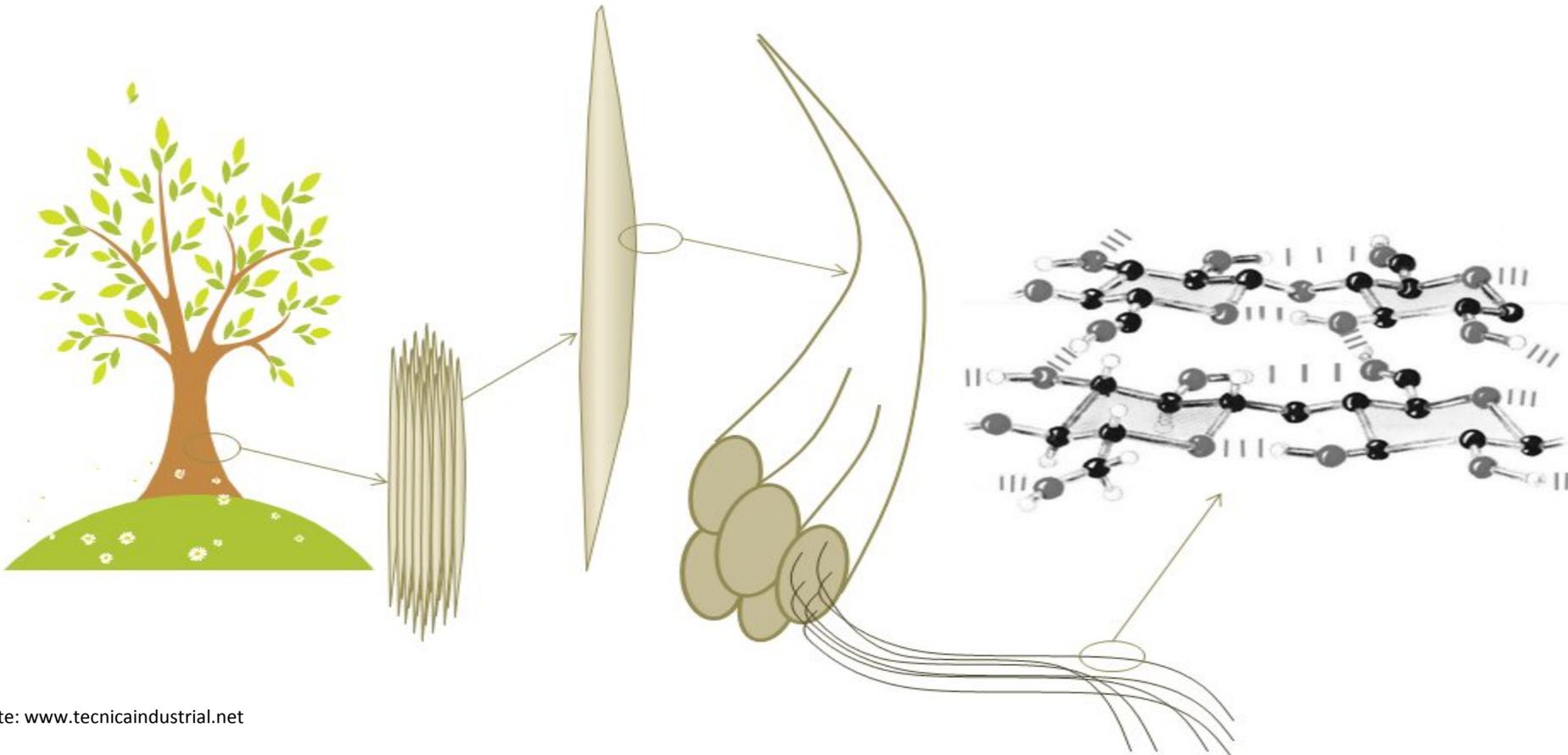


Celulose

Fibra longa
Fibra curta

Pinus
Eucalipto

2 – 5 mm
0,5 – 1,5 mm



Papel

Substância flexível, feita em folhas, de polpa de celulose, extraída principalmente da madeira, bagaços de cana e outras matérias fibrosas, usada na escrita, imprensa e embalagens



Resultados do Setor de Celulose e Papel

Pulp and Paper Sector Results

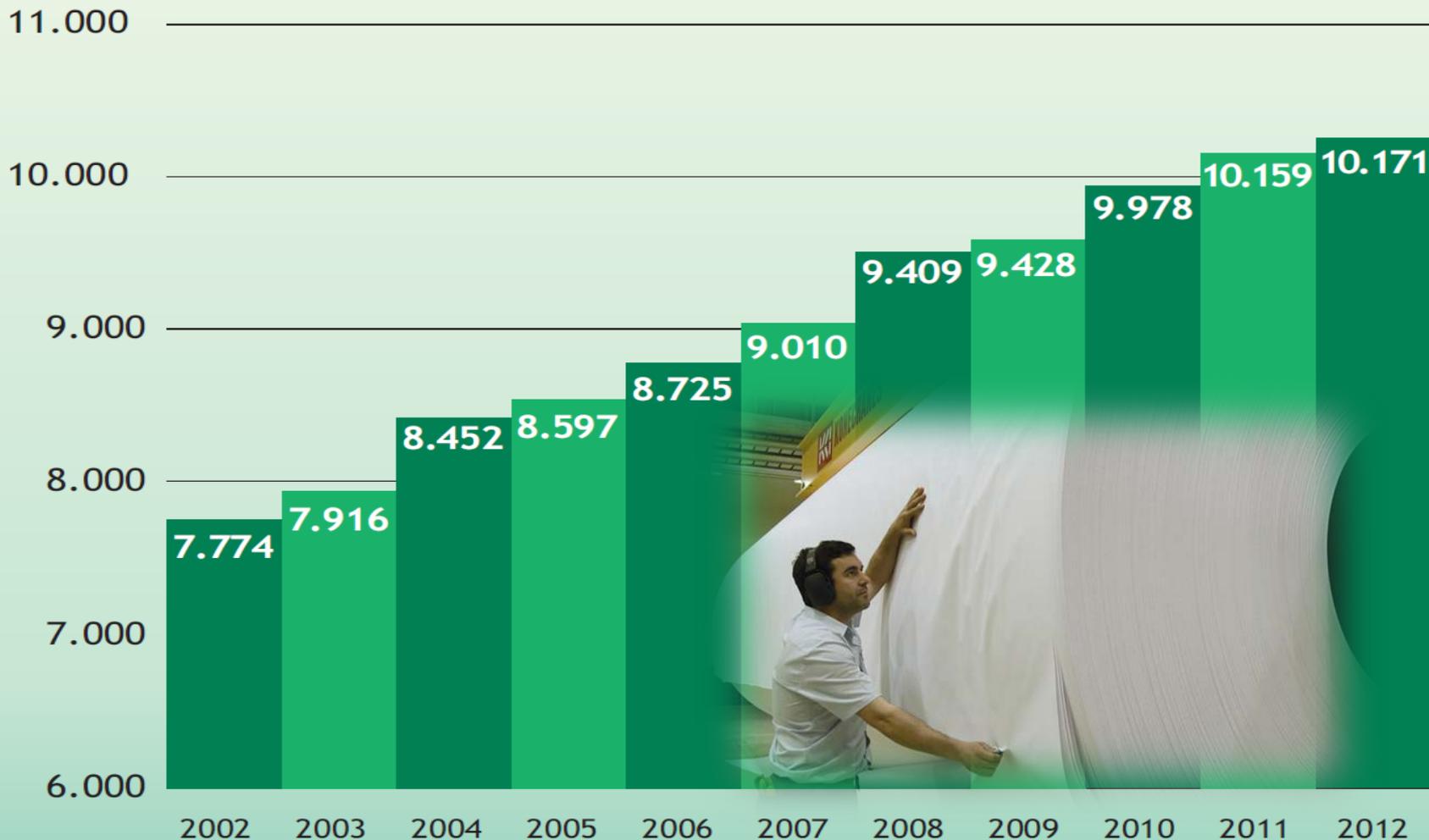
1.000 toneladas / 1,000 tons

| Papel / Paper | 2012 | | 2013 | | | Var. % | | |
|--|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|-------------|------------|
| | Jan-Mar / Jan-Mar A | Mar / Mar B | Jan-Mar / Jan-Mar (1) C | Fev / Feb D | Mar / Mar (1) E | E/D | E/B | C/A |
| Produção / Production | 2.530 | 862 | 2.535 | 814 | 856 | 5,2 | -0,7 | 0,2 |
| Embalagem / Packaging & Wrapping | 1.299 | 435 | 1.287 | 415 | 430 | 3,6 | -1,1 | -0,9 |
| Imprimir e Escrever / Printing & Writing | 643 | 220 | 649 | 203 | 222 | 9,4 | 0,9 | 0,9 |
| Imprensa / Newsprint | 35 | 12 | 34 | 11 | 12 | 9,1 | 0,0 | -2,9 |
| Fins Sanitários / Tissue | 249 | 83 | 264 | 86 | 89 | 3,5 | 7,2 | 6,0 |
| Papelcartão / Cardboard | 178 | 69 | 174 | 57 | 60 | 5,3 | -13,0 | -2,2 |
| Outros / Other | 126 | 43 | 127 | 42 | 43 | 2,4 | 0,0 | 0,8 |

Evolução da Produção Brasileira de Papel

Brazilian Paper Production Evolution

Mil Toneladas / Thousands of Tons



Características Básicas das Indústrias de Celulose e Papel

- ✓ Engenharia Química, Engenharia Industrial e Mecânica
- ✓ Consumo elevado de água em seus processo;
- ✓ Consumo elevado de energia;
- ✓ Os produtos gerados são “commodities”;
- ✓ Elevado capital intensivo.

Caracterização física do papel formado

- ✓ Resistência à tração e ao alongamento
- ✓ Resistência ao arrebentamento
- ✓ Estabilidade dimensional
- ✓ Absorção de água
- ✓ Teor de umidade
- ✓ Gramatura
- ✓ Espessura
- ✓ Densidade aparente (inclui o volume dos poros)
- ✓ Densidade real
- ✓ Porosidade

