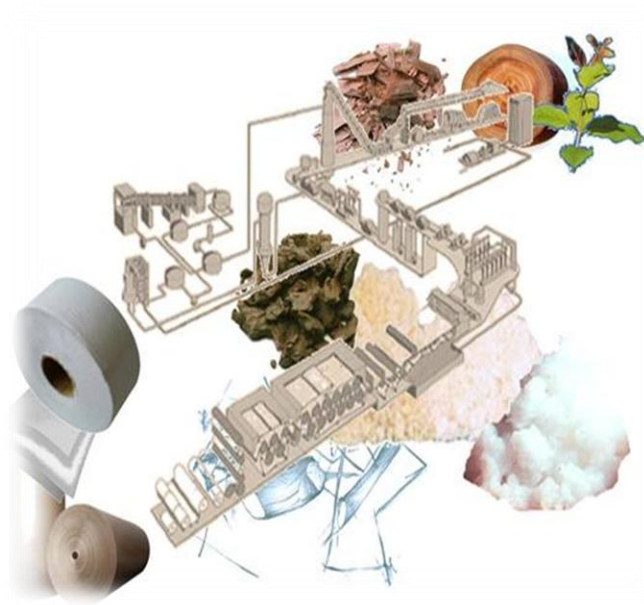


CURSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL **com ênfase em papéis especiais**



ORGANIZADOR E INSTRUTOR:
Edison da Silva Campos

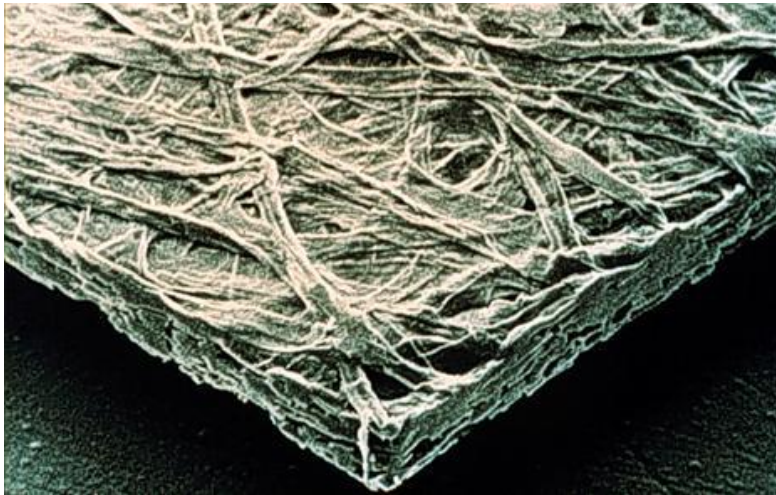
Osasco, SP
08 a 12/12/2008

0. Introdução

Mas, afinal, o que é PAPEL?

O papel é um afeltrado de fibras unidas tanto fisicamente (por estarem entrelaçadas a modo de malha) como quimicamente (por pontes de hidrogênio).

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.



Primeiras máquinas de papel



FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

ALGUMAS VARIÁVEIS IMPORTANTES DO PROCESSO

Variável:	pH
Unidade de medida:	pH
Descrição:	É o potencial hidrogeniônico, ou seja, a concentração dos íons de hidrogênio do meio.
Comentário:	Sua faixa de medida é de 0 a 14, sendo o número 7 considerado como neutro; abaixo deste número é considerado ácido e acima, alcalino.
Exemplo:	pH da Celulose x Refinação: <ol style="list-style-type: none">1) pH menor que 6,0 a fibra tem tendência a ficar rígida causando maior consumo de energia para um mesmo °SR.2) pH maior que 8,0 a fibra tem tendência a amolecer em excesso consumindo menos energia.

Variável:	Consistência/concentração ou teor de secos
Unidade de medida:	% e g/l
Descrição:	Quantidade de massa absolutamente seca por volume de solução.
Comentário:	Uma amostra com 4,5 % de consistência significa que num peso total de 100 g, 4,5 g são considerados sólidos e os 95,5 g restantes serão considerados como líquido. Se a amostra estivesse com concentração de 12 g/l, significa que num volume total de 1 litro, 12 g são considerados sólidos.
Exemplo 1:	Consistência de Refinação: <ol style="list-style-type: none"> 1) Consistência ideal: 4 a 5%; 2) Consistência menor que 4,0% ocasiona aumento de corte nas fibras gerando uma maior quantidade de finos; 3) Consistência maior que 5,0% causa dificuldade de bombeamento.
Exemplo 2:	Consistência da caixa de entrada de uma máquina de papel: <ol style="list-style-type: none"> 1) Consistência de trabalho de 0,8 a 1,2%; 2) Quanto menor a consistência, melhor a formação da folha de papel devido a uma melhor distribuição de fibras; 3) Quanto maior a consistência, pior a formação da folha e maior o teor seco na saída da mesa plana e, conseqüentemente, menor o valor de passe da 3ª para 4ª prensa.

Variável:

Grau de refino

Unidade de medida:

°SR (Grau Schopper Riegler) ou °CSF

Descrição:

É a determinação da resistência à drenabilidade de uma suspensão aquosa de pasta química de madeira.

Comentário:

Quanto maior for o °SR, mais refinada está a massa, resultando em dificuldade de drenagem na mesa plana, mas, ao mesmo tempo em maior resistência física da folha formada; quanto menor for o °SR, menos refinada está amostra, facilitando o processo de drenagem.

Exemplo:

O grau de refino de papéis para I&E, após os refinadores, está em torno de 35 °SR.

Variável:	Retenção de primeira passagem
Unidade de medida:	%
Descrição:	Quantidade de material seco (fibra e carga) retido na folha obtida através da diferença da consistência, em porcentagem, da caixa de entrada e da calha (água branca) ou do tanque de água branca dividida pela consistência da caixa de entrada.
Comentário:	Há dois tipos de retenção: a mecânica e a química.
Exemplo:	Um valor de retenção igual a 85 % seria obtido se a consistência da caixa de entrada fosse 1 % (10 g/litro) e a consistência da água branca, 0,15 % (1,5 g/litro). Portanto, a retenção de primeira passagem: $(1 - 0,15) * 100\% / 1$ ou $(10 \text{ g/l} - 1,5 \text{ g/l}) * 100 / 10 \text{ g/l}$

Variável:	Massa específica
Unidade de medida:	g/cm^3
Descrição:	Exprime a massa em quantidade de matéria de uma substância contida na unidade de seu volume.
Comentário:	É importante saber diferenciar concentração em gramas por litro de concentração em porcentagem, pois a primeira leva em conta a densidade da solução.
Exemplo:	A solução de cloreto de sódio aplicada numa “speed sizer” tem cerca de 15 % de concentração, o que representa ± 175 g/litro, pois a densidade da solução é de aproximadamente 1,17 g/ml ou 1,17 kg/litro.

Variável:	Gramatura
Unidade de medida:	g/m^2
Descrição:	É a massa por unidade de área do papel ou cartão, determinada por método padronizado de ensaio.
Exemplo:	Papel de 75 g/m^2 : significa que ao pegarmos uma folha de 1 metro x 1 metro ($=1 \text{ m}^2$) e a pesarmos, teremos cerca de 75 gramas de papel.

Variável:	Viscosidade (“Copo Ford”)
Unidade de medida:	s
Descrição:	É a resistência a deformação de um fluido submetido à tensão de cisalhamento.
Comentário:	Em outras palavras, é a resistência à movimentação que um líquido ou solução apresentam, quando são agitados com algum tipo de agitador (pode ser uma hélice, bastão, haste, etc.).
Exemplo:	Podem ser comparadas as viscosidades da água, amido de uma “speed sizer” ($\pm 12\%$ sólidos) e amido cozido ($\pm 18\%$ sólidos). A viscosidade do amido a 18% é maior que a do amido da “speed sizer” a 12% que por sua vez, é maior que a da água.

Variável: Teor de Sólidos
Unidade de medida: %
Descrição: É a quantidade de substâncias não voláteis contidas na matéria-prima.

Variável: Temperatura
Unidade de medida: °C, °F, K
Descrição: Nível de calor existente num corpo

Variável: Teor de Sólidos
Unidade de medida: %
Descrição: É a quantidade de substâncias não voláteis contidas na matéria-prima.

Variável: Umidade
Unidade de medida: %
Descrição: É o percentual de água contida no material ou produto.