Matéria-prima



Celulose fibra curta

766,8 \$/T

Celulose fibra longa

832,6 – 900 \$/T

Papelão solto

50 \$/T

Papelão enfardado

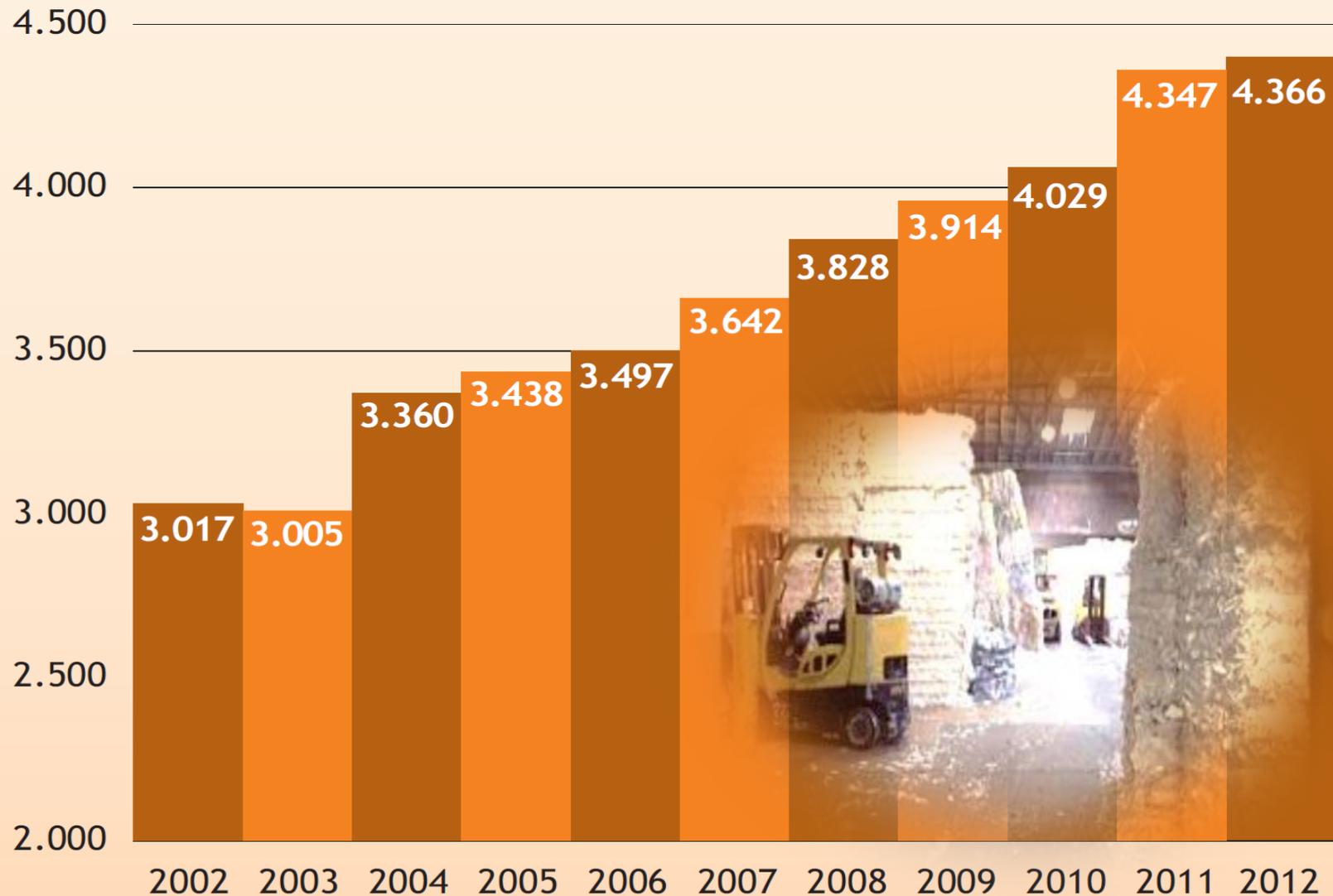
120-150 \$/T



Evolução do Consumo Nacional de Aparas

Brazilian Recycled Paper Consumption

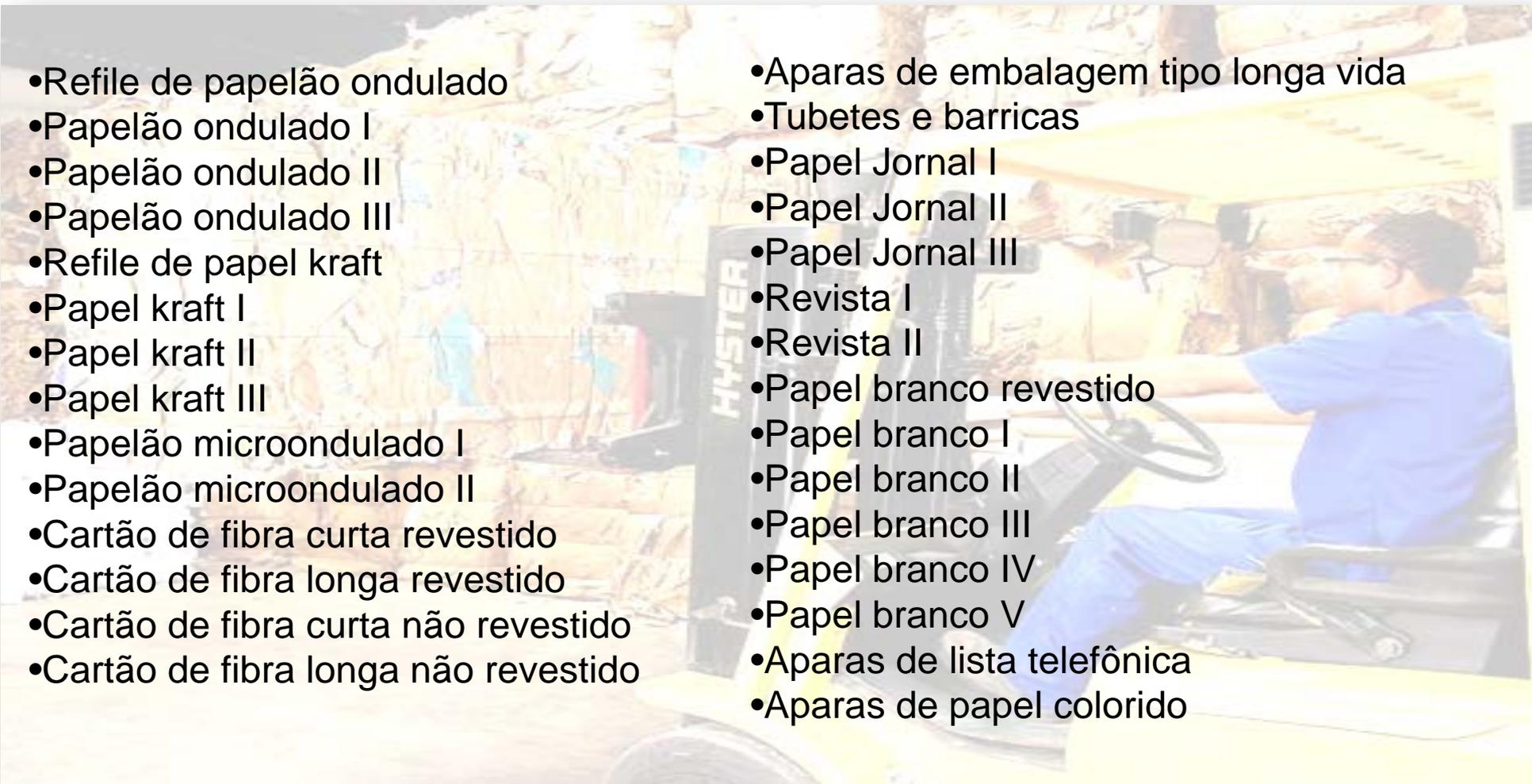
Mil Toneladas / Thousands of Tons

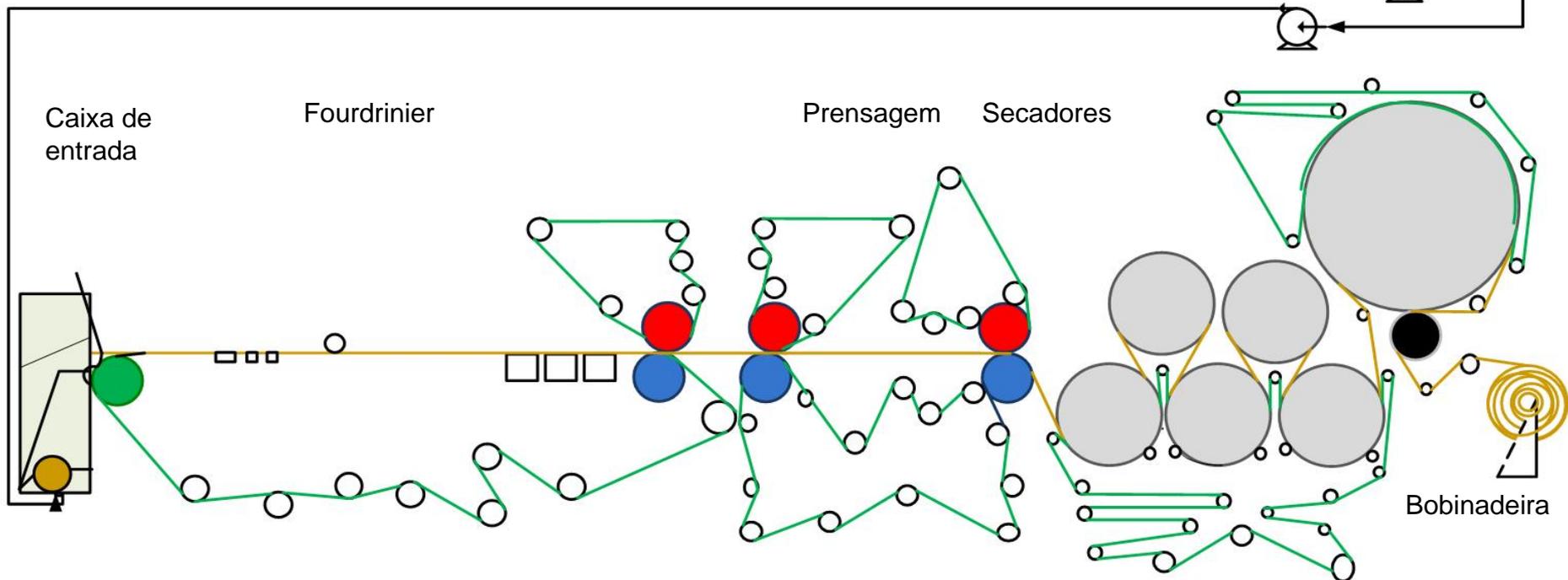
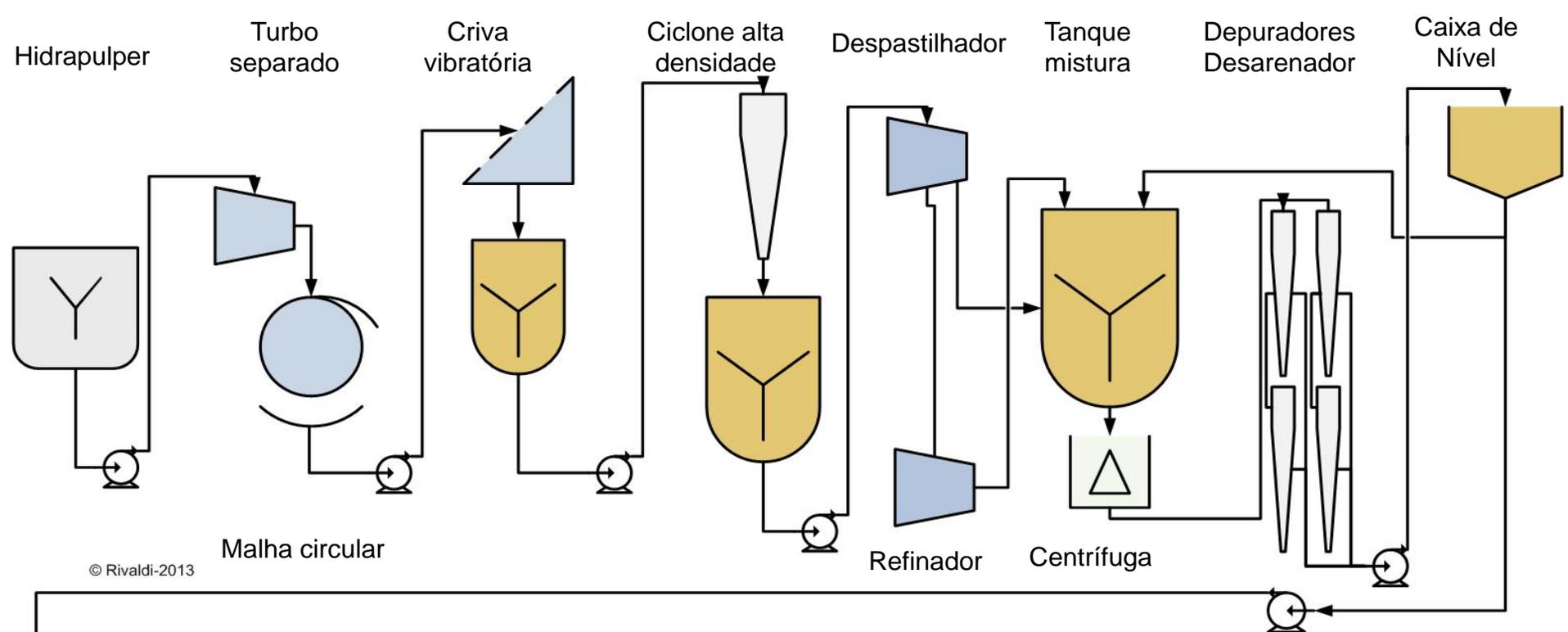


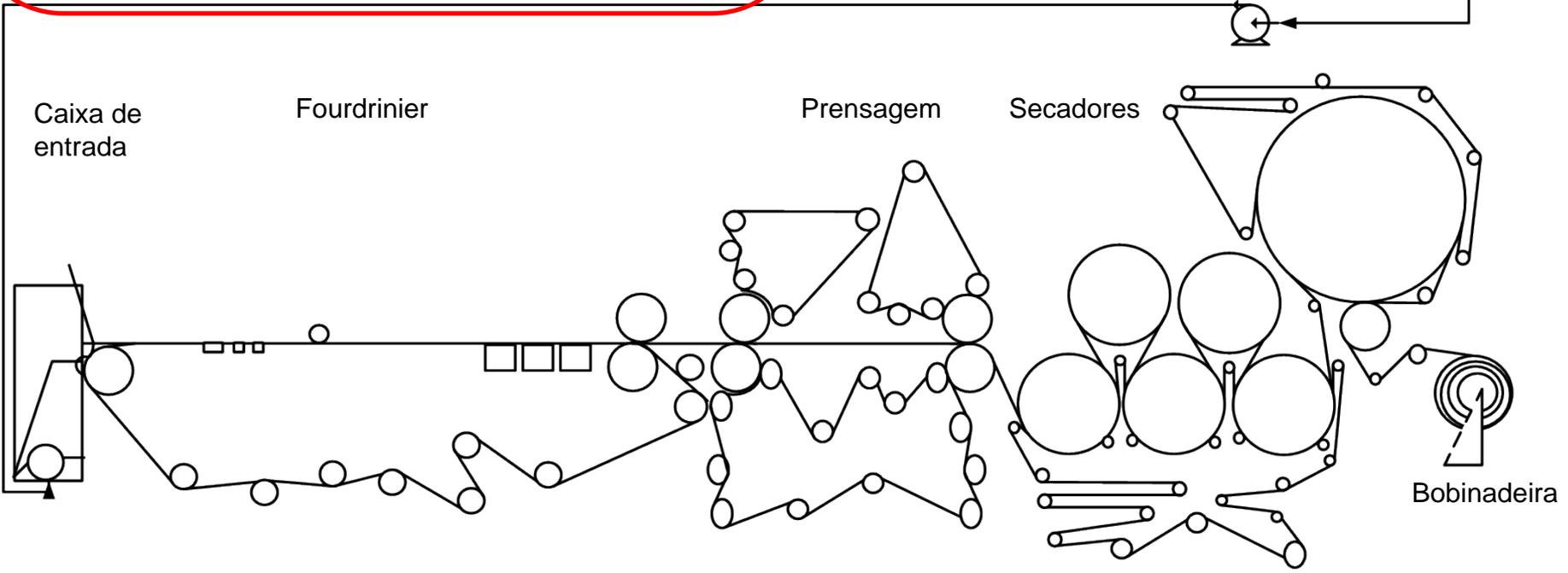
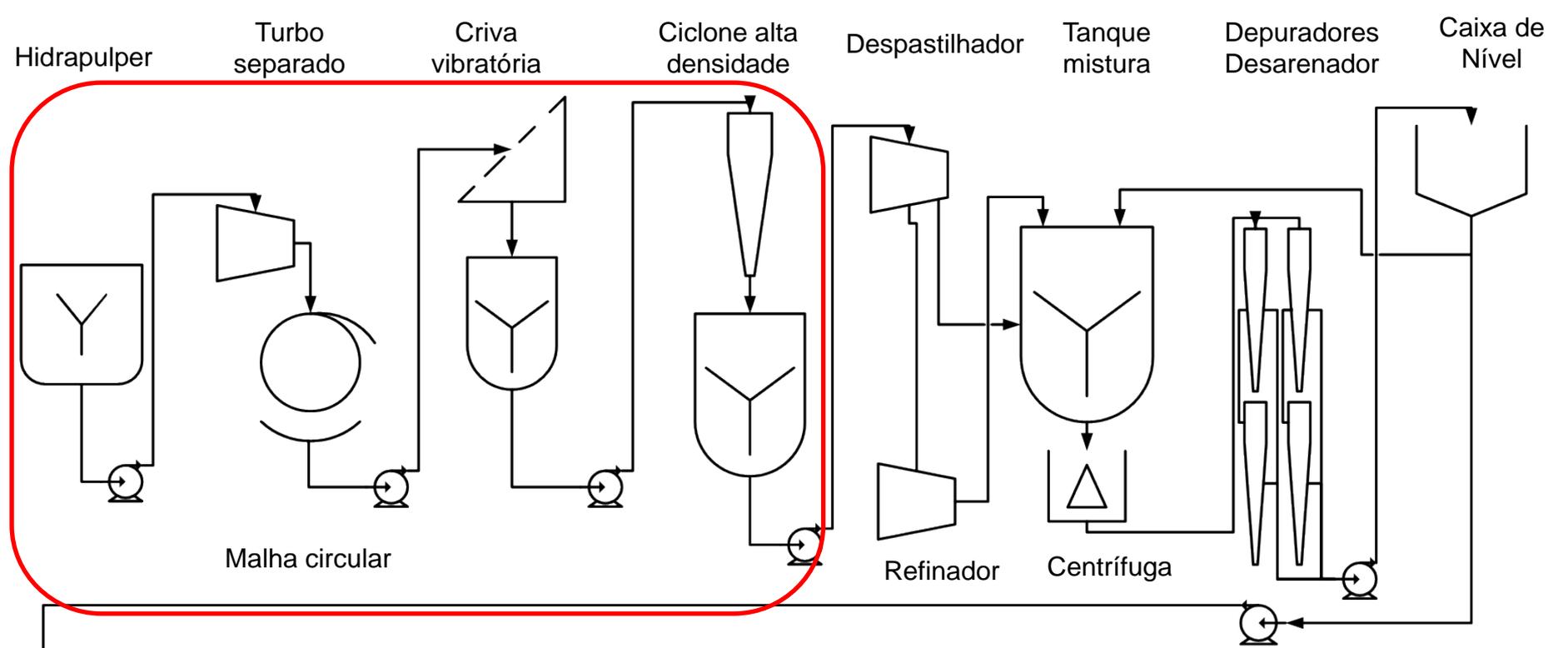
Abaixo segue lista de classificação dos tipos de aparas de papel que existem no mercado, segundo norma NBR 15483:2007 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

- Refile de papelão ondulado
- Papelão ondulado I
- Papelão ondulado II
- Papelão ondulado III
- Refile de papel kraft
- Papel kraft I
- Papel kraft II
- Papel kraft III
- Papelão microondulado I
- Papelão microondulado II
- Cartão de fibra curta revestido
- Cartão de fibra longa revestido
- Cartão de fibra curta não revestido
- Cartão de fibra longa não revestido

- Aparas de embalagem tipo longa vida
- Tubetes e barricas
- Papel Jornal I
- Papel Jornal II
- Papel Jornal III
- Revista I
- Revista II
- Papel branco revestido
- Papel branco I
- Papel branco II
- Papel branco III
- Papel branco IV
- Papel branco V
- Aparas de lista telefônica
- Aparas de papel colorido







Polpeamento da fibra



Hidrapulper

Concentração de fibras de celulose
6 – 10 % (p/v)
Água

Cargas e aditivos
Resíduos plásticos



Cargas e Aditivos

Produtos químicos não fibrosos

Objetivo de reforçar certas propriedades específicas que necessita o papel segundo a sua utilização futura

Cargas

Caulim, talco, carbonato de cálcio e dióxido de titânio

Minerais brancos e finos que **melhoram as propriedades físicas, lisura, óticas e de impressão do papel.**

Preenchem espaços (recheio) entre fibras para obter uma folha **densa, branca, lisa e opaca.** De forma geral, os papeis contêm 10% do peso em cargas.

Requisitos

- Ter brancura compatível com o papel
- Alto índice de refração
- Baixa abrasividade
- Quimicamente Inerte
- Não promova reações desfavoráveis com os outros constituintes da formulação

Caulim

- Silicato de alumínio hidratado - diversos depósitos naturais
 - É a carga mais empregada na indústria papeleira
- Aumento de lisura, brilho e da imprimibilidade
- Aumento da opacidade
- Redução das características físicas e mecânicas

Carbonato de Cálcio

- Maior opacidade, lisura e boa recepção de tintas de impressão.
- É usado em papéis especiais, fabricados em meio alcalino, pois em meio ácido o carbonato de cálcio se decompõe, formando gás carbônico.

Dióxido de Titânio

- É tratado com ácido sulfúrico e o sulfato obtido é posteriormente calcinado em forma de óxido
- Anataseo ou rutilo (mineráis de titânio)
- O anataseo é mais usado no recobrimento do papel, devido o seu alto teor de dióxido de titânio e sua dispersão na água
- O custo elevado faz com que o dióxido de titânio tenha uso limitado. Sendo empregado em papéis de alta qualidade.

Agentes de Colagem

- Confere ao papel características de resistência à água
- A resistência à água nos papéis é muito importante quanto a impressão offset ao produto acabado, onde se exige uma resistência à água muito mais alta
- Existem dois tipos de colagem: Ácida e Alcalina
- **Colagem Alcalina:** Utiliza-se composto químico (cola sintética). A colagem alcalina é normalmente aplicada nos casos em que se consomem cargas quimicamente ativas , como por exemplo, o carbonato de cálcio
- **Colagem Ácida:** O material empregado é a cola (resina), derivado do breu. Para que a cola exerça sua função, é preciso adicionar sulfato de alumínio, o qual tem a função de baixar o pH (meio ácido, favorecendo a precipitação da resina e depositando os flocos de resinado de alumínio)

Amidos

- ✓ Resistência interna de um papel
- ✓ Proporciona melhor lisura, maior rigidez, maior resistência à penetração de líquidos e evita a FORMAÇÃO DE PÓ NO PAPEL
- ✓ Maior resistência superficial : dificulta a penetração de líquidos, aumenta as características mecânicas, a opacidade e a imprimibilidade

Corantes e Pigmentos

O tingimento de um papel compreende a utilização de :

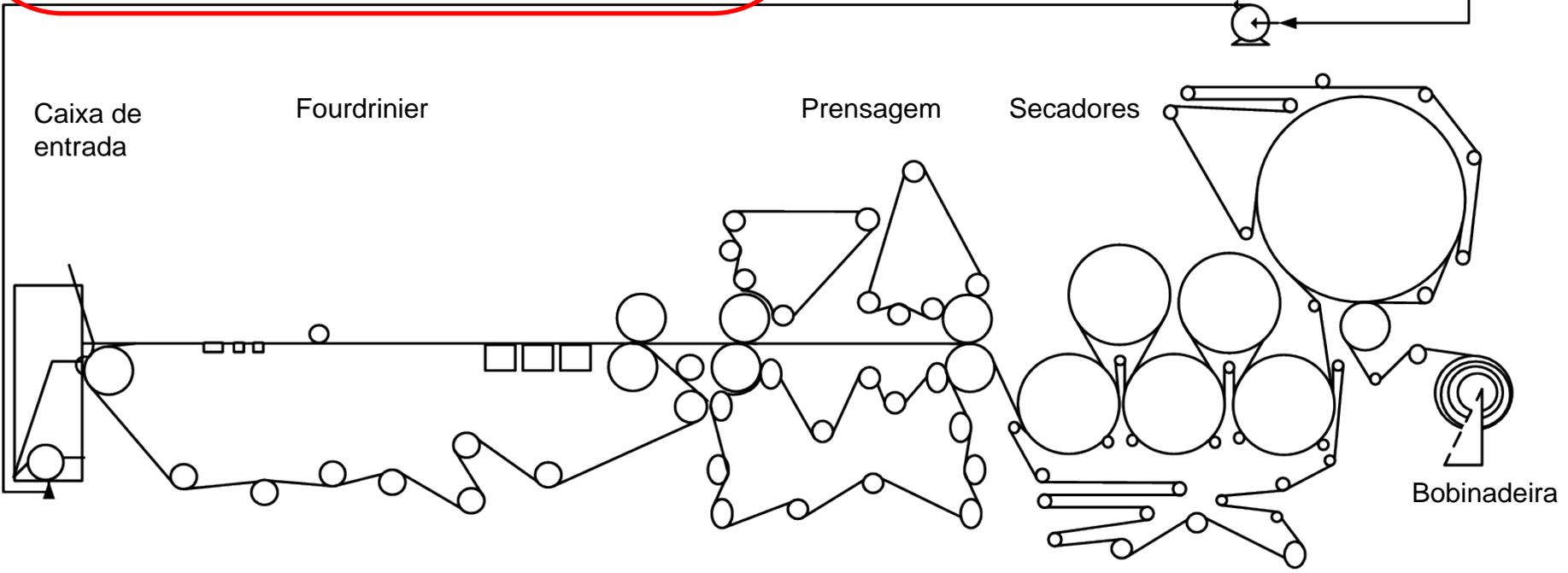
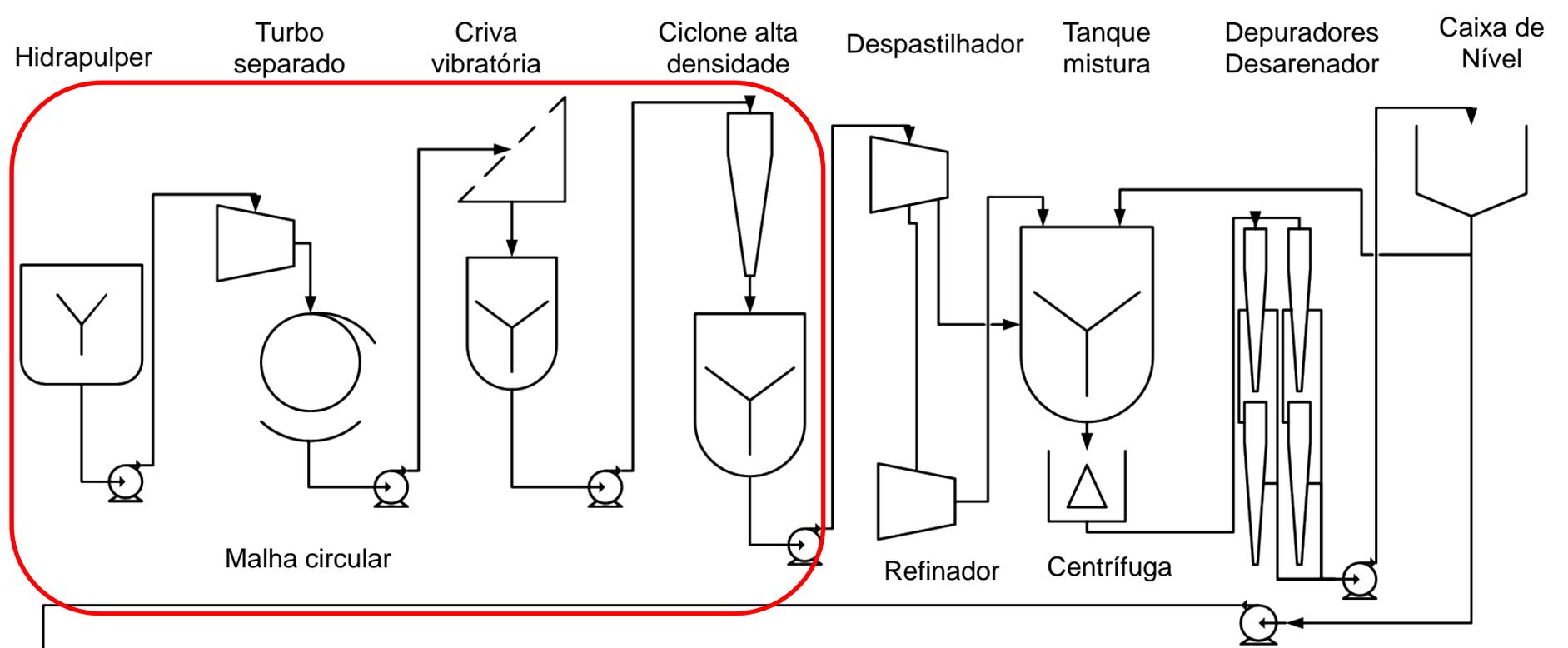
- Corantes:** Tingimento das fibras com corantes, que são adicionados à massa (celulose) no pulper ou tanques de mistura

- Branqueadores Óticos:** São agentes de branqueamento, usados em papéis para melhorar a Alvura dos papéis brancos. Absorvem a luz ultravioleta

Outros aditivos

Existem inúmeros compostos químicos, que podem ser usados no processo de fabricação do papel, para diferentes finalidades:

- ✓ Retentores de carga
- ✓ Antiespumante
- ✓ Resinas de resistência a úmido
- ✓ Microbicidas
- ✓ Controladores de pH
- ✓ Amaciante

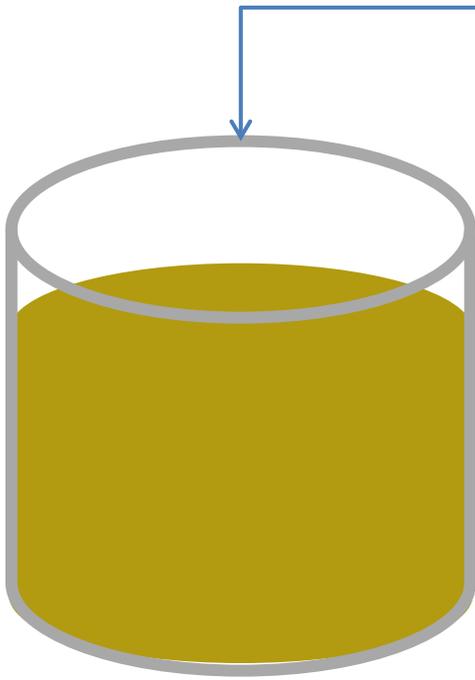




Separador de plásticos



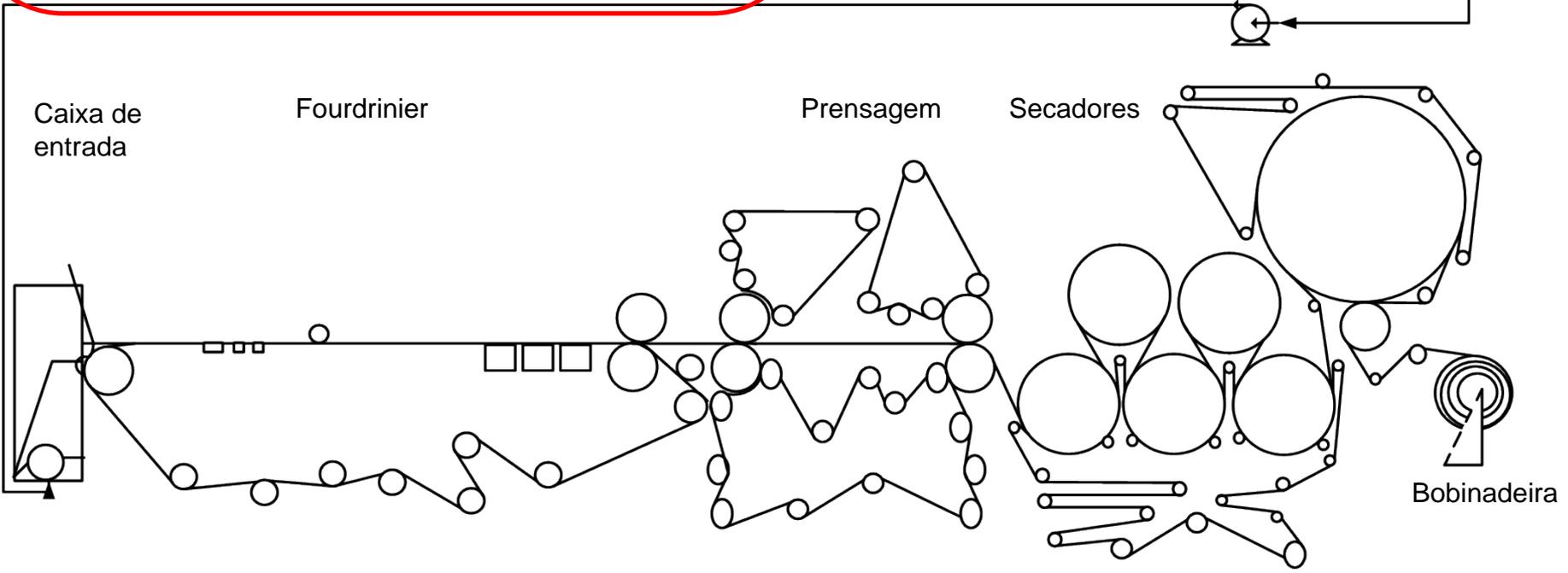
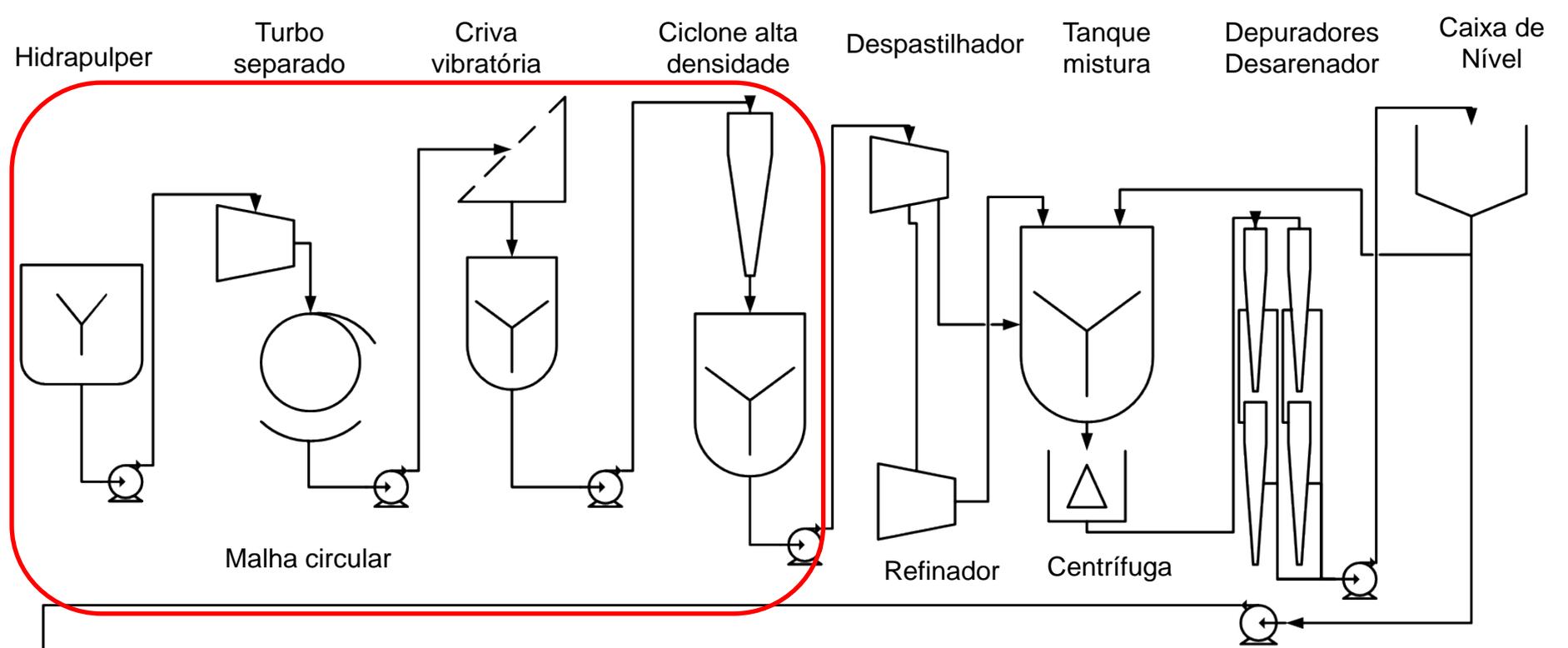
Decker Thickener

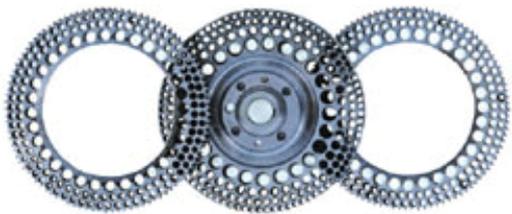


Ciclone separador



Criva vibratória





Despastilhador

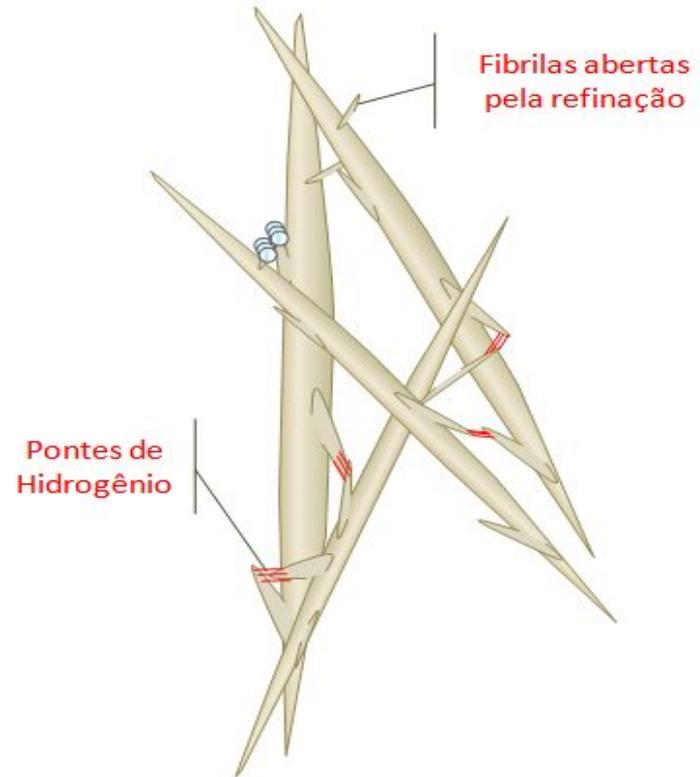


Refinador

Refinação



Rede de fibras não refinadas
(fraca ligação)



Rede de fibras refinadas
(forte ligação)

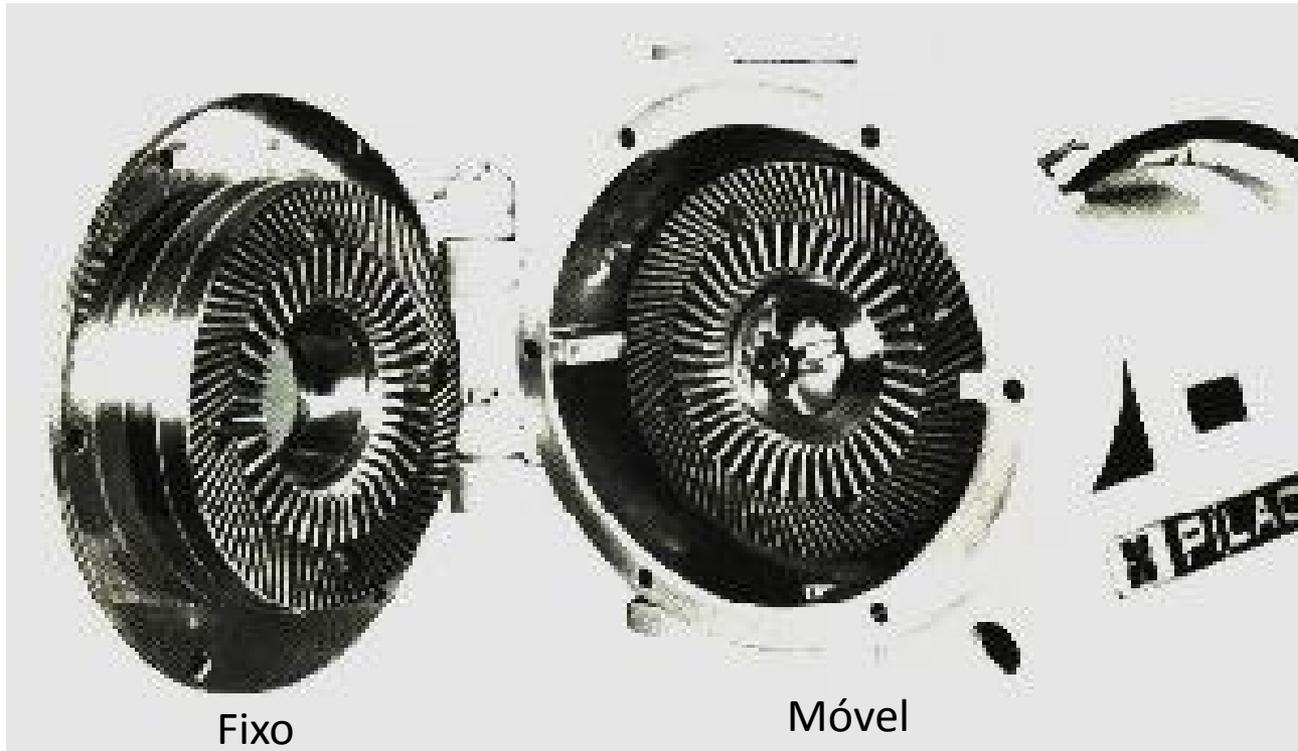
Refinação - Função

1- Abrir as paredes da fibra de modo a romper as cadeias de polímeros, deixando-as abertas, fazendo com que busquem outras cadeias abertas para se unirem em ligações por pontes de hidrogênio. Desta maneira a parede "danificada" de uma fibra irá se unir a outra, fechando a ligação, formando assim uma rede de fibras com resistência mecânica suficiente para formar uma folha de papel

2- A refinação também causa o corte das fibras, reduzindo o seu comprimento, o que pode ser benéfico para uma boa formação da folha de papel ou prejudicial, pois pode reduzir a resistência da folha por ser esta formada por fibras muito curtas

3- A hidratação, é a absorção de água através das fissuras causadas pela fibrilação. Normalmente é um efeito desejado pois melhora a maciez e flexibilidade da folha de papel

Refinador



- ✓ Pasta deve chegar como consistência 3-4%
- ✓ Hidratação, Corte e Fibrilação
- ✓ Aumenta a superfície da fibra em contato com o meio
- ✓ O grau de refinação varia em função das características do papel que se deseja fabricar (0,2 a 1,5 mm de luz)