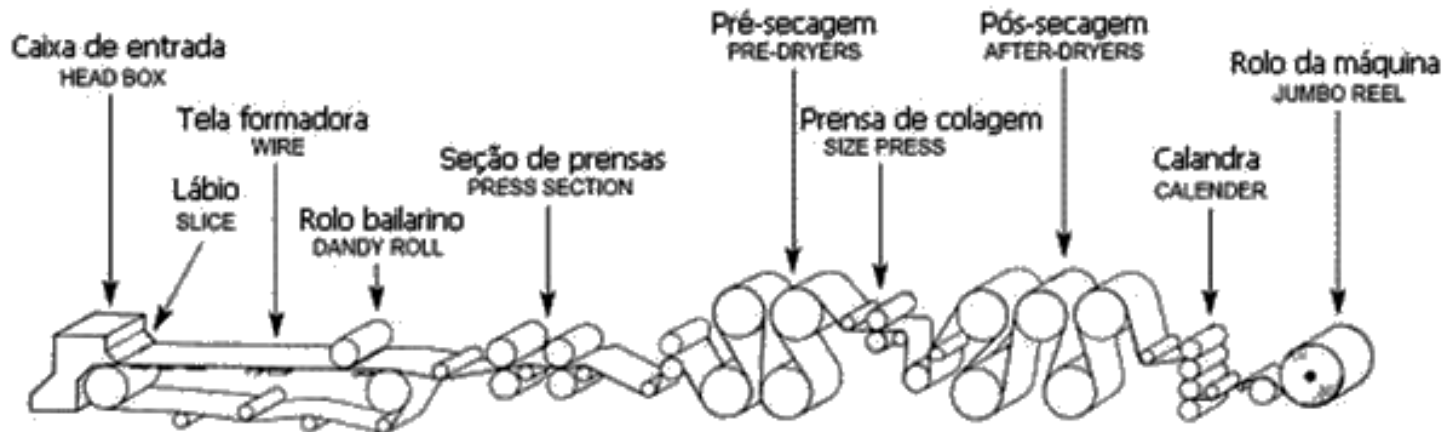
Máquina de papel - seções

A função básica da máquina de papel, que é remover a água da folha, é feita em três setores que operam baseados em diferentes princípios, como segue:

Formação: desaguamento utilizando as características hidrodinâmicas do líquido;

Prensagem: desaguamento por compressão mecânica;

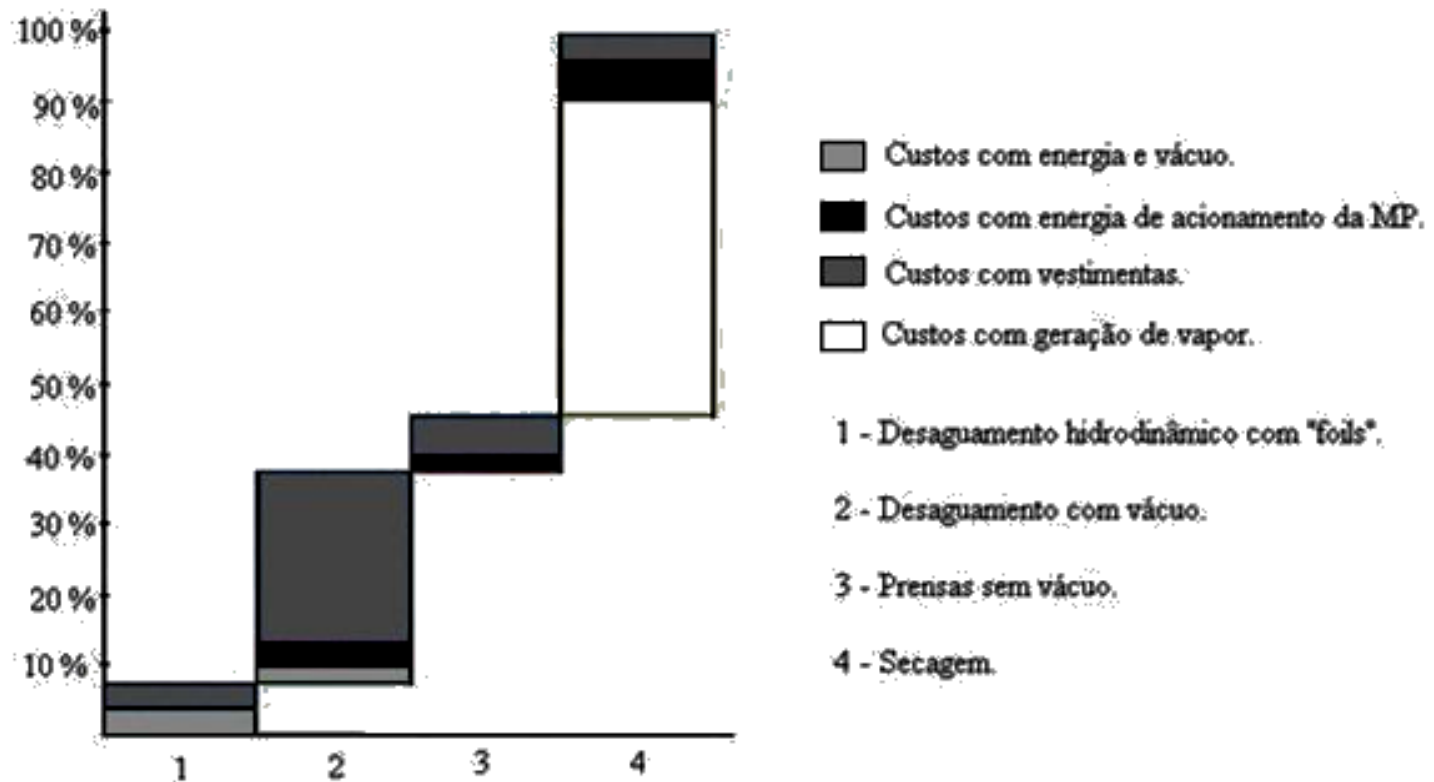
Secagem: desaguamento por evaporação, por meio do fornecimento de calor nos cilindros secadores.



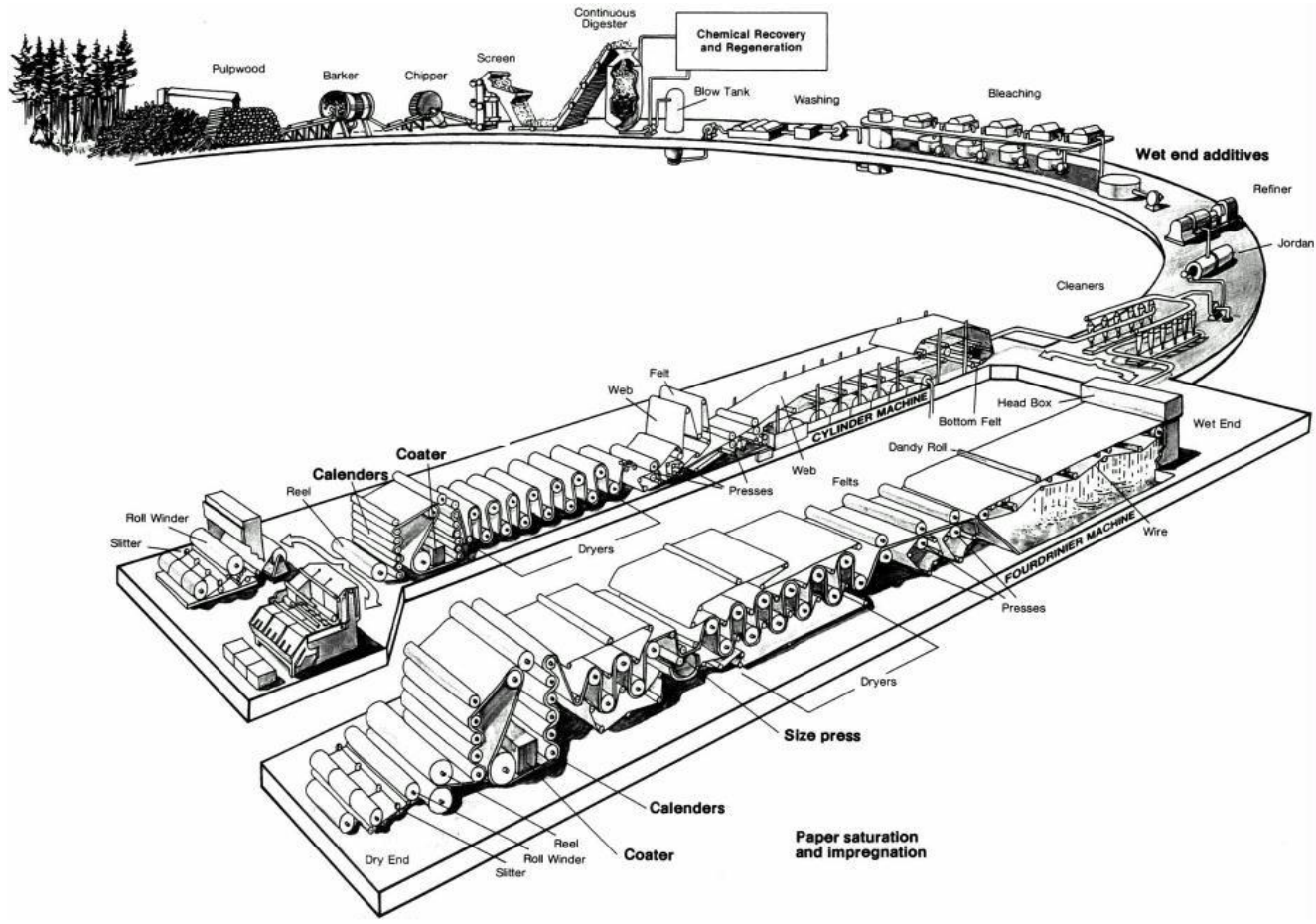
Eliminação de água nas três principais seções da máquina de papel (I&E) – 150 g/m²