Caracterização polpa de papel

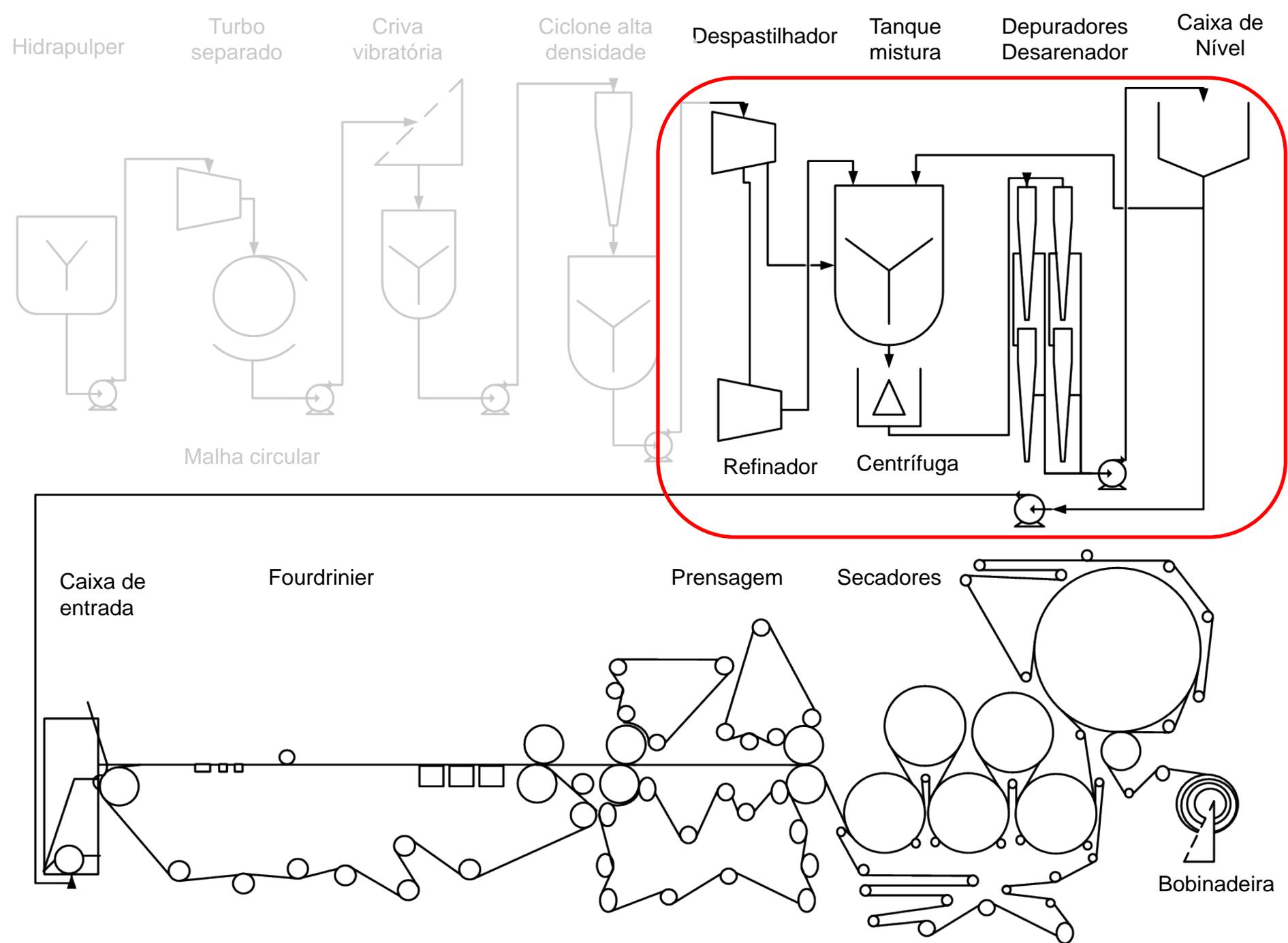


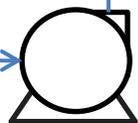
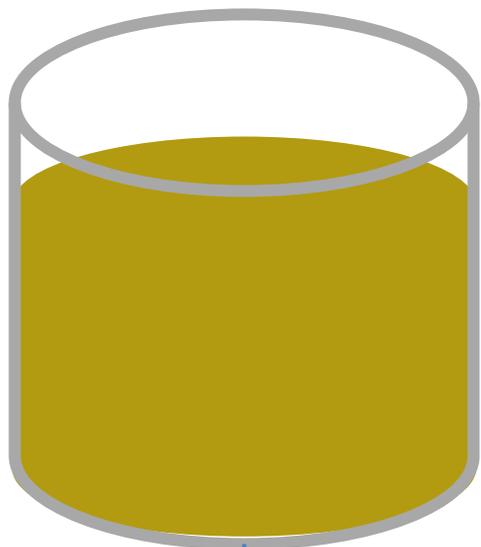
Grau Schopper (refinado),
0,2 % p/v fibras



Pasta não refinada:
Pasta refinada:

maior drenabilidade
menor drenabilidade



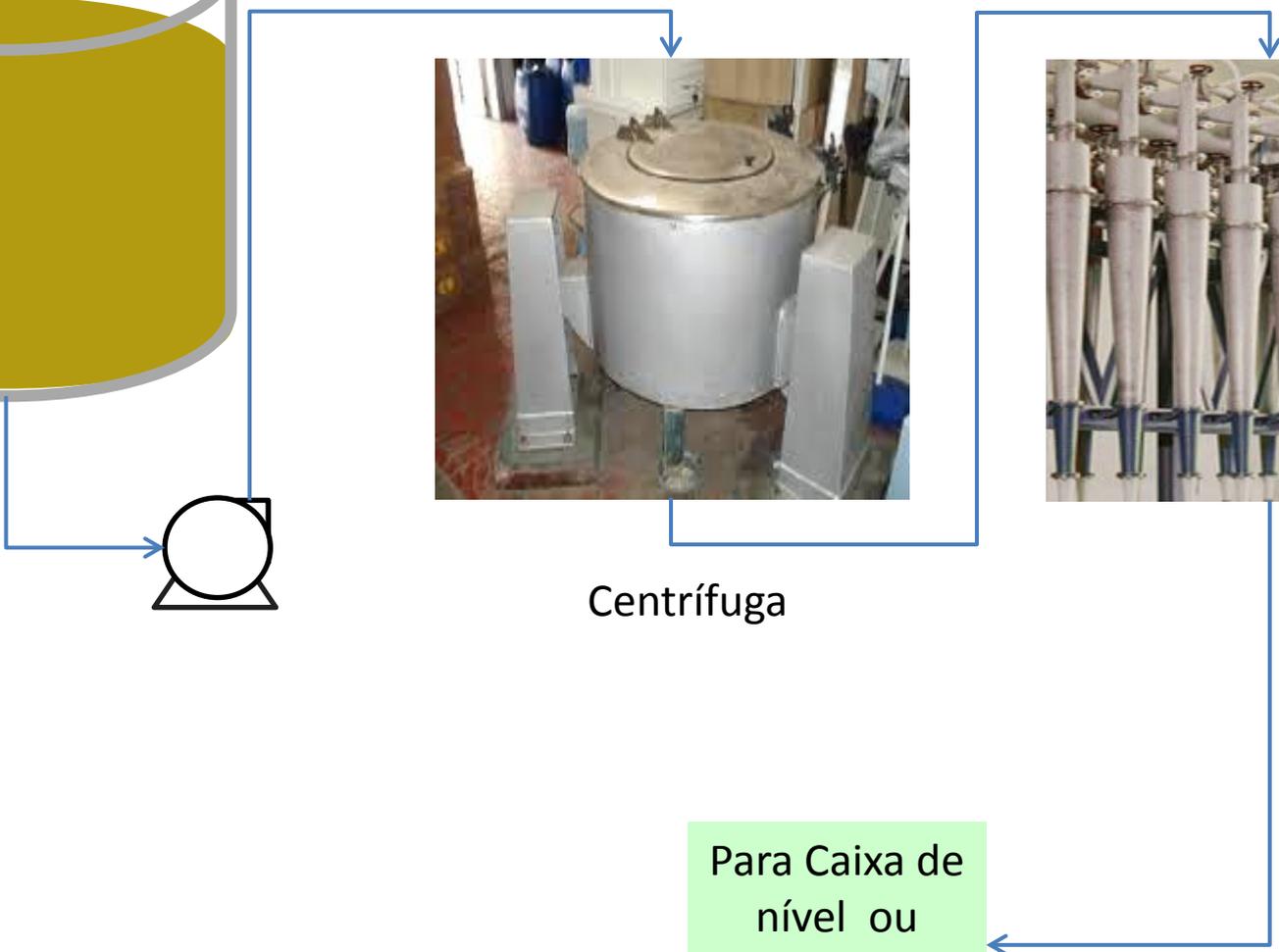


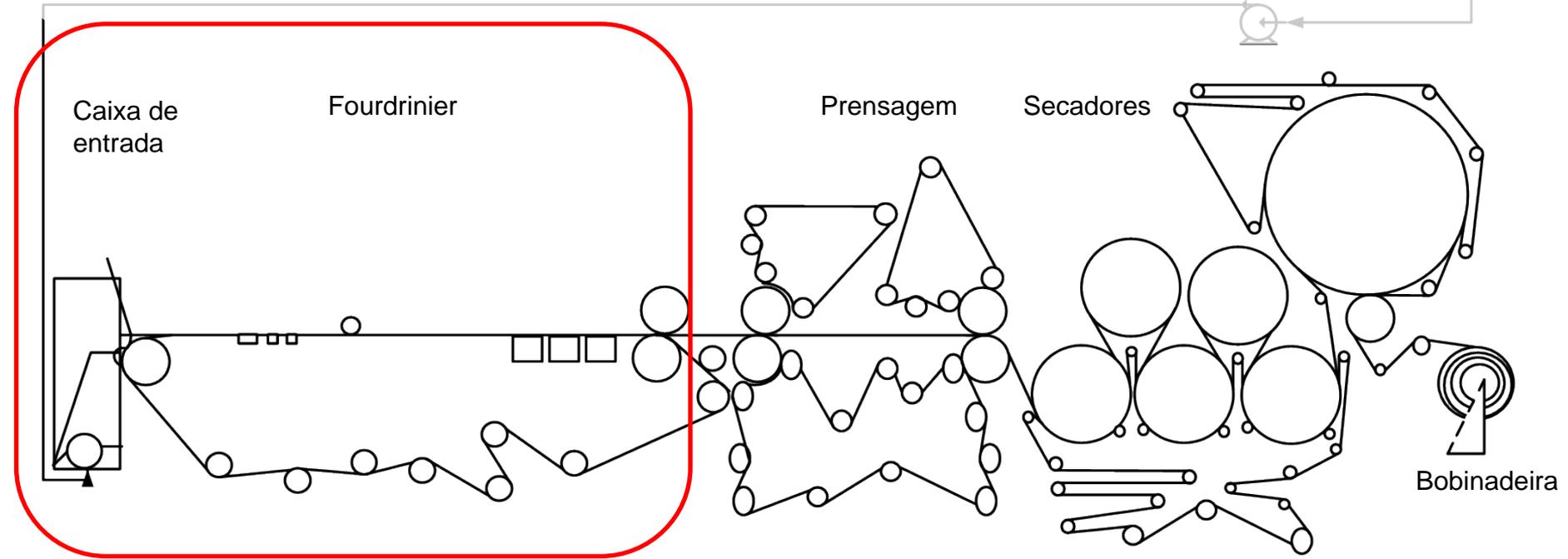
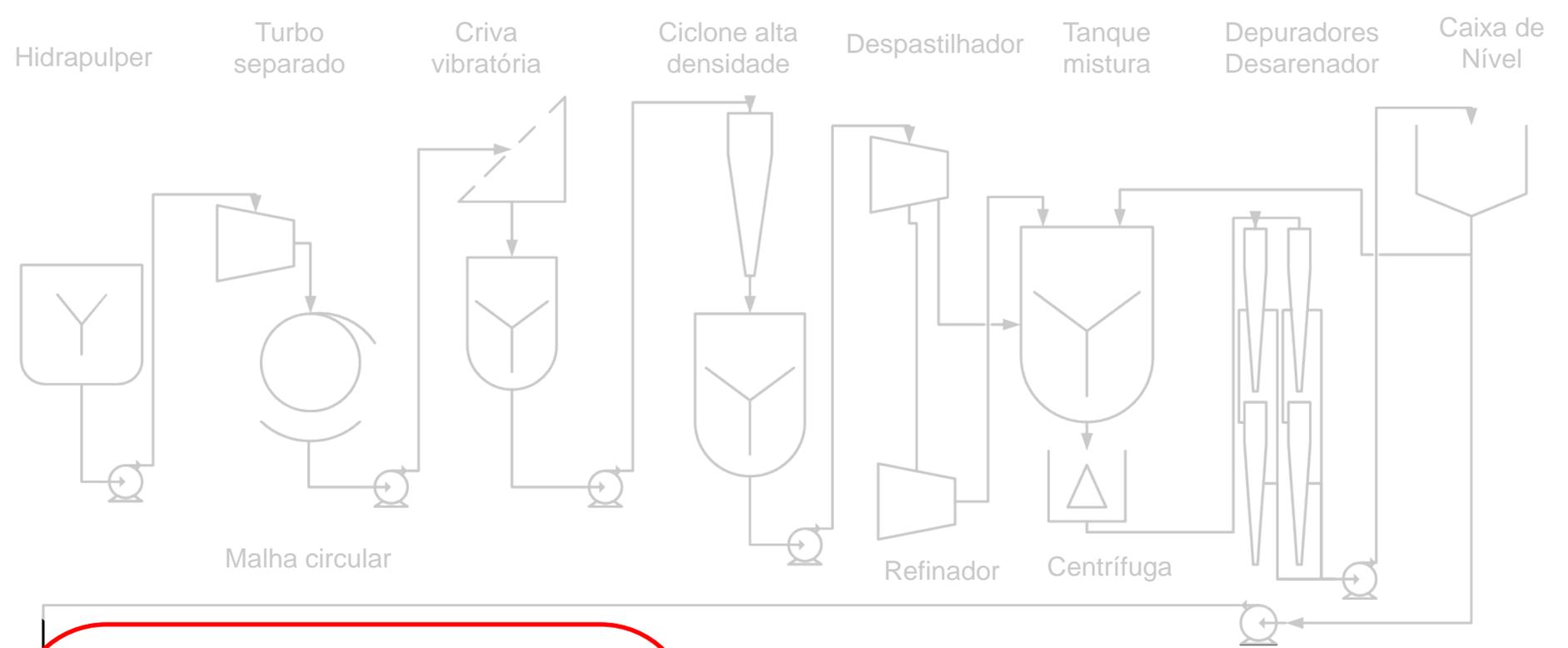
Centrífuga



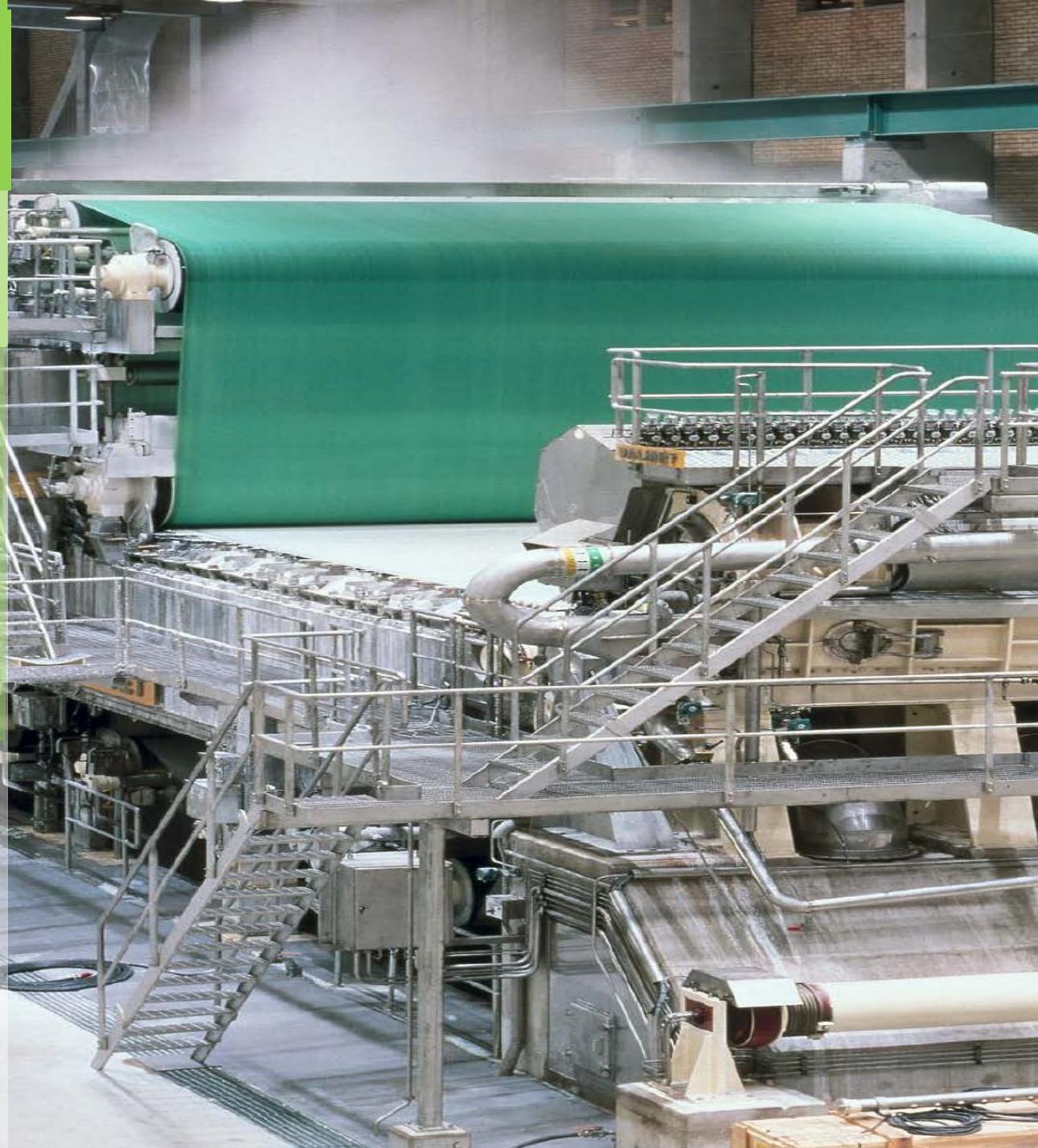
Ciclones de areia

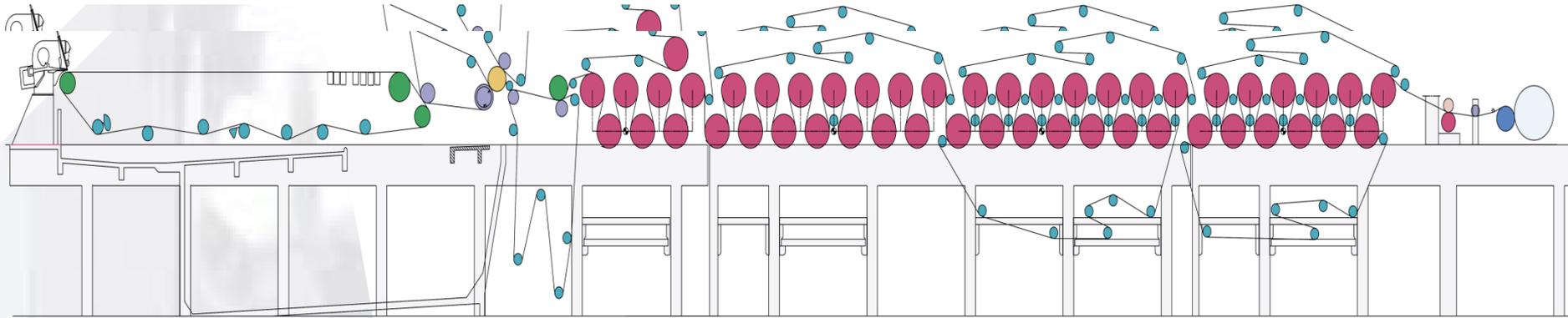
Para Caixa de nível ou cabeça de máquina



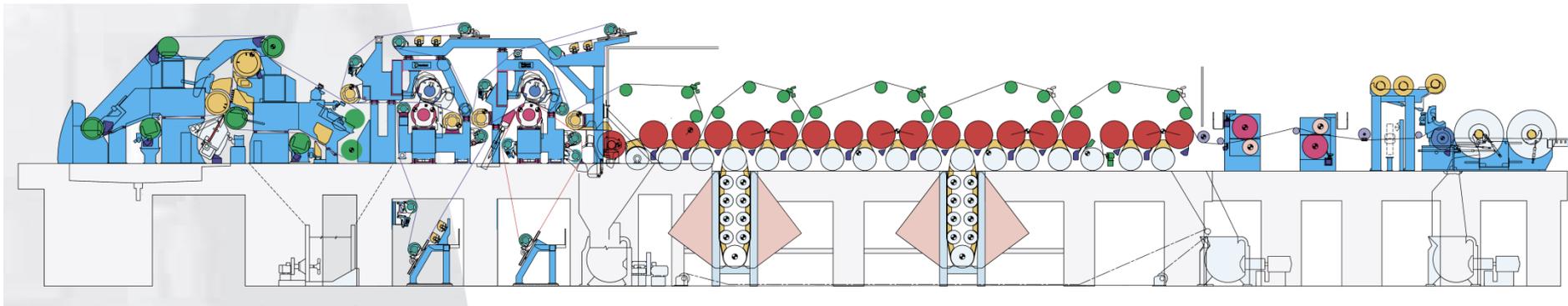


Máquina Fourdrinier





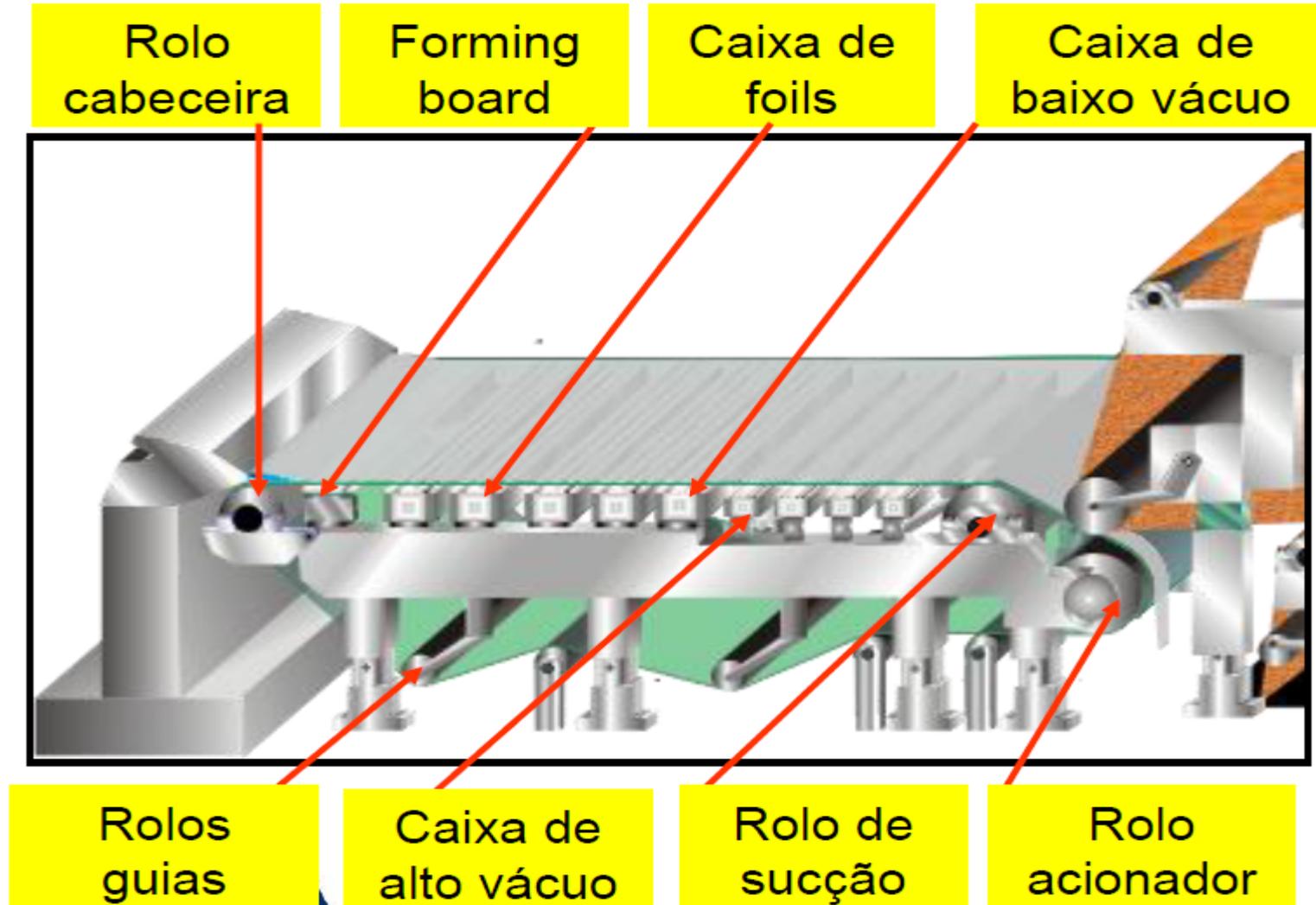
570 T/dia, 72 g/m², 1000 m/min



1020 T/dia, 45 g/m², 2150 m/min



Visão geral da mesa formadora de papel



Caixas de Entrada

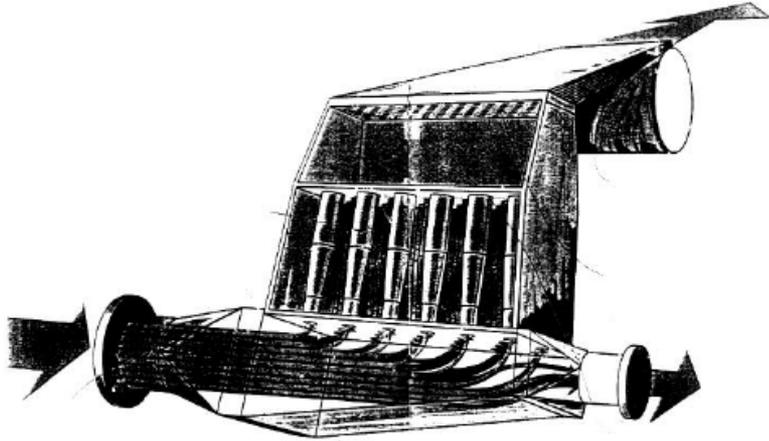
Função: Permitir um jato homogêneo e estável em toda largura da máquina e desflocular a pasta ou massa de fibras.

Sem variações de velocidade do jato e sem variações de consistência e perfil

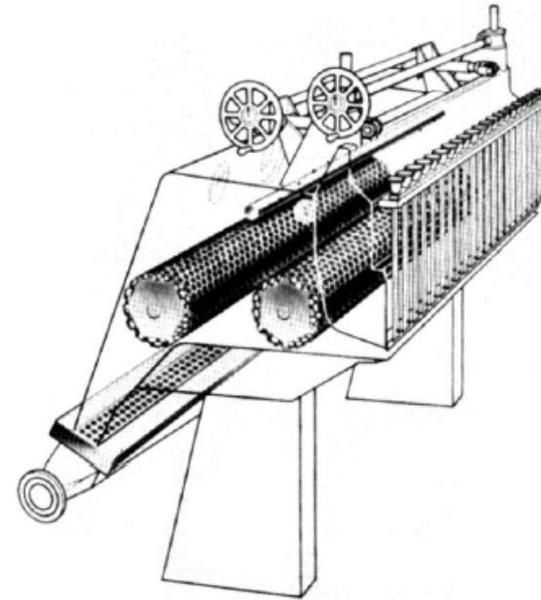
Jato/Mesa <1 (ideal)



Tipos de Caixas de Entrada



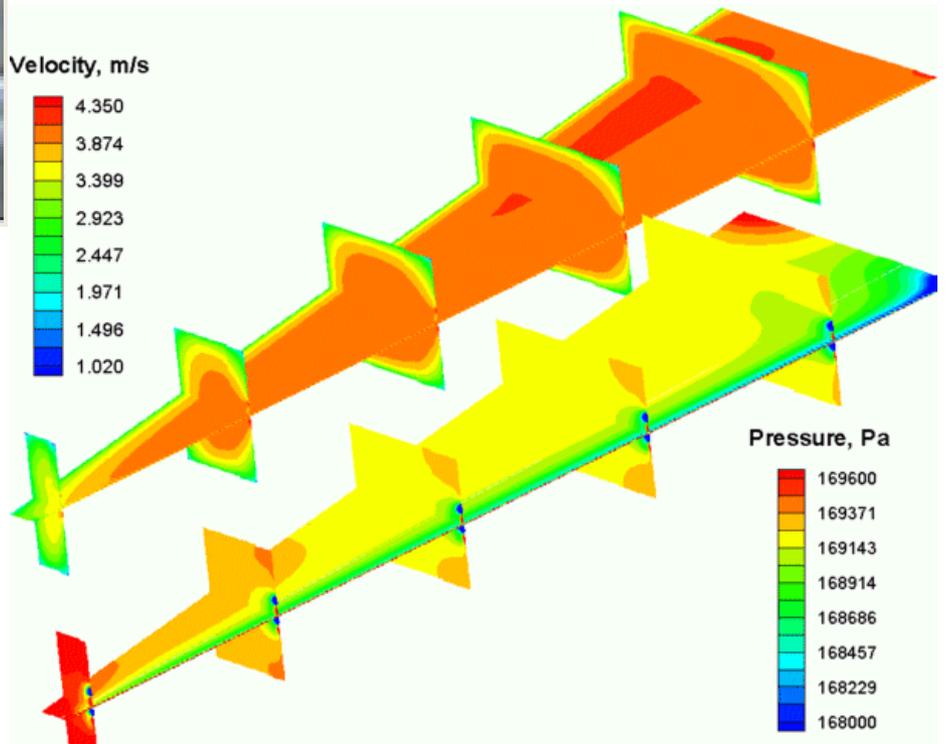
Hidráulica ou de alta turbulência
Médias a altas velocidades
Possuem elementos estacionários
Velocidade > 500 m/min



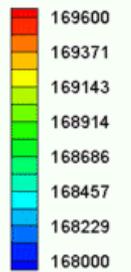
Abertas – baixas velocidades
Pressurizadas – médias velocidades
Possuem elementos rotativos
Velocidade < 500 m/min



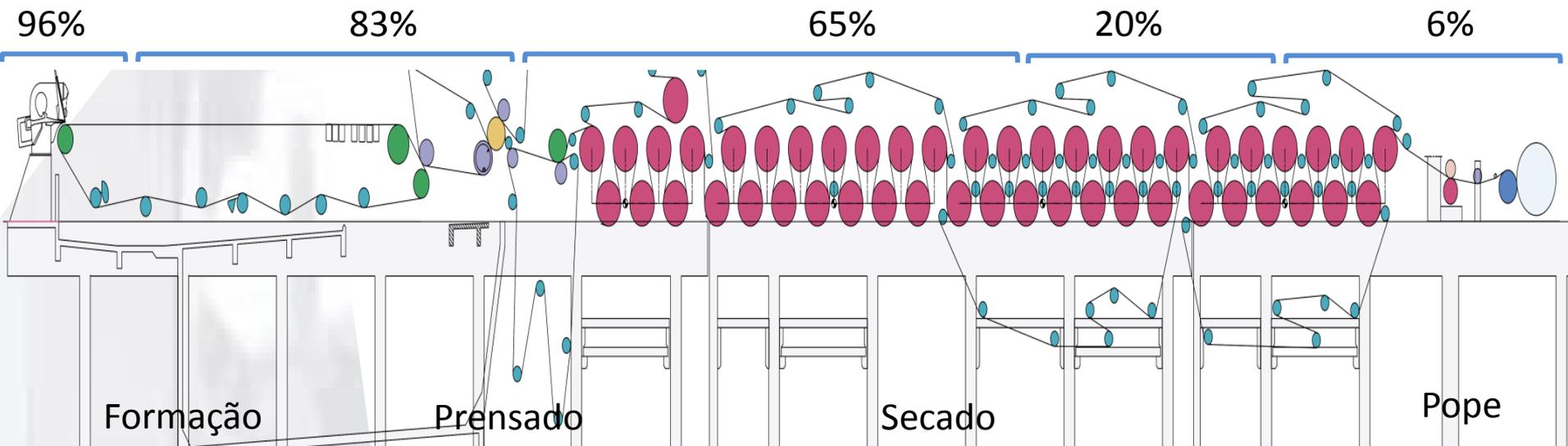
Velocity, m/s



Pressure, Pa



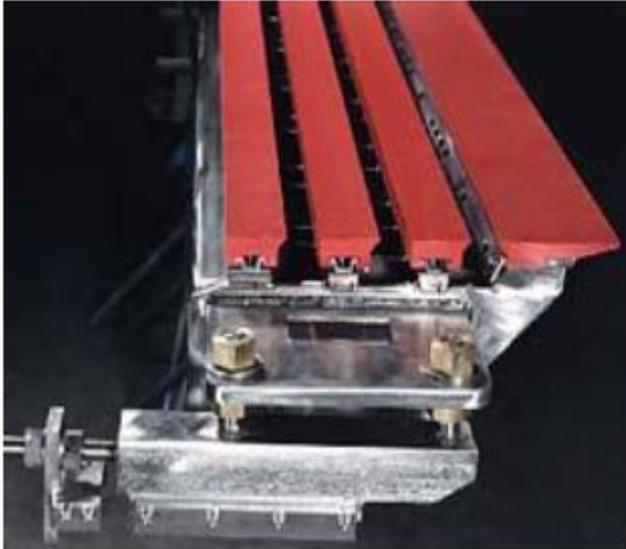
Porcentagem de água durante a formação de papel



Tela formadora de papel



Forming board – Função

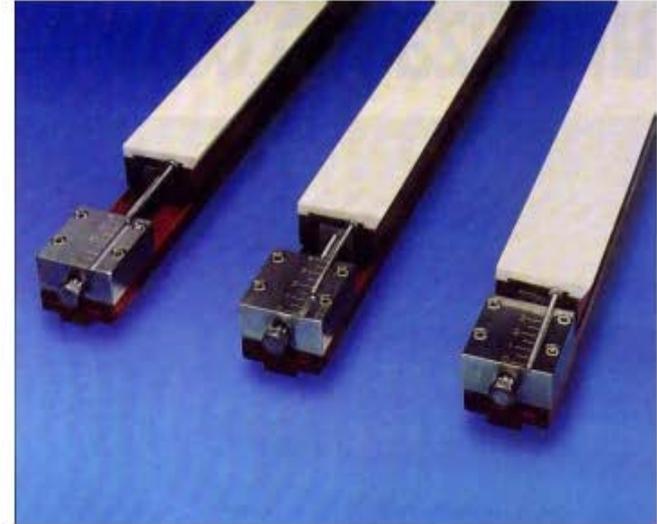
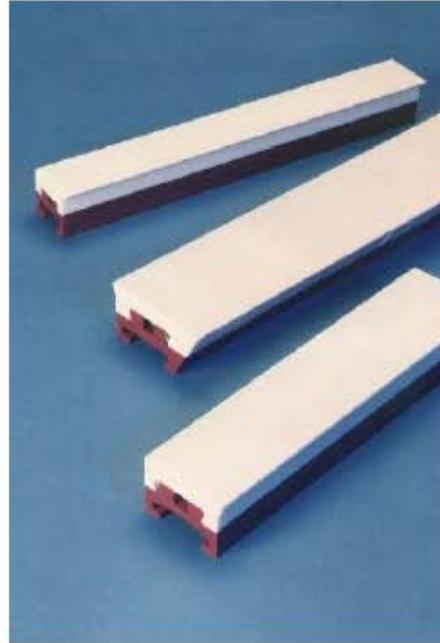
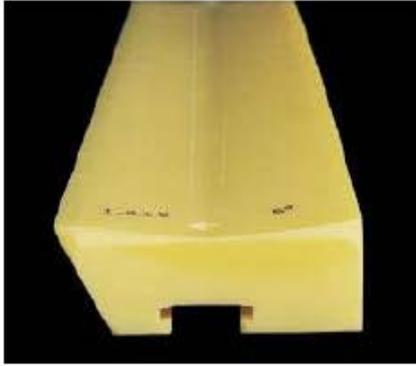


- ✓ Evitar drenagem instantânea
- ✓ Sustentar a tela para receber o jato
- ✓ Retirar parte do ar arrastado com a tela

Caixas hidrofóis – Vácuo por gravidade



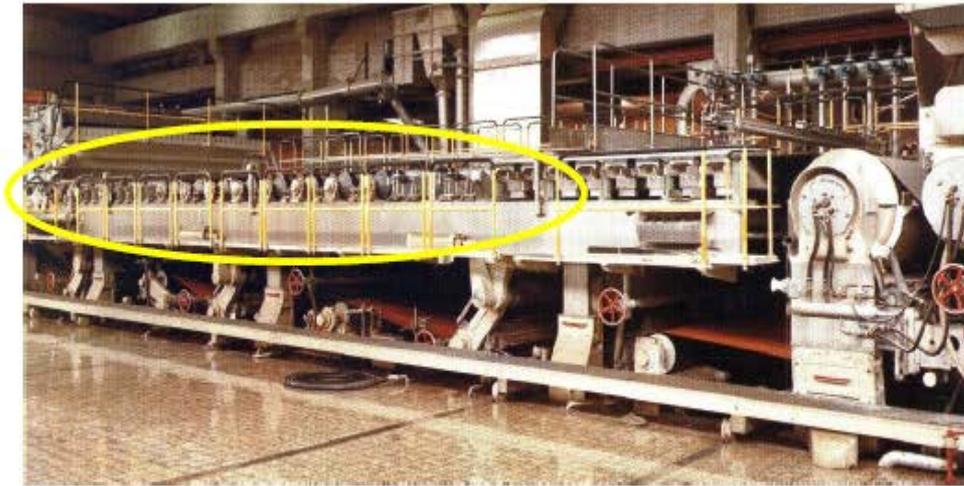
Réguas de foils – Polietileno ou cerâmica