ZONAS	Conteúdo de seco na entrada	Conteúdo de seco na saída	Percentagem de água eliminada
Formação	1,0 %	18,0%	95,4 %
Prensagem	18,0 %	42,0 %	3,2 %
Secagem	42,0 %	94,0%	1,4 %

Custos de desaguamento em máquina de papel

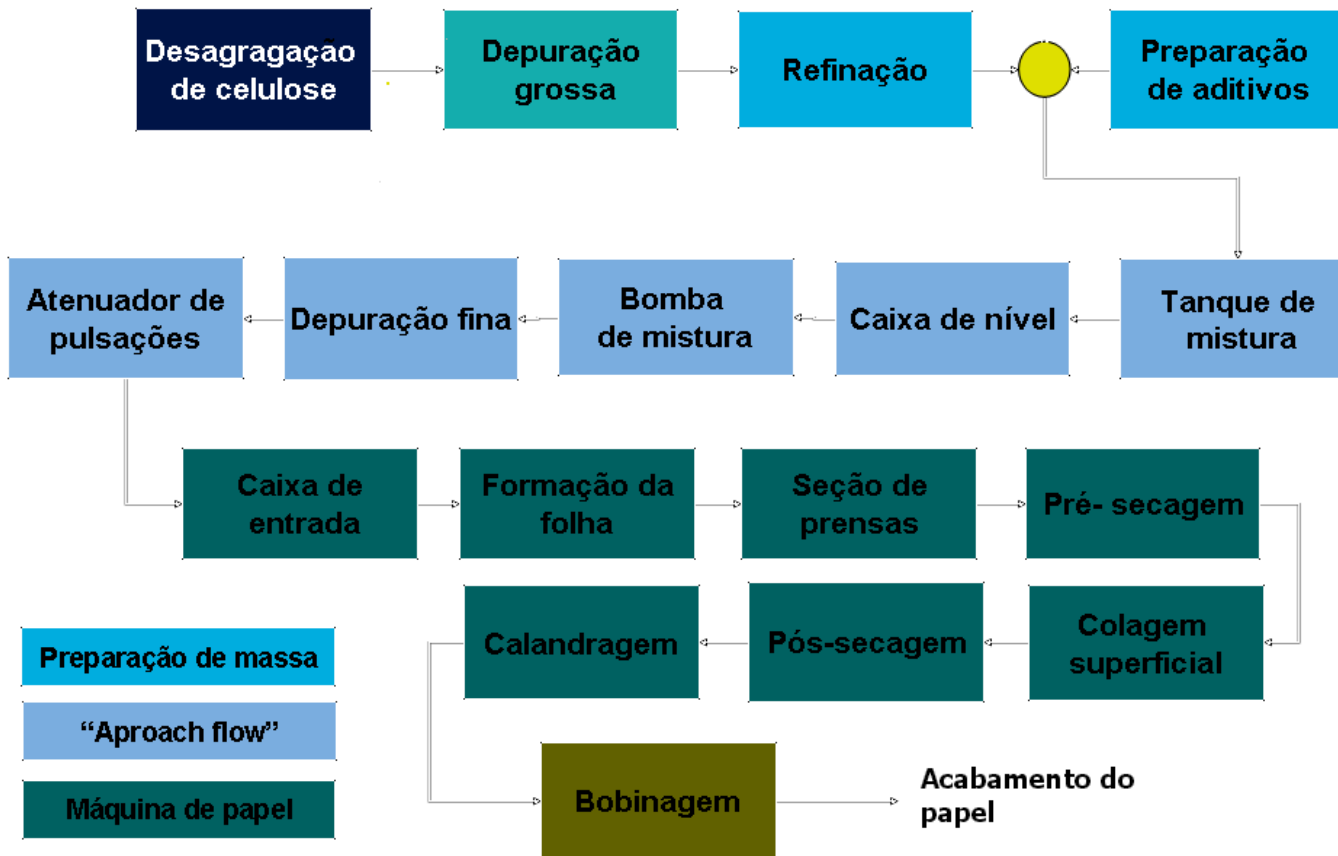


Exemplo de processo integrado de fabricação de papel

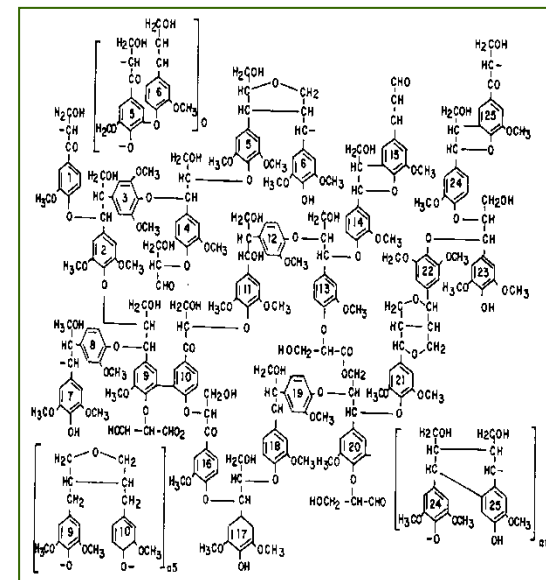
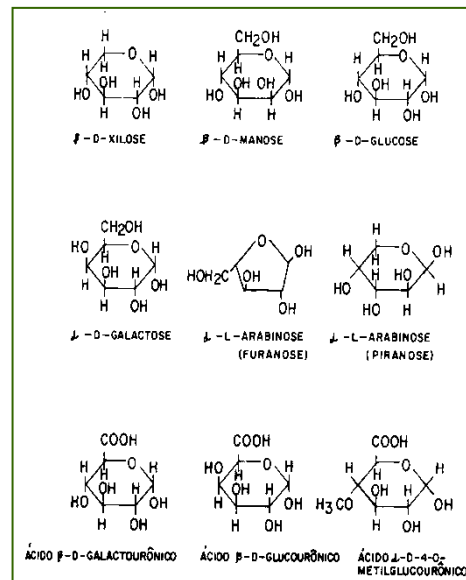
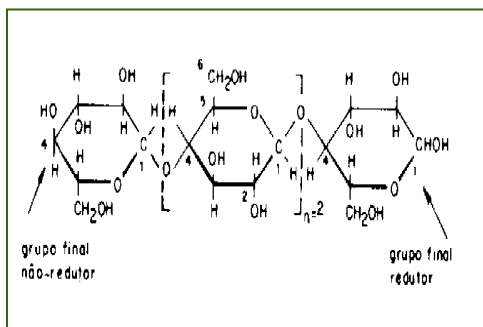


FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

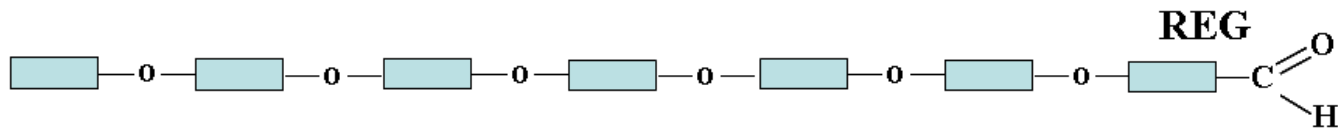
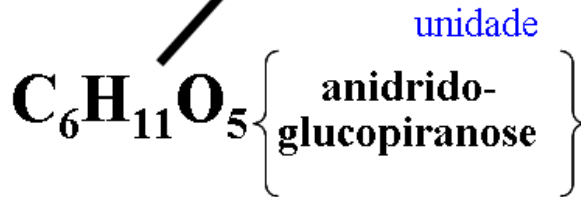
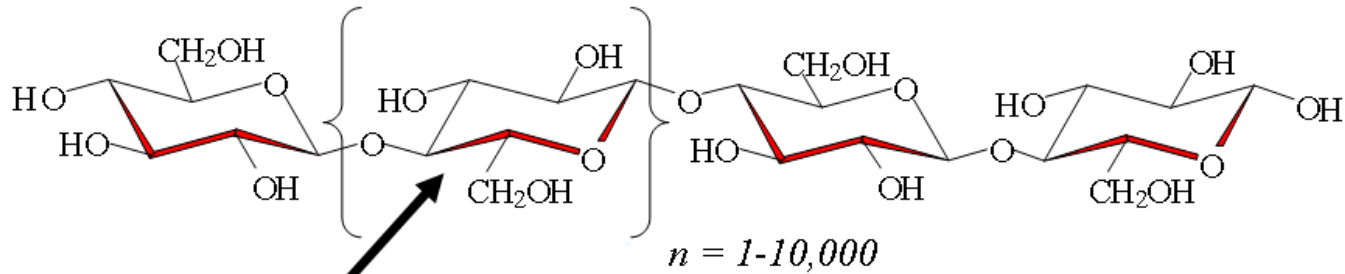
Fluxograma básico de fabricação de papel (I&E)