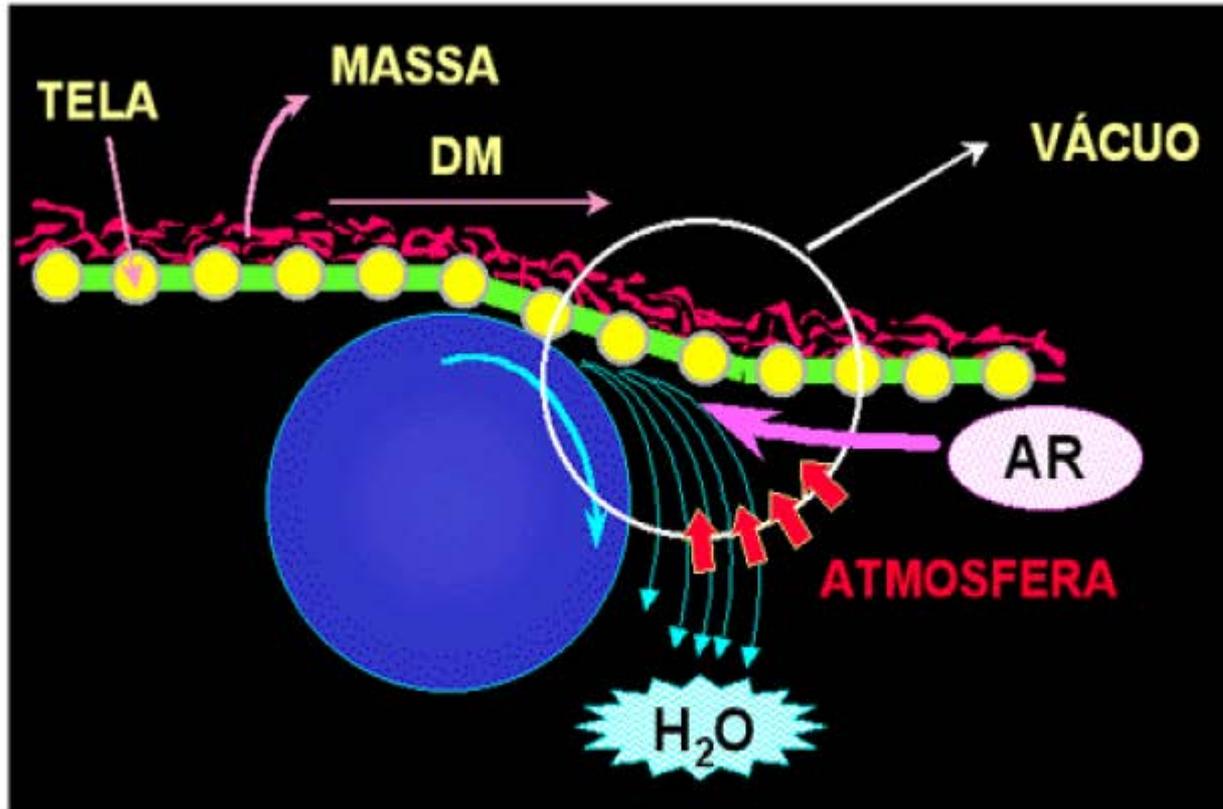
Polietileno – desgasta mais

Cerâmica – desgasta menos

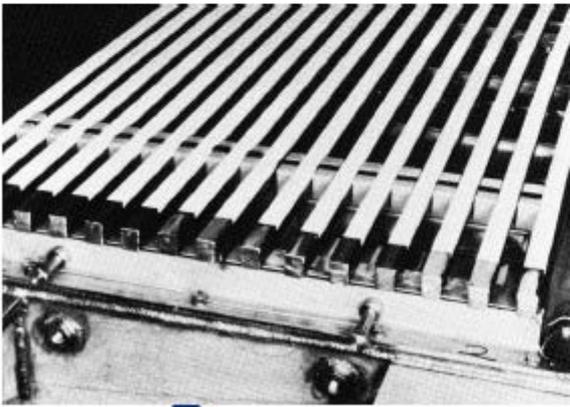
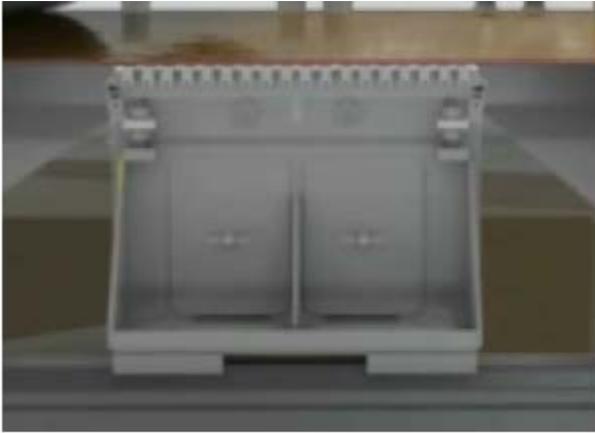
Rolinhos desaguadores (velocidades < 150 min)



Rolinhos desaguadores – Princípio



Caixas de vácuo



**2 a 3 mca –
Com bombas de vácuo**

Rolo de sucção



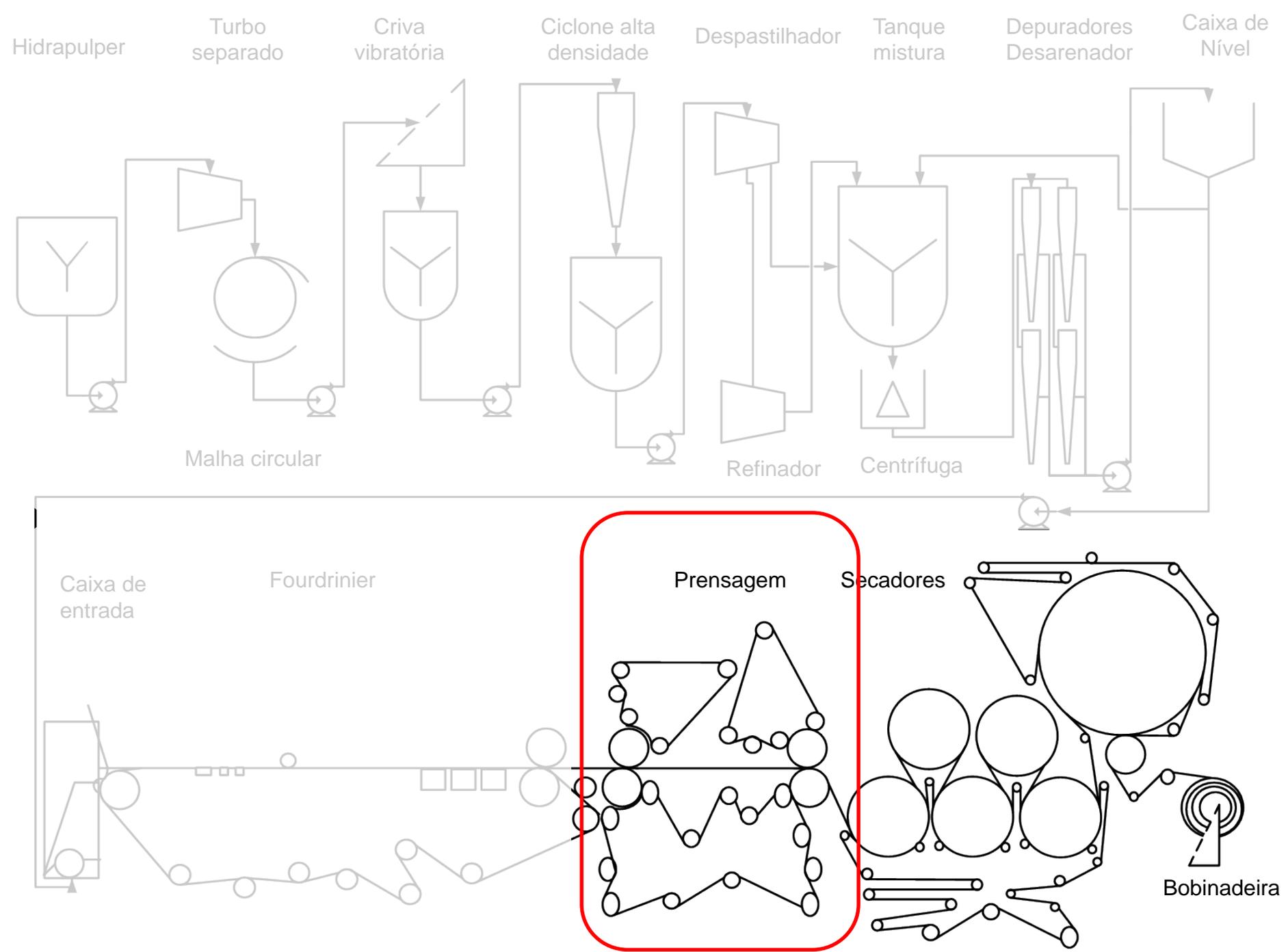
**6 a 8 mca –
Com bombas de vácuo**

Irregularidades vindas de preparação da polpa

- ✓ Pulsações
- ✓ Ar
- ✓ Espuma
- ✓ Variação de consistência
- ✓ Fibras floculadas
- ✓ Redemoinhos

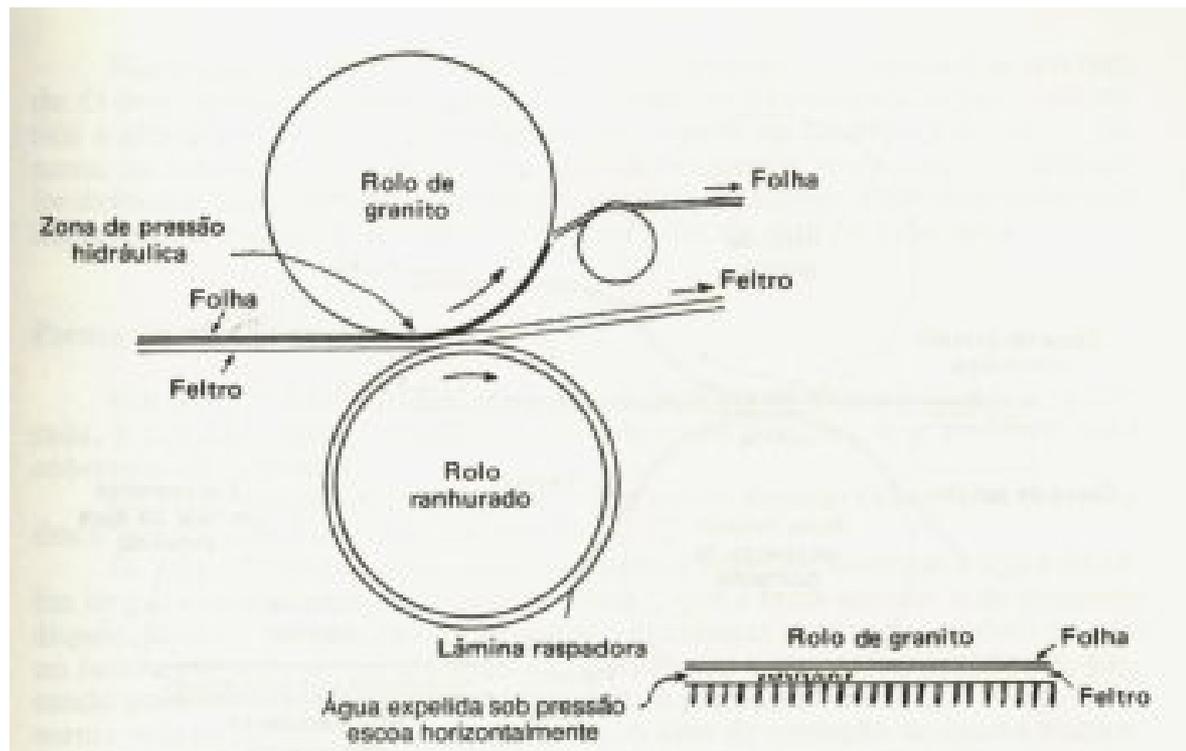
Fatores que influenciam na formação, retenção e drenagem

- ✓ Tipo de fibra
- ✓ Ângulo de incidência do Jato
- ✓ Relação velocidade de jato/velocidade tela
- ✓ Refinação ($^{\circ}$ SR)
- ✓ Consistência na caixa de entrada (0,5 – 0,8 %, p/v)
- ✓ Grau de dispersão das fibras
- ✓ Tipo de tela formadora





Prensagem



- Início: 80 a 85 % de água \Rightarrow retirar parte da água
- É formado por 2 rolos cilíndricos
- Inferior \Rightarrow borracha ou ebonite
- Superior \Rightarrow granito (material mais duro)
- Feltro \Rightarrow Extrai água por absorção
- Término: 60 a 65 % de água



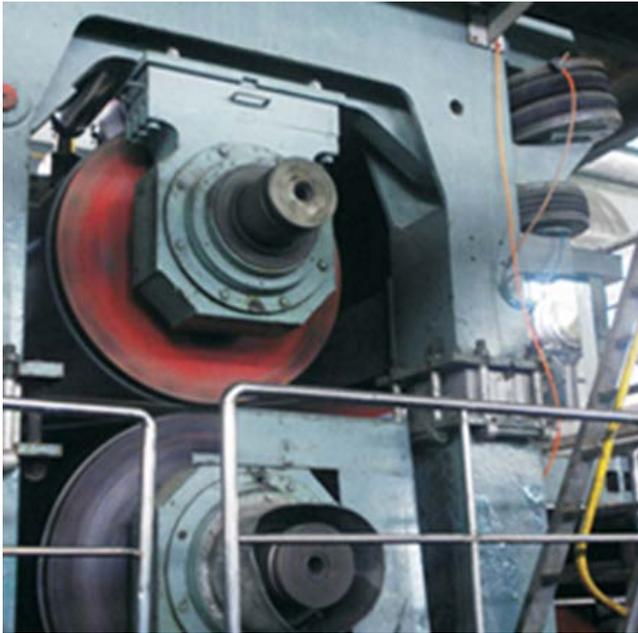
O principal objetivo do prensado é continuar a remoção de água da polpa de fibras e lisar a superfície (fieltro)

Kraft Paper.

Pressão: $>40\text{kg/cm}^2$

Rolo: $> 450\text{mm}$.





Pressão : >350kg/cm

Rolo: 1200mm a 1500mm

Funciona: pneumático ou hidráulico

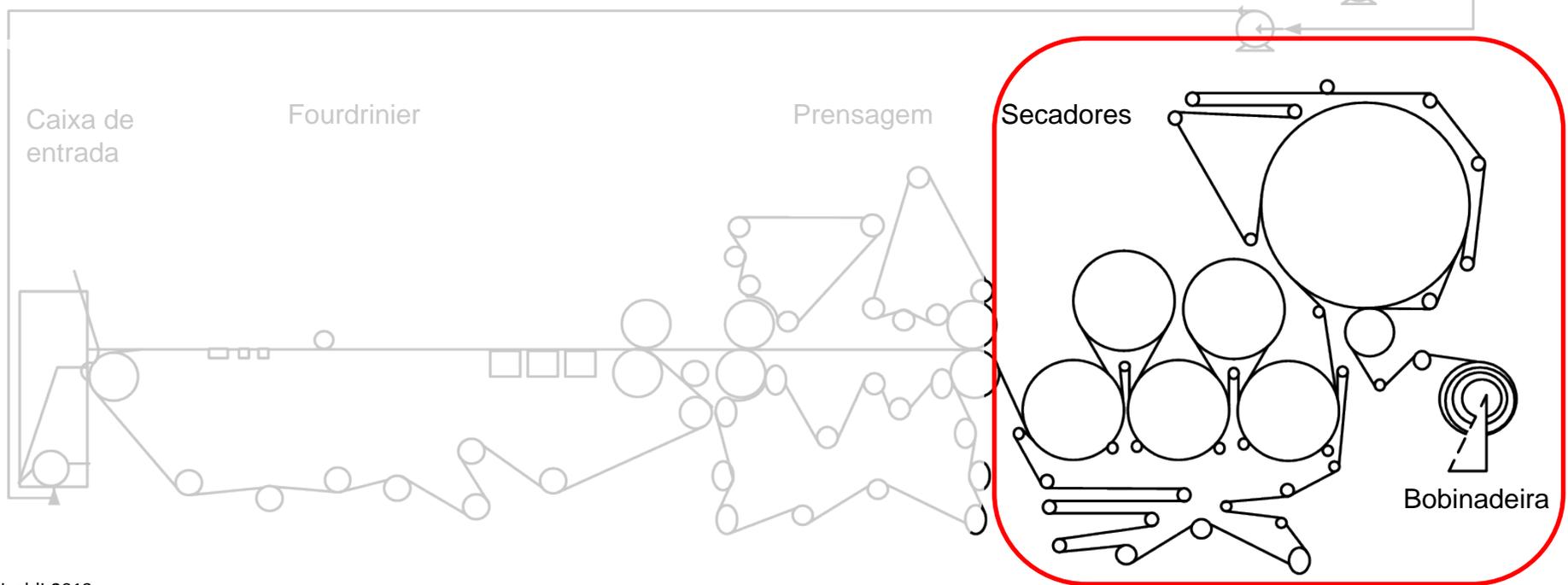
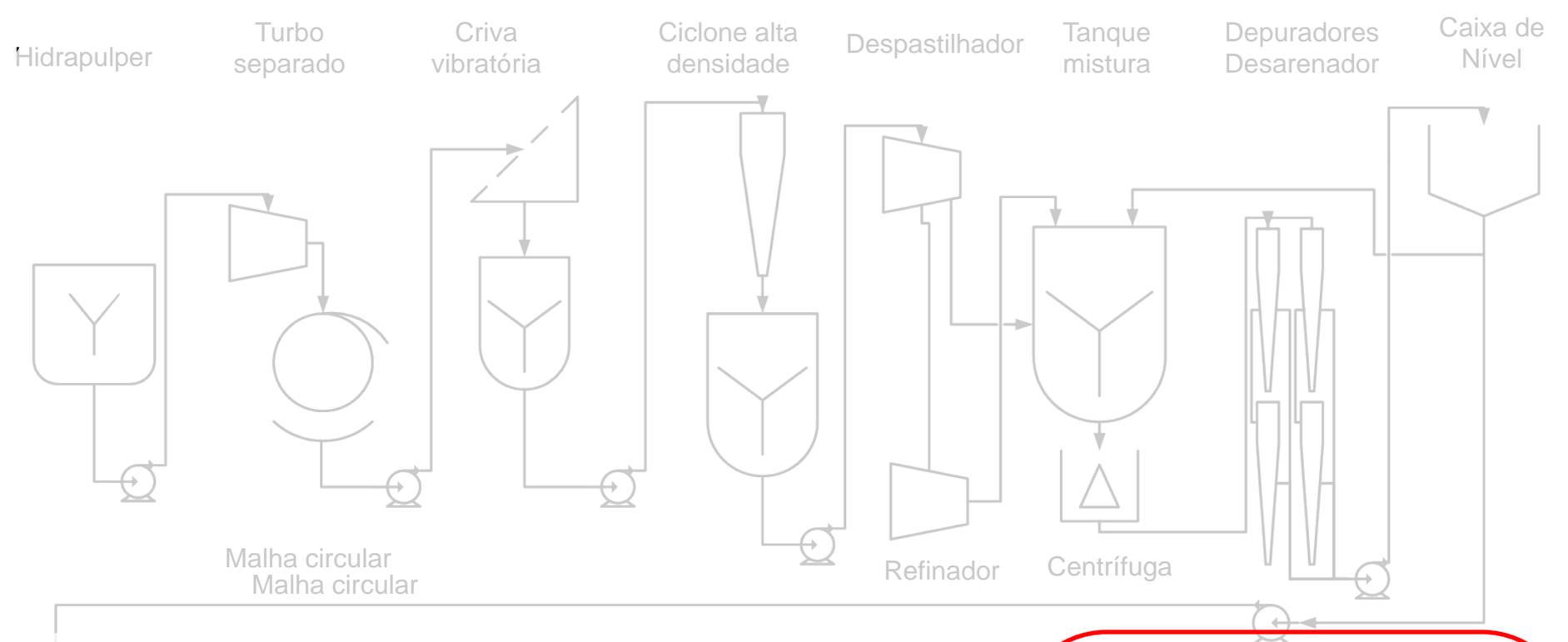
Máxima eficiência de drenagem sem afetar as propriedades da folha

Melhora resistência da folha, eficiência da máquina e nível de secagem.

Aumento de produção de 18%

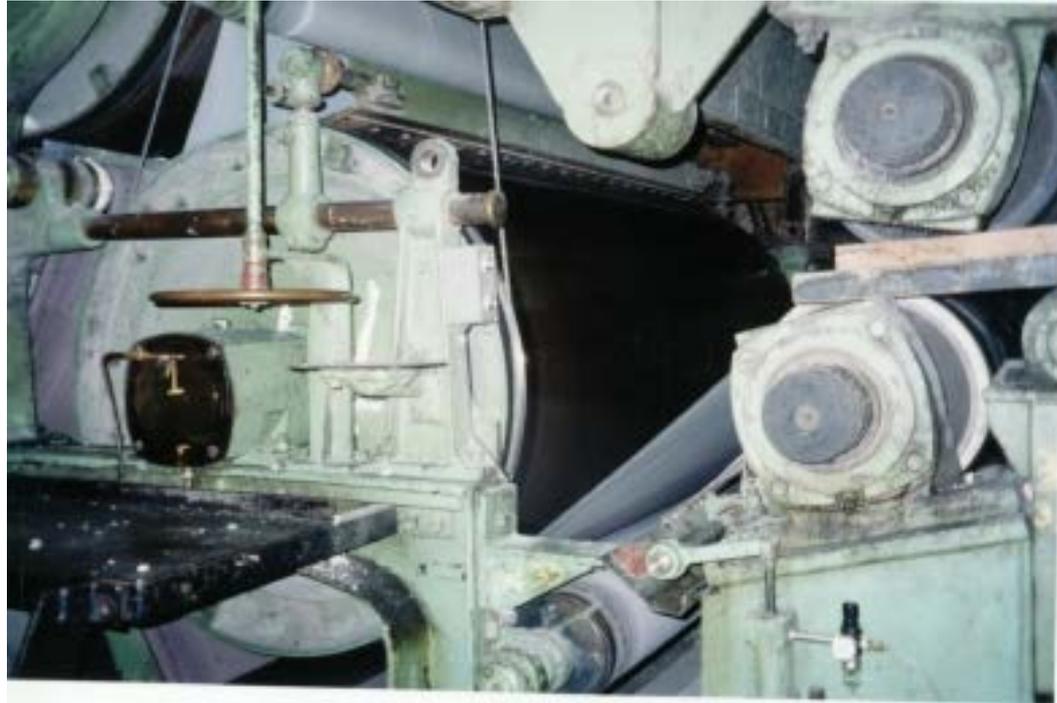
Redução de vapor



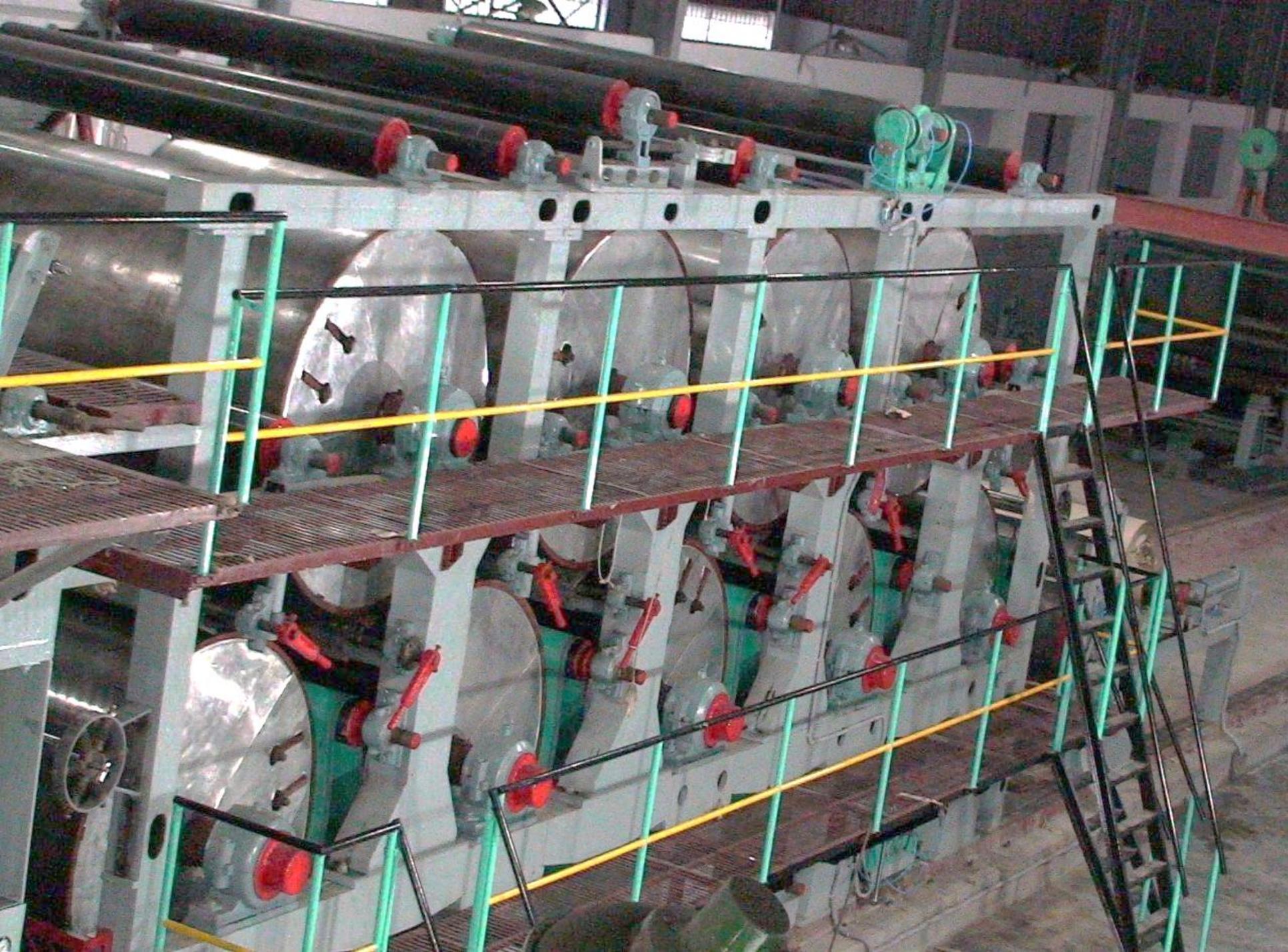


O custo de geração de vapor utilizado para a secagem da folha é extremamente alto.

Secadores



A secagem é feita sobre cilindros aquecidos a vapor que ficam em contato íntimo com a folha. O processo de secagem é feito em quatro estágios:



Estágios de Secagem

Primeiro:

- Há aquecimento da folha
- Curta duração
- Quase não há evaporação

Segundo:

- Há o contato da folha entre a superfície quente do secador e o feltro
- A folha aquece
- Estabelecimento de uma diferença de temperatura entre as duas superfícies
- A transferência de calor é feita por condução
- A água da folha começa a vaporizar e o vapor entra em contato com as regiões mais frias e condensa

Estágios de Secagem

Terceiro:

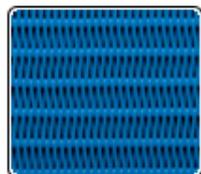
- O feltro deixa de envolver a folha e o vapor é liberado
- A velocidade de evaporação diminui

Quarto:

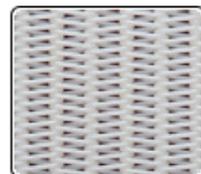
- A folha se destaca da superfície
- Há decréscimo brusco da evaporação



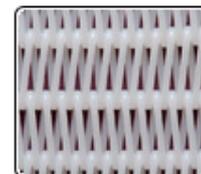
☑ Telas Secadoras



Tela Secadora Espiral
(Poliflex 800 - Teflonada)



Tela Secadora Espiral
(Poliflex 1000)



Tela Secadora Espiral
(Poliflex 1200)



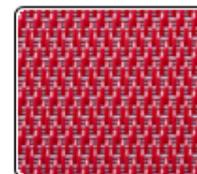
Tela Secadora Tecida
(Politec 450)



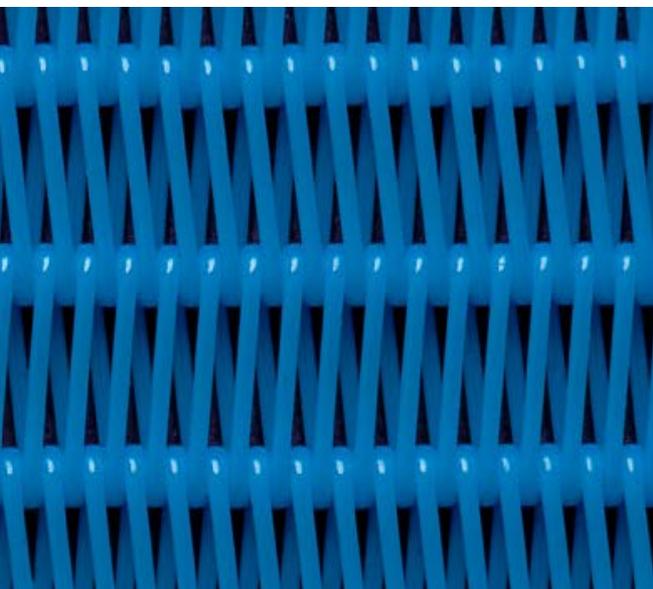
Tela Secadora Tecida
(Politec 550 - com fio anti hidrólise)



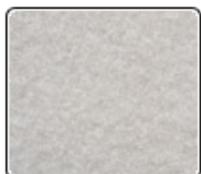
Tela Secadora Tecida
(Politec 450)



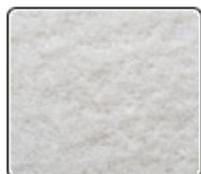
Tela Secadora Tecida
(Politec 550)



☑ Feltros



Feltro Umido Agulhado
Polipress III
(3 lajes, sem tratamento)



Feltro Umido agulhado
Polipress I
(1 laje, sem tratamento)

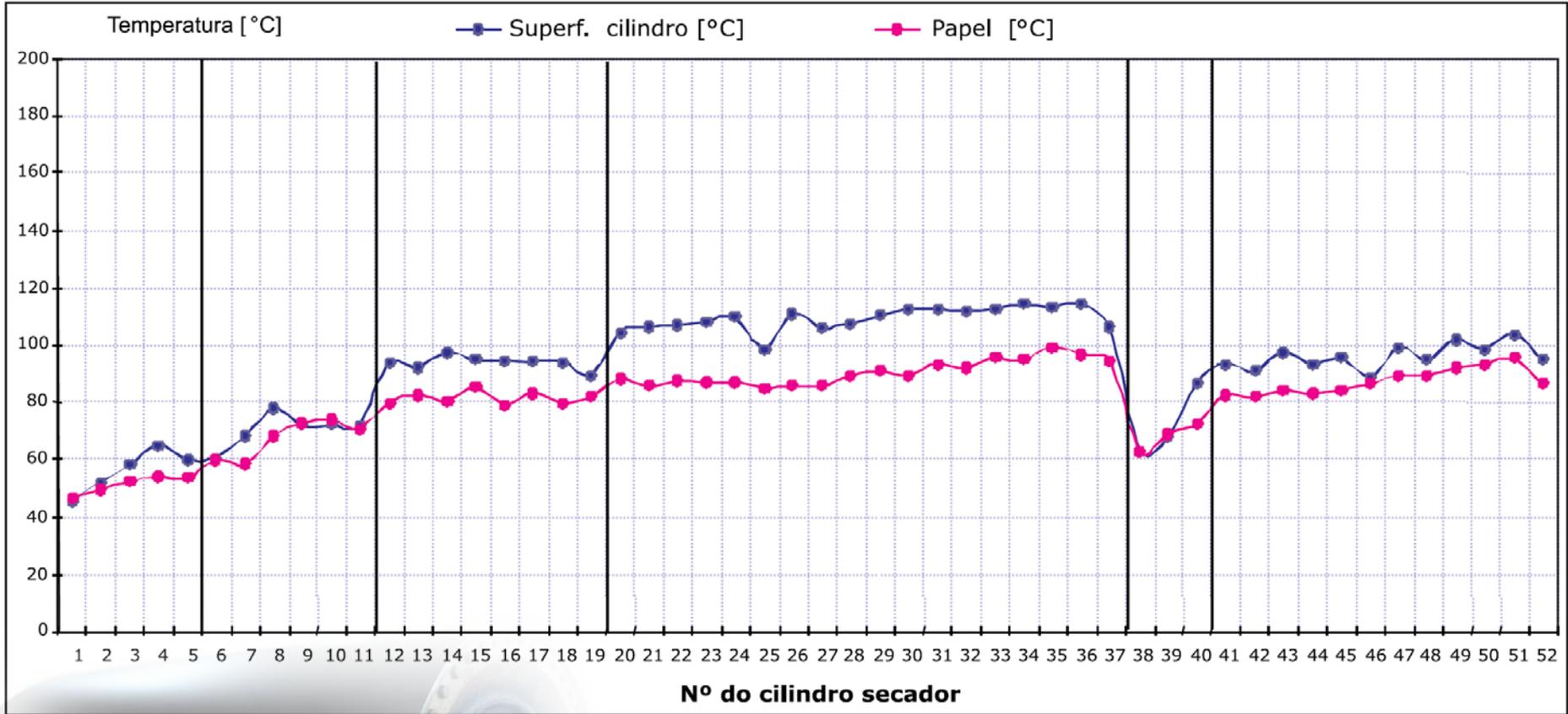


Feltro Umido agulhado
Polipress III
(3 lajes com tratamento)



Feltro umido agulhado
Polipress I
(2 lajes, com tratamento)

Gráfico 2 - Perfil de temperatura dos cilindros secadores e papel

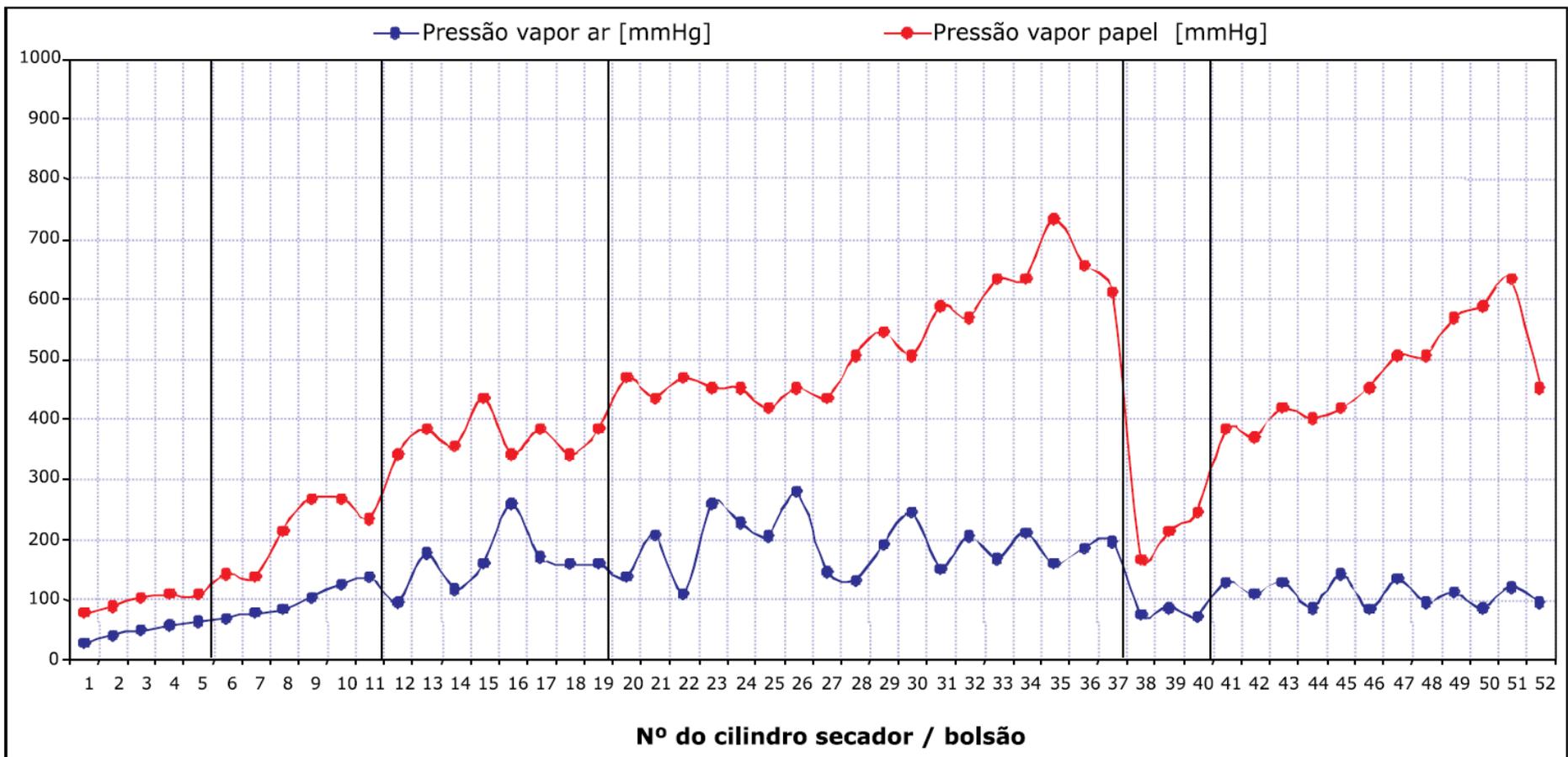


Temperatura média: ==>

Superfície do cilindro: 92,0

Papel: 80,6

Gráfico 5 - Pressão de vapor do papel e pressão de vapor do ar



Valor médio: ==>

Pressão de vapor do ar: 135,9

Pressão de vapor do papel: 395,7

Força secagem: $P_v \text{ papel} - P_v \text{ ar}$ (bolsões)

Quanto maior a diferença entre $P_v \text{ papel}$ e $P_v \text{ ar}$, maior a facilidade de remoção de água da folha.