1. Método de obtenção de fibras (básico)

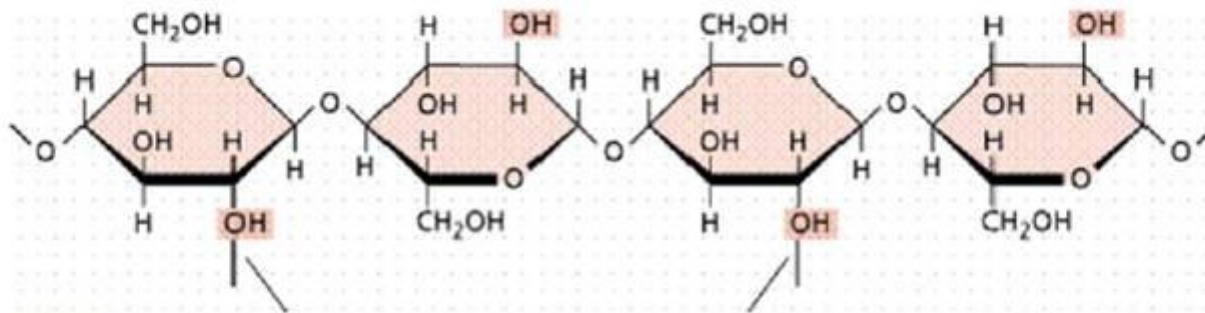


Estrutura molecular da celulose



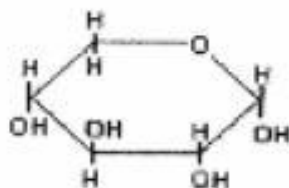
Reg = grupo terminal redutor

Estrutura molecular da celulose

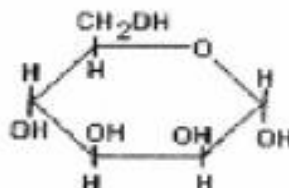


Posições onde ocorrem a formação de pontes de hidrogênio intermoleculares

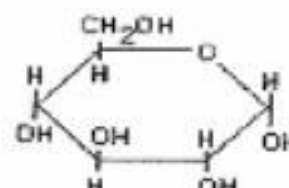
Fórmula dos açúcares componentes das hemiceluloses (polioses)



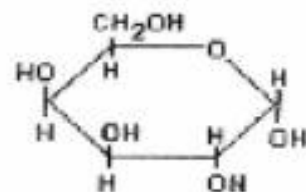
β - D - XILOSE



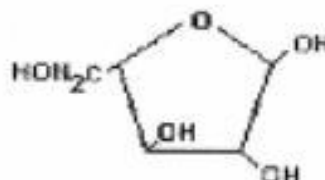
β - D - MANOSE



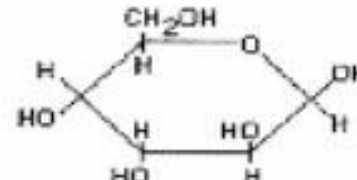
β - D - GLOUCE



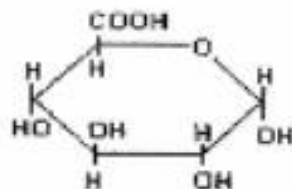
α - D - GALACTOSE



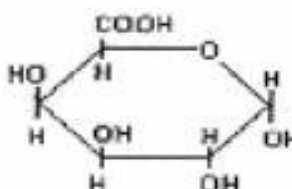
α - L - ARABINOSE
(FURANOSE)



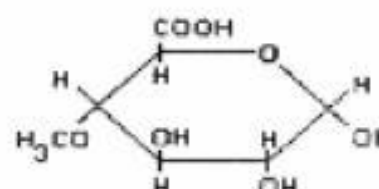
α - L - ARABINOSE
(PIRANOSE)



ÁCIDO β - D -
GALACTOURÔNICO

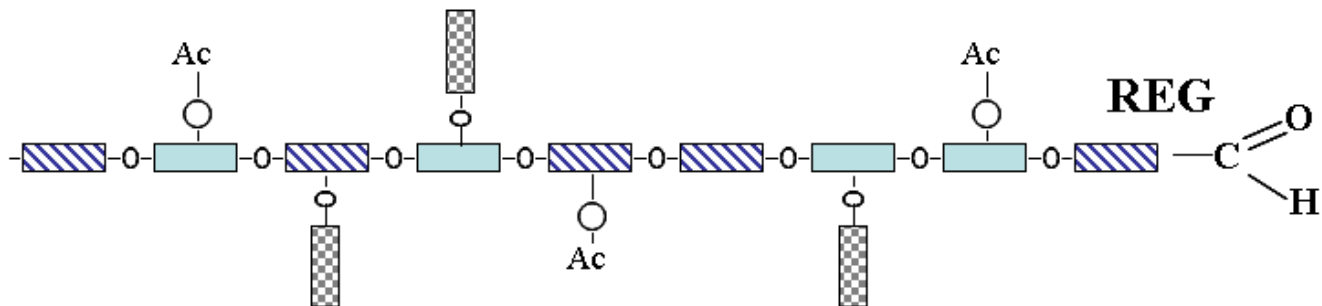


ÁCIDO β - D -
GLUCOURÔNICO



ÁCIDO α - D - 4 - O -
METILGLUCOURÔNICO

Estrutura molecular da hemicelulose



Maior hemicelulose de coníferas: Galactoglucomanana DP 200

-[Glucose (6)]-

-[Manose (6)]-

-[Galactose (6)]-

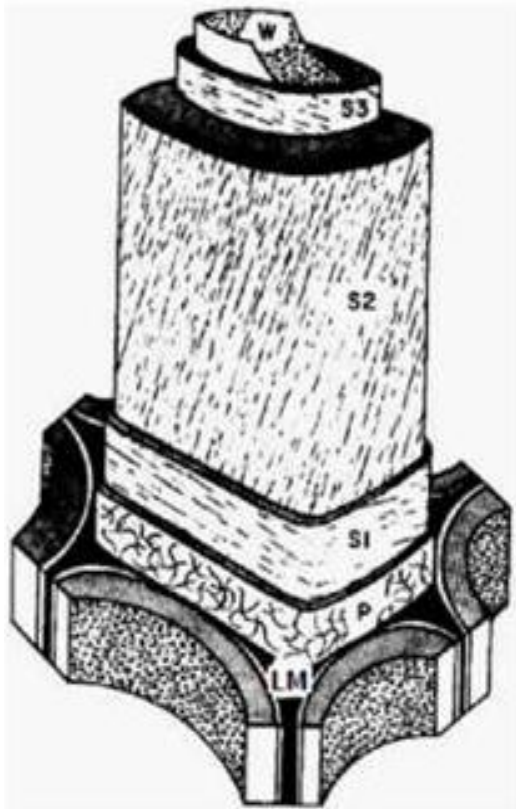
Ac—O— Grupo acetil

Reg = grupo terminal redutor

Modelo da estrutura de traqueóides de coníferas e fibras libríformes de folhosas.

Exemplo da espessura relativa das camadas da parede celular para *Picea abies* (abeto):

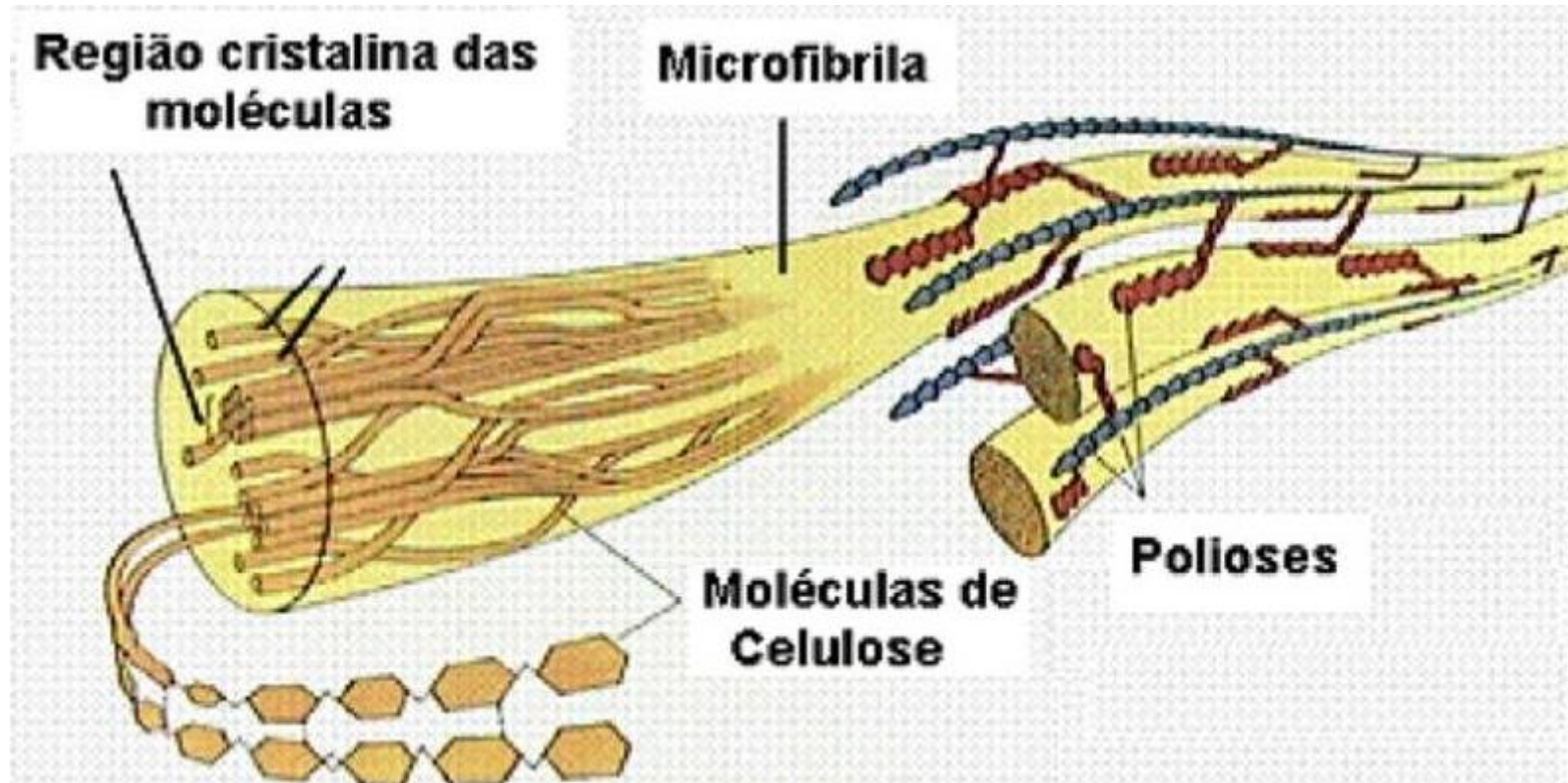
(P)	7 - 14%
(S1)	5 - 11%
(S2)	74 - 84%
(S3)	3 - 4%



S1 - microfibrilas

LM – lamela média;
P – parede primária;
S1 – camada 1 da parede secundária;
S2 – camada 2 da parede secundária;
S3 – camada 3 da parede secundária ou parede terciária, segundo alguns autores;
W – camada verrugosa (warts)

Ilustração esquemática da interação das moléculas de celulose



Fibras de madeira

Fibras longas - “Softwoods” (ou coníferas):

tais como araucária, pinho (“pine”: *Pinus elliotti*, *Pinus taeda*), abeto vermelho (“spruce”), cicuta (“hemlock”), etc.

Fibras curtas - “Hardwoods” (ou folhosas):

eucalipto (“eucalyptus”: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. globulus*), bétula (“birch”), bordo (“maple”), álamo ou faia (“aspen”), carvalho (“oak”), “gmelina”, acácia, etc.

Algumas propriedades dos papéis produzidos a partir de fibras longas e curtas

Propriedade	Fibra longa	Fibra curta
Tempo de refinação	Longo	Curto
Resistência mecânica	Alta	Baixa
Maciez	Baixa	Alta
Volume específico	Baixo	Alto
Formação	Má	Boa
Absorção	Razoável	Boa
Alvura	Alta	Alta
Opacidade	Baixa	Alta

Características das fibras

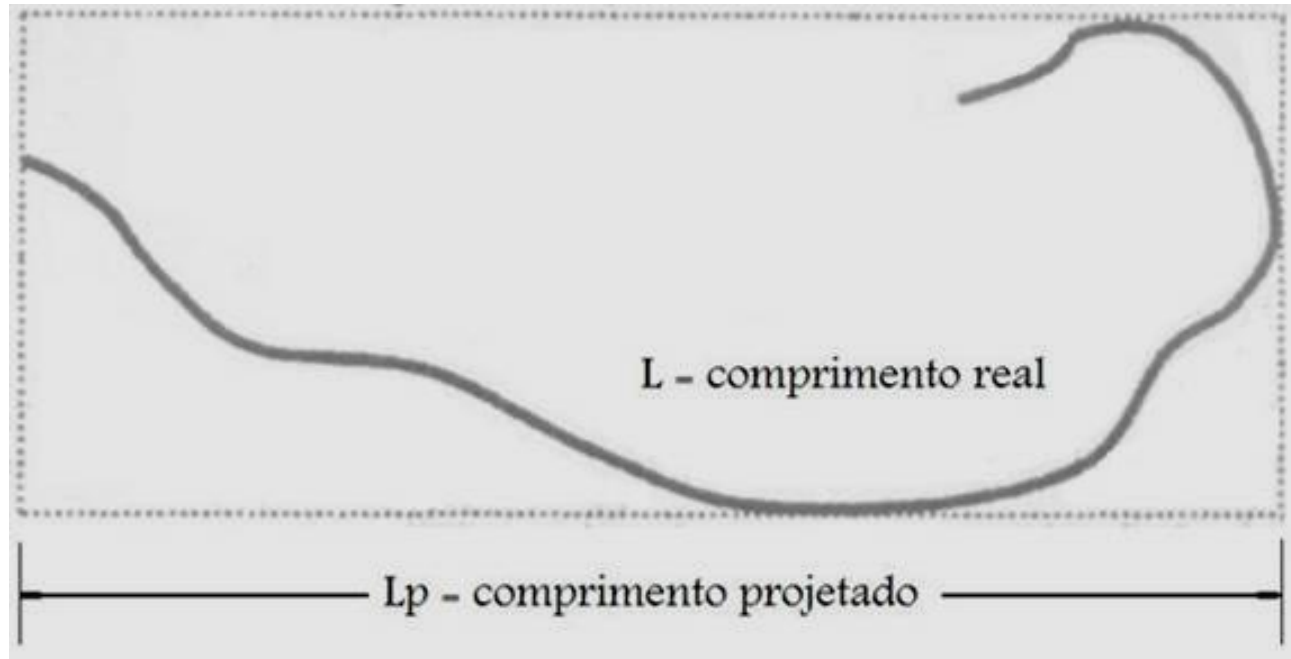
- a) **Morfológicas**
- b) Físicas
- c) Mecânicas
- d) Químicas
- e) Topoquímicas

Algumas características morfológicas:

Comprimento médio da fibra (C), largura da fibra (D), espessura da parede (E) e largura do lúmen (L).

Denominação	Relação
Índice de enfiamento	C/D
Coeficiente de flexibilidade	$(L/D) \times 100$
Fração parede	$(2E/D) \times 100$
Índice de Runkel	$2E/L$
Índice de Mulsteph	$(L^2 - D^2) / L^2$
Índice de Boiler	$(L^2 - D^2) / (L^2 + D^2)$

Outra propriedade morfológica: “Curl”