Secador Yankee

Fase de secagem: > 4800 mm
Diâmetro : > 5490 mm
Velocidade: > 600 m/min
Prensagem: liner, espelhado

Tabela 2 - Desempenho da seção de secagem

| DESEMPENHO DA SEÇÃO DE SECAGEM | | PRÉ - SECAGEM | PÓS - SECAGEM | RECOMENDADO |
|--|---|---------------|---------------|----------------------|
| Capacidade de secagem | Kg água / h m ² superfície secador :=> | 30,52 | 14,11 | Gráfico Tappi anexo |
| | lb água / h ft ² superfície secador :=> | 6,24 | 2,88 | |
| "U" (Coef. de transferência de calor) | BTU / ft ² x h x °F sem insufladores :=> | 85,68 | 68,80 | 45 - 50 |
| | com insufladores (-10%) :=> | 77,11 | 61,92 | |
| Consumo de vapor (teórico) (kg vapor / kg água evaporada) | Sem insufladores :=> | 1,29 | 1,25 | Sem referência |
| | Ponderado sem insufladores :=> | 1,29 | | |
| | Com insufladores :=> | 1,16 | 1,13 | |
| | Ponderado com insufladores :=> | 1,16 | | |
| Consumo de vapor real | kg vapor / kg água evaporada :=> | | 1,45 | Geralmente eficiente |
| | kg vapor / kg papel :=> | | 1,60 | 1,8 - 2,1 |

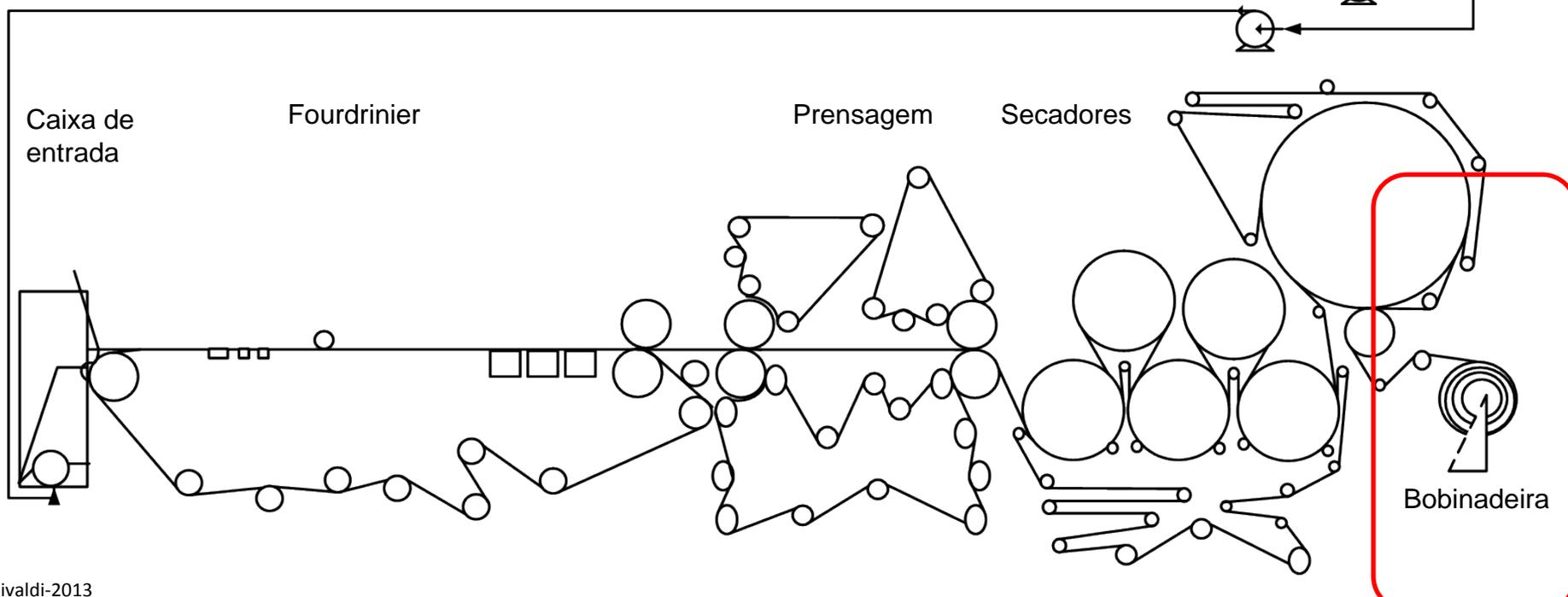
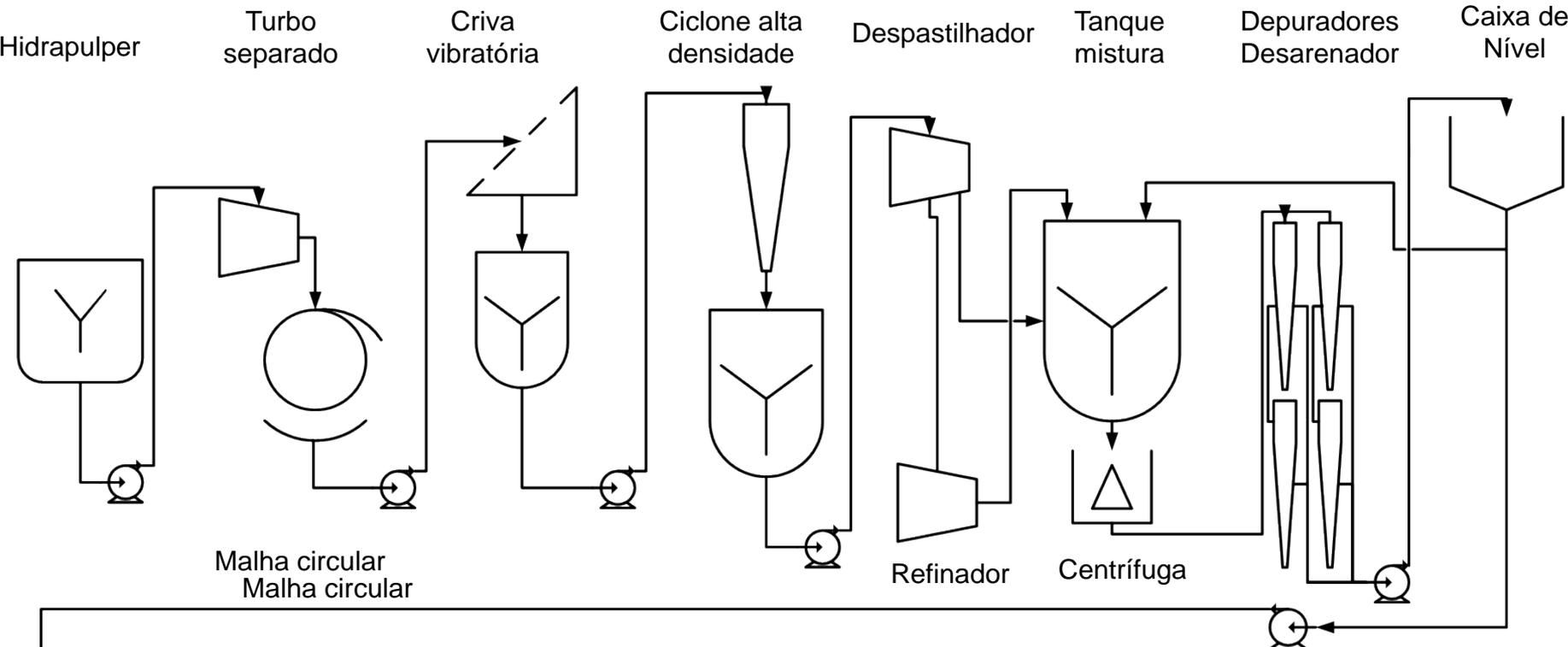
VALORES REFERENCIAIS DE CONSUMO DE VAPOR (kg vapor / kg água evaporada)

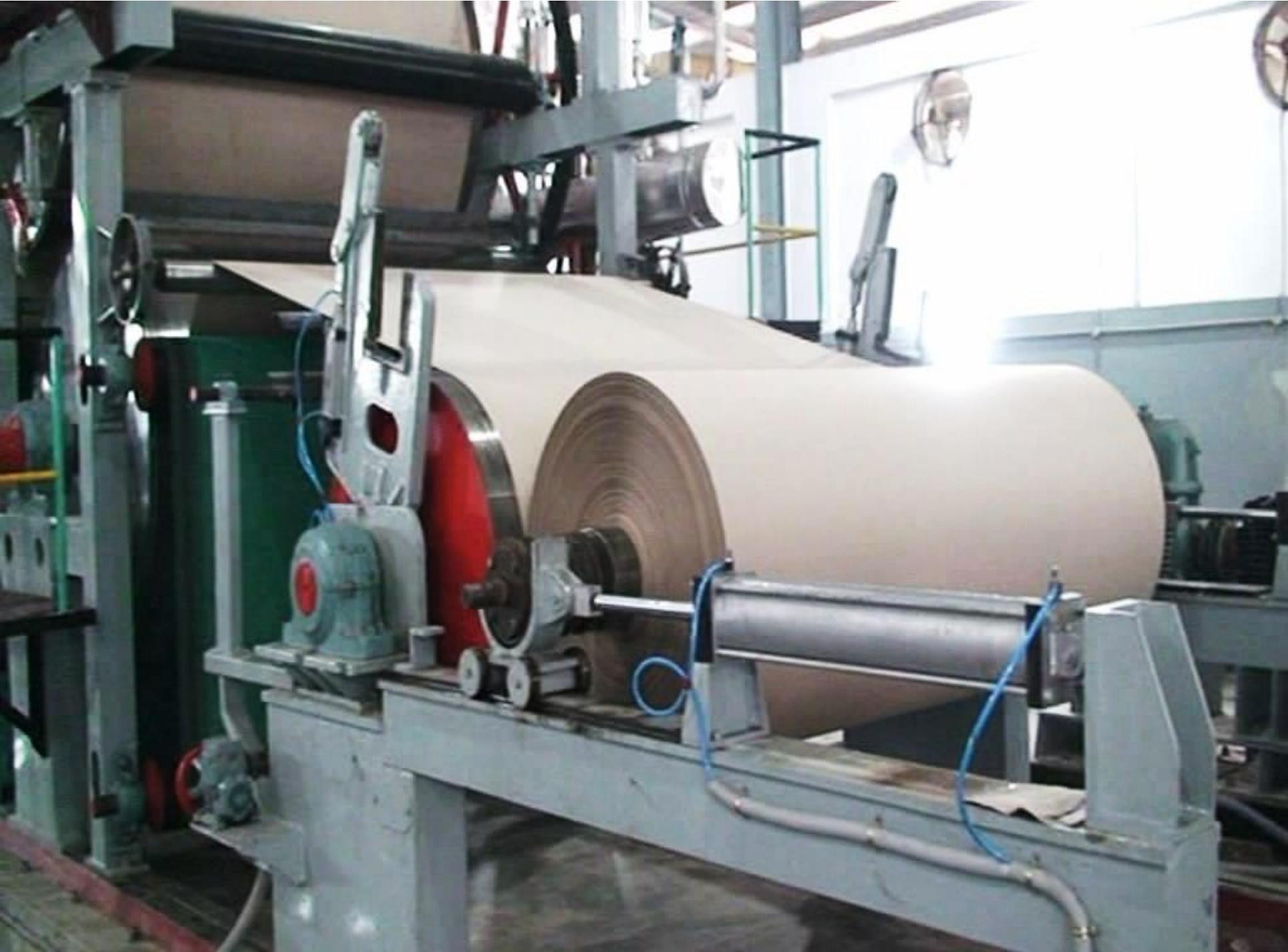
Valores abaixo de 1,4 Muito eficiente

Entre 1,4 e 1,6 Geralmente eficiente

Entre 1,6 e 2,0 Requer melhorias

Valores acima de 2,0 Requer atenção urgente





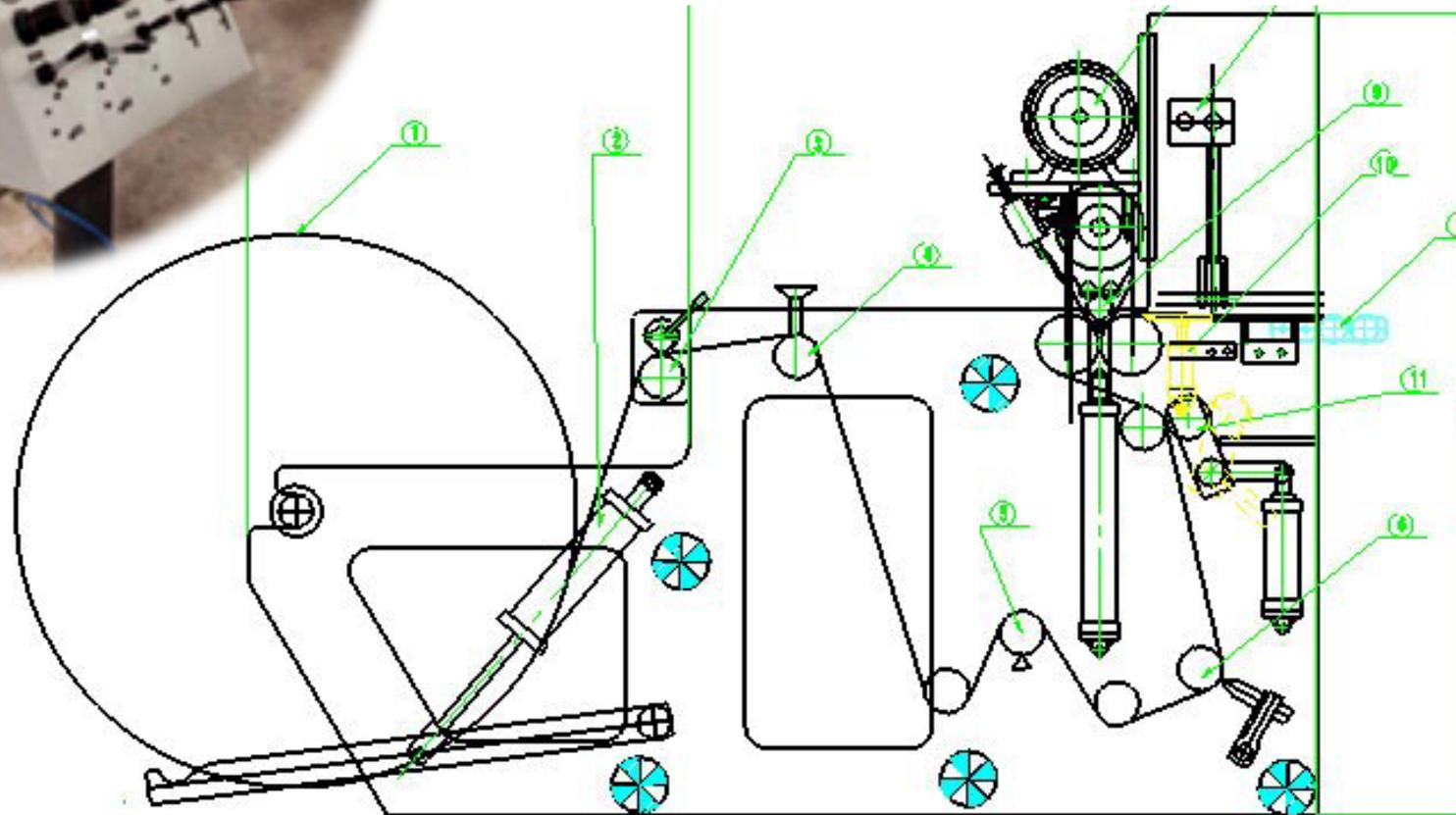


Rebobinadeira





Gramatura do papel: 40 a 800 g/m²
Velocidade > 2000 m/min
Diâmetro canudo: até 300 Mm
Operação pneumática ou hidráulica



Conclusão



VIDEO

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

EARL LIBBY, C. Ciencia y Tecnologia sobre Pulpa y Papel – Tomo II: Papel. Editora Continental. 1980, p.514.

Apresentação - Formação da Folha – III Seminário de Papel e Celulose –SENAI

Disponível em:

[http://www.pr.senai.br/uploadAddress/Prensagem da Folha de Papel\[28909\].pdf](http://www.pr.senai.br/uploadAddress/Prensagem da Folha de Papel[28909].pdf)

[http://www.pr.senai.br/uploadAddress/Formacao da %20folha\[28905\].pdf](http://www.pr.senai.br/uploadAddress/Formacao da %20folha[28905].pdf)

Acessado em : maio 2013

Botto et al. 2008 . Papel e Celulose – Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose. Disponível em:

http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/papel.pdf

Acessado em : maio 2013

Bicudo , T.L.C. Secagem. Avaliações na área de secagem e sua influência na qualidade do papel. Revista O Papel. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP).

Dezembro de 2008. Disponível em:

<http://www.abtcp.org.br/arquivos/File/REPORTAGEM%20CAPA%20ART%206.pdf>

Acessado em : maio 2013

CONJUNTURA BRACELPA – Publicação mensal da ABCP- Abril 2013. Disponível em:

<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/conjuntura/CB-053b.pdf>

Acessado em : maio 2013