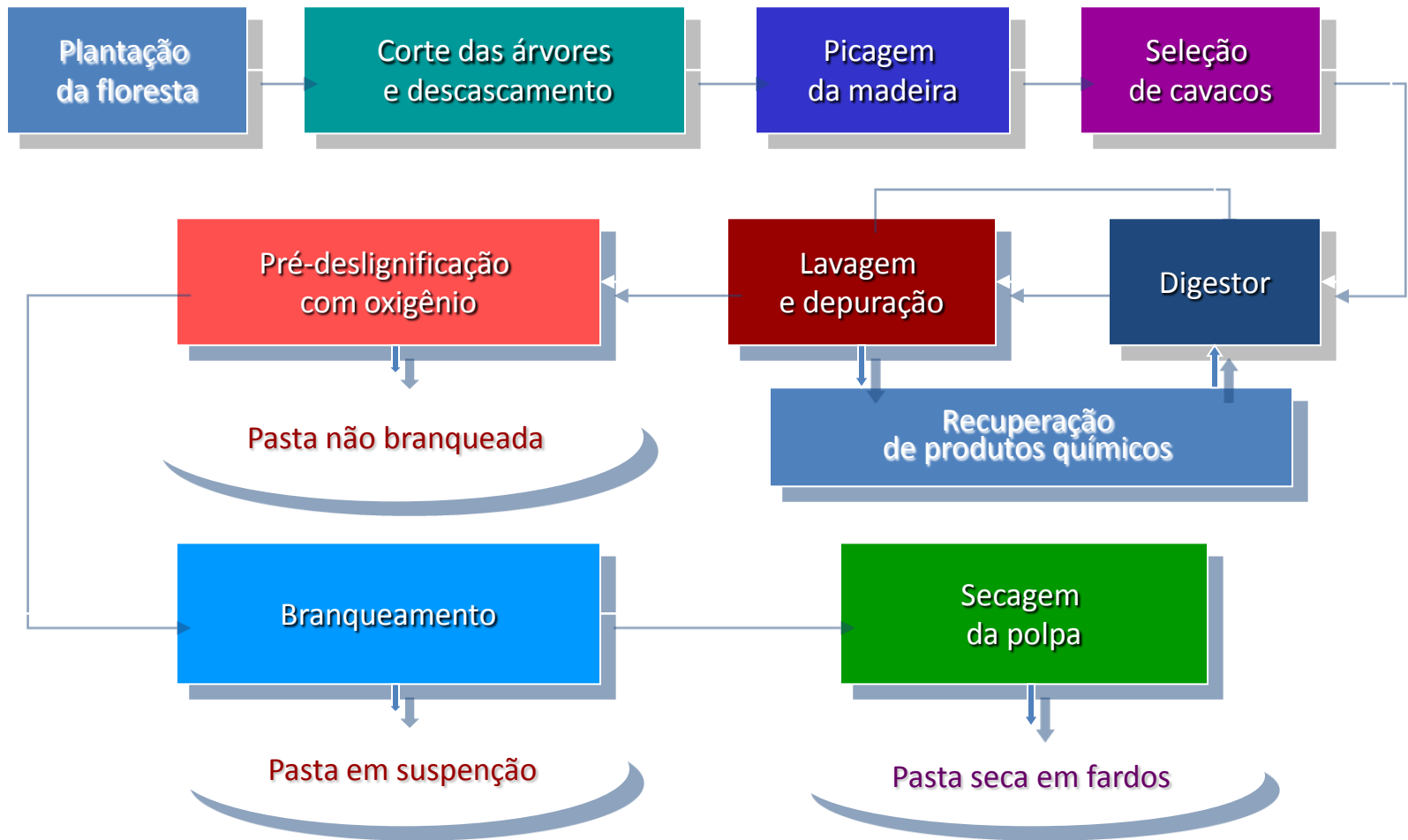


Processo “kraft”

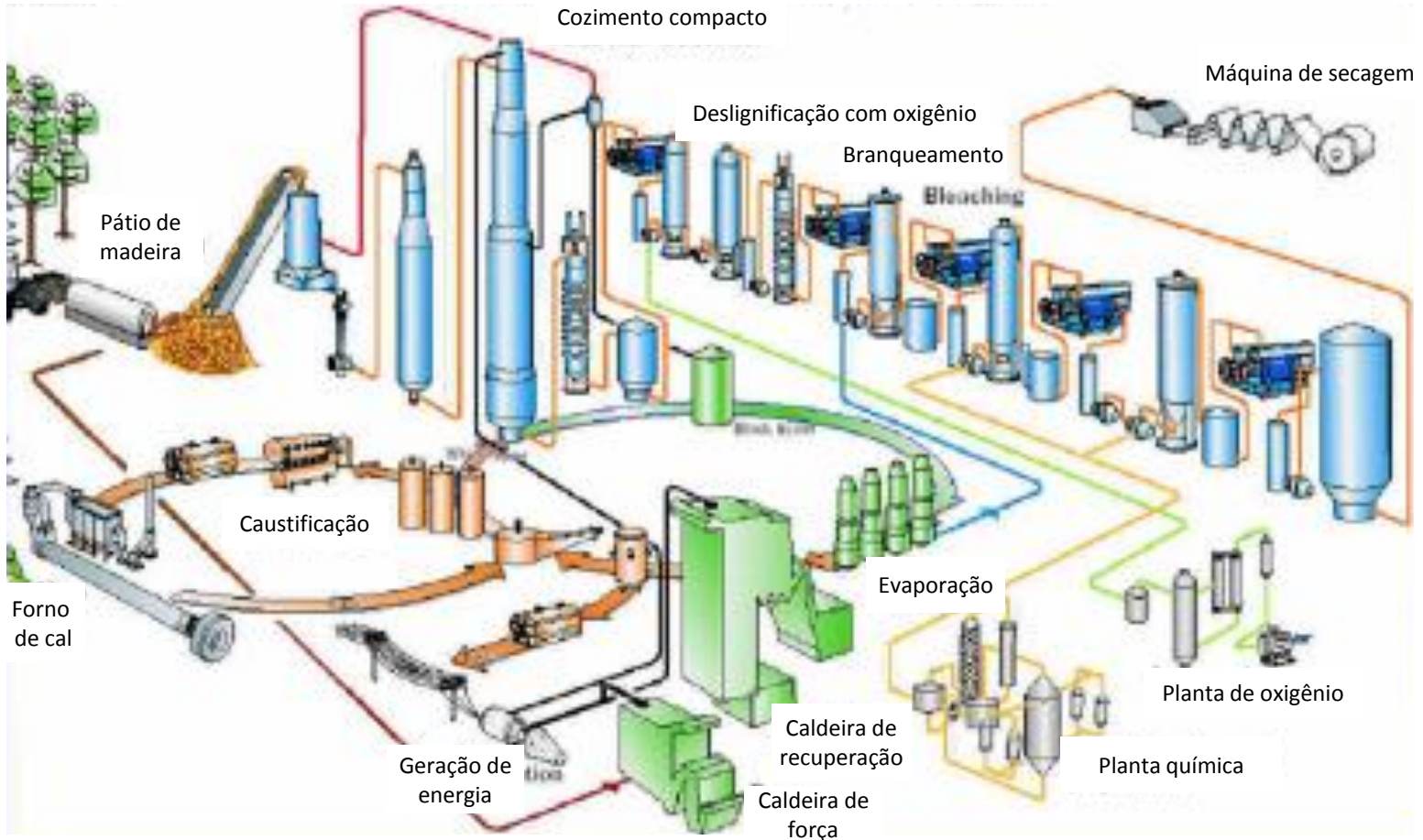


Madeira (fibras + lignina) + reagentes químicos = “celulose” + lignina solúvel
Utilizando-se a terminologia de uso corrente na indústria, a equação acima fica:
Madeira + licor branco ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$) = “celulose” + licor preto

Exemplo de fluxograma do processo “kraft”



Processo de fabricação de celulose tipo “kraft”



FONTE: Polpação (Apresentação – Alfredo Mokfienski)

Celulose mercerizada

Segundo GURGEL (2007), a mercerização é o tratamento das fibras de celulose com solução aquosa de NaOH.

Este processo altera tanto a estrutura fina e a morfologia da fibra como também a conformação das cadeias de celulose, transformando celulose I (nativa) em celulose II (mercerizada), produzindo mudanças na resistência e no brilho da fibra e em suas propriedades de adsorção.

Durante esse processo, o material expande-se e as cadeias do polissacarídeo são rearranjadas; a quantidade de material menos ordenado aumenta nas fibras, enquanto a parte cristalina diminui.

Estas mudanças resultam em alta adsorção devido à mercerização aumentar a área de superfície específica da fibra, fazendo com que os grupos hidroxila das macromoléculas de celulose tornem-se facilmente acessíveis.

Classificação de aparas - definições

A definição das matérias-primas fibrosas recicláveis utilizadas para a fabricação de papel compreende dois grandes grupos: aparas; e papéis usados.

As aparas (em inglês, “**trimmings**”), juntamente com materiais refugados e não utilizados, resultam de operação industrial que transforma os papéis e cartões em uma variada gama de artefatos. O grupo é caracterizado como de pré-consumo.

Já os papéis usados (em inglês, “**waste paper**”), também designados de papéis velhos, são os diferentes tipos de papéis e artefatos de papel descartados pelos usuários finais, após utilização. O grupo é caracterizado como de pós-consumo.

Classificação de aparas

NORMA ABNT NBR 15483:2007

(Aparas de papel e papelão ondulado)

A última classificação de aparas (**2007**) foi elaborada pela Comissão de Estudos de Aparas de Papel

(53 empresas inscritas; 92 profissionais; fabricantes de papel; aparistas, associações, institutos de pesquisas e fabricantes de equipamentos).

Instalada em 2.005, do CB29 (Comitê Brasileiro de Celulose e Papel), que é responsabilidade da ABTCP e que conta com apoio financeiro da Bracelpa.

Aparas

As aparas mais utilizadas para a fabricação de papéis “tissue” são as seguintes:

Aparas de papel **branco I**, **branco II**, **branco III** e **branco IV**.

Antes de apresentar a definição de cada uma destes tipos de aparas, serão definidos os termos impurezas e materiais proibitivos, segundo a NBR 15483:2007:

As **impurezas** representam todo material que não pode ser transformado em papéis e que pode comprometer o processo de produção, como por exemplo: metal, plástico, vidro, pedra e areia.

Materiais proibitivos devem ser eliminados ainda na fase de recebimento dos fardos. Os materiais proibitivos representam todo material que compromete a qualidade do papel e não é possível ser retirado no processo de fabricação específico de um determinado tipo de papel, como por exemplo: papel parafinado, betuminado, papéis higiênicos usados e fitilhos (internos ao fardo).

Aparas

Material	Descrição	Especificação
Aparas de refile de papelão ondulado	Aparas de produtos de papelão ondulado de fibra virgem ou reciclada, resultantes dos processos de produção do papelão ondulado e caixas não utilizadas no mercado, sem cola insolúvel em água e sem grampo, podendo apresentar refile de capa branca.	Teor máximo de umidade: 13% Teor máximo de impurezas: 0% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%
Aparas de papelão ondulado I	Aparas de produtos de papelão ondulado de fibra virgem ou reciclada marrom e sem outros papéis que não sejam papelão ondulado. É permitida a presença de fita adesiva, <i>hot melt</i> , grampo e etiquetas provenientes da própria embalagem.	Teor máximo de umidade: 15% Teor máximo de impurezas: 3% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%
Aparas de papelão ondulado II	Aparas de produtos de papelão ondulado de fibra virgem ou reciclada, com até 5% (em massa) de outros papéis que não sejam papelão ondulado. É permitida a presença de fita adesiva, <i>hot melt</i> , grampo e etiquetas provenientes da própria embalagem, capa branca.	Teor máximo de umidade: 15% Teor máximo de impurezas: 3% Teor máximo de materiais proibitivos: 1%
Aparas de refile de papel kraft	Aparas de papel kraft natural resultantes dos processos de produção, por exemplo de sacos multifoliados e envelopes, sem plastificação e costura, podem apresentar impressão.	Teor máximo de umidade: 10% Teor máximo de impurezas: 0% Teor máximo de materiais proibitivos: 0%
Aparas de papel kraft I	Aparas de papel kraft natural de sacos multifoliados, envelopes, discos e capas de bobinas, sem plastificação, com ou sem costura, com ou sem impressão, limpos.	Teor máximo de umidade: 15% Teor máximo de impurezas: 3% Teor máximo de materiais proibitivos: 1%
Aparas de papel kraft II	Aparas de sacos de papel kraft multifoliados, envelopes, discos e capa de bobinas, com ou sem plastificação e costura, com impressão, não limpos ou selecionados.	Teor máximo de umidade: 15% Teor máximo de impurezas: 5% Teor máximo de materiais proibitivos: 3%
Aparas de papel kraft III	Aparas de sacos de papel kraft multifoliados, usados na embalagem de cimento, cal, gesso, argamassa, com ou sem plastificação e costura, não limpos ou selecionados.	Teor máximo de umidade: 20% Teor máximo de impurezas: 7% Teor máximo de materiais proibitivos: 5%

Alterações nas fibras recicladas

DIMENSIONAL:

Causadas por impactos mecânicos nos desagregadores, despastilhadores e principalmente nos refinadores.

DISTRIBUIÇÃO:

Causadas por classificação em peneiramento, centrifugação, flotadores, lavadores, engrossadores e tela formadora.

PROPRIEDADES SUPERFICIAIS:

Causadas por modificações na superfície da fibra por branqueamento, adição de químicos e adesão de contaminantes.

MORFOLOGIA DA FIBRA:

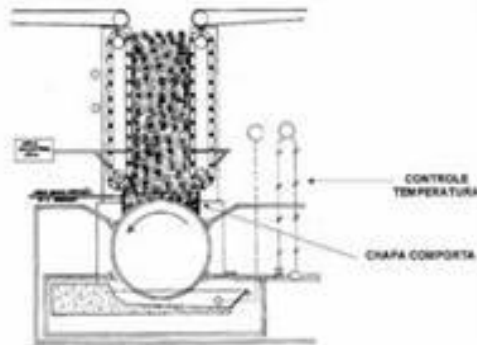
Causada por modificação na estrutura da fibra através de polpação, branqueamento, refinação e secagem.

CONSEQÜÊNCIAS DAS ALTERAÇÕES

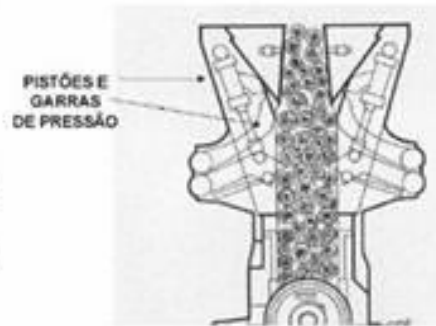


Impacto no processo e andamento da máquina

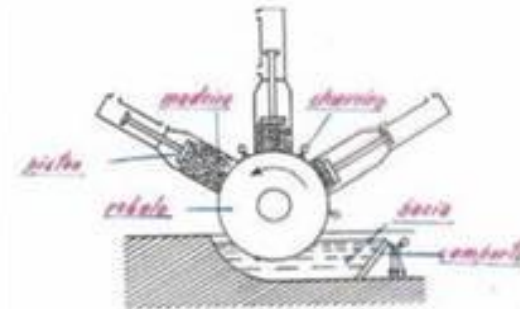
P.A.R. (Pastas de Alto Rendimento)



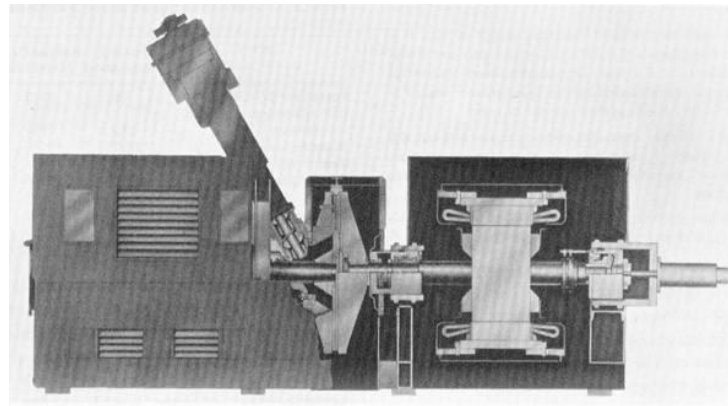
DESFIBRADOR VOITH MODIFICADO



DESFIBRADOR TIPO HYDRA



DESFIBRADOR DE BOLSA



Pastas de alto rendimento (P.A.R.)

Tipo de pasta	Designação consagrada	Características do processo	Rendimento
Pasta mecânica de pedra (PM)	(Stone) groundwood pulp (SGWP ou GW)	Desfibramento de madeira roliça em mó à pressão atmosférica	97%
Pasta mecânica de pedra pressurizada (PMP)	Pressurized (stone) groundwood pulp (PGW)	Desfibramento de madeira roliça em mó sob pressão.	95%
Pasta mecânica de desfibrador despressurizado (PMR)	Refiner mechanical pulp (RMP)	Desfibramento de madeira ou de seus resíduos sob a forma de cavacos ou serragem, em desfibrador de disco, à pressão atmosférica.	95%
Pasta termomecânica (PTM)	Thermomechanical pulp (TMP)	Desfibramento em desfibrador a disco, sob pressão, de cavacos ou serragem de madeira e/ou resíduos lignocelulósicos previamente aquecidos com vapor saturado.	95%
Pasta quimtermomecânica (PQTM)	Chemithermomechanical pulp (CTMP)	Desfibramento em desfibrador a disco, sob pressão, de cavacos ou serragem de madeira e/ou resíduos lignocelulósicos prévia e levemente tratados com reagentes químicos.	93%
Pasta semiquímica sulfito neutro	Neutral sulfite semimechanical pulp (NSSC)	Cavacos são aquecidos com vapor à pressão atmosférica, sulfito e carbonato de sódio a um pH entre 8 e 9, e cozidos em fase vapor a temperatura entre 160 e 180°C por 60 min.	85%
Pasta semiquímica soda a frio	Cold soda	Desfibramento sob pressão atmosférica de cavacos tratados com licor de hidróxido de sódio.	85%
Pasta semiquímica soda a quente	Soda pulp	Resíduos agrícolas são aquecidos com vapor à pressão atmosférica, impregnados com solução de hidróxido de sódio de 10% e cozidos em fase vapor a temperatura entre 160 e 180°C por 15 min ou mais.	60%

2. Desagregação de fibras virgens e recicladas

Desagregação da massa

Fábricas integradas:

consistência de transporte por tubulação: 3 a 6%.
Também possui desagregação (estratégico).

Não integradas:

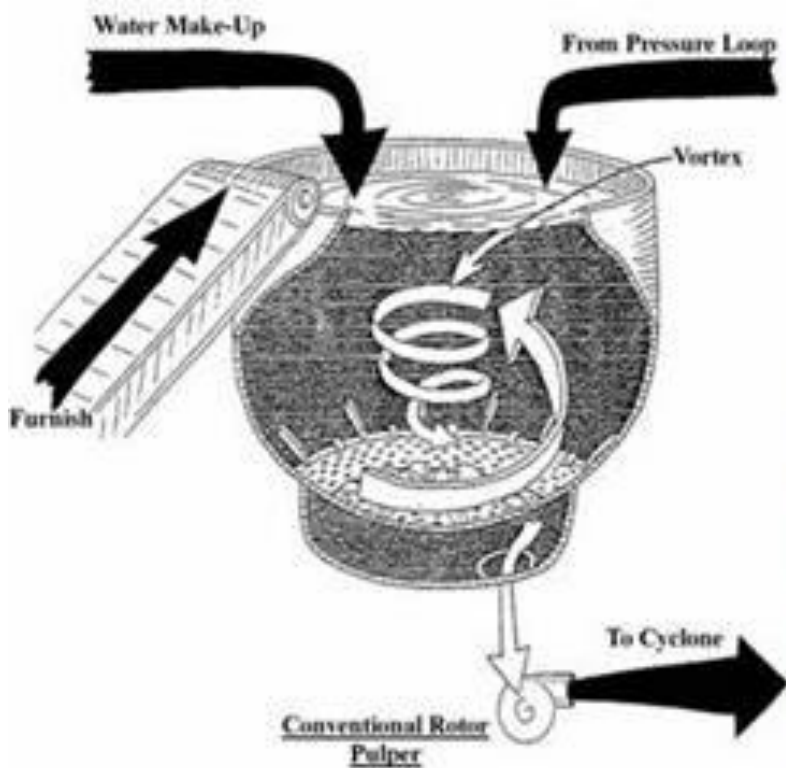
celulose seca em máquinas de secagem (10% de umidade);
Celulose desaguada (60% de umidade);
Aparas (10% de umidade).

Desagregação da massa (cont.)

O desagregador, também chamado de “**Hydrapulper**” ou simplesmente “**Pulper**”, é um equipamento semelhante a um liquidificador gigante, cuja estrutura corresponde a um tanque de aço, de ferro fundido, de concreto, ou mesmo, com azulejos.

O formato do tanque e seu tamanho são determinados pela capacidade de produção de papel requerida e da consistência de operação.

Desagregador vertical: “hydrapulper”



Desagregação de massa (cont.)

O funcionamento do desagregador se processa com a **adição de água** até mais ou menos **50%** de sua capacidade, seguida do seu funcionamento.

O rotor produz efeitos mecânicos que dissolvem a matéria prima, **umedecendo-a, cortando-a e afrouxando suas ligações fibrosas**, resultando em uma suspensão fibrosa fluida que pode ser bombeada para as etapas posteriores.

O **desagregador é alimentado** através de uma esteira transportadora.

Retirada da massa desagregada: **tubo de saída**, processada através da válvula de descarga pneumática.

A água fresca: válvula de alimentação

A água clarificada: outra válvula.

Desagregação da massa (cont.)

Importante:

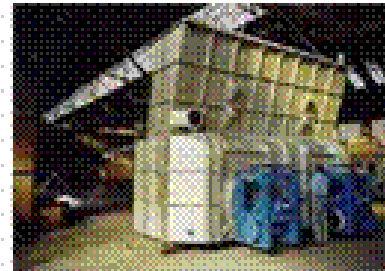
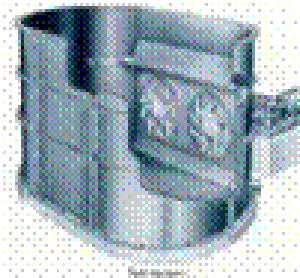
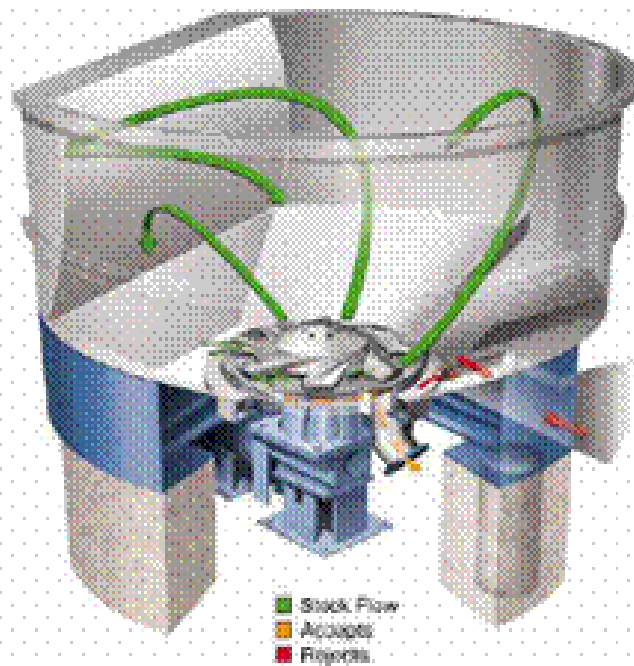
Acerto de consistência

Acerto de pH

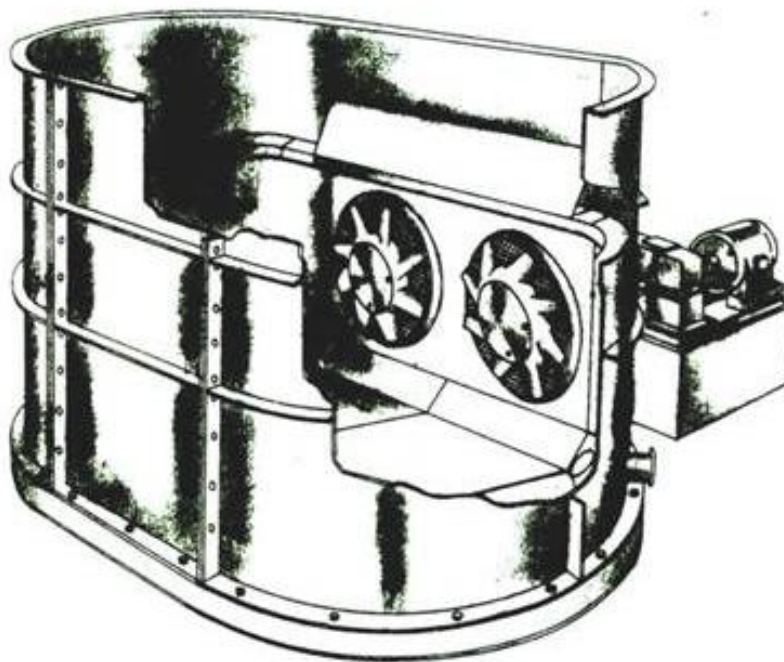
(conforme definição do controle de processos)

Qualquer **anormalidade** que ocorra no setor de desagregação, irá influenciar diretamente na eficiência dos equipamentos posteriores, na máquina de papel e no produto final.

Desagregador para aparas



Desagregador horizontal: “sydrapulper”

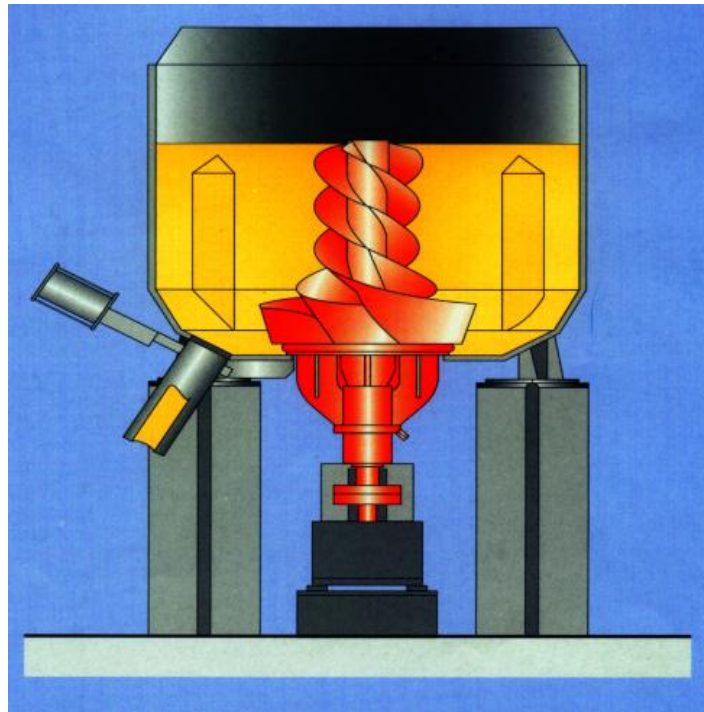


Desagregação de refugos e aparas

Localizado, principalmente, no porão da máquina (espaço)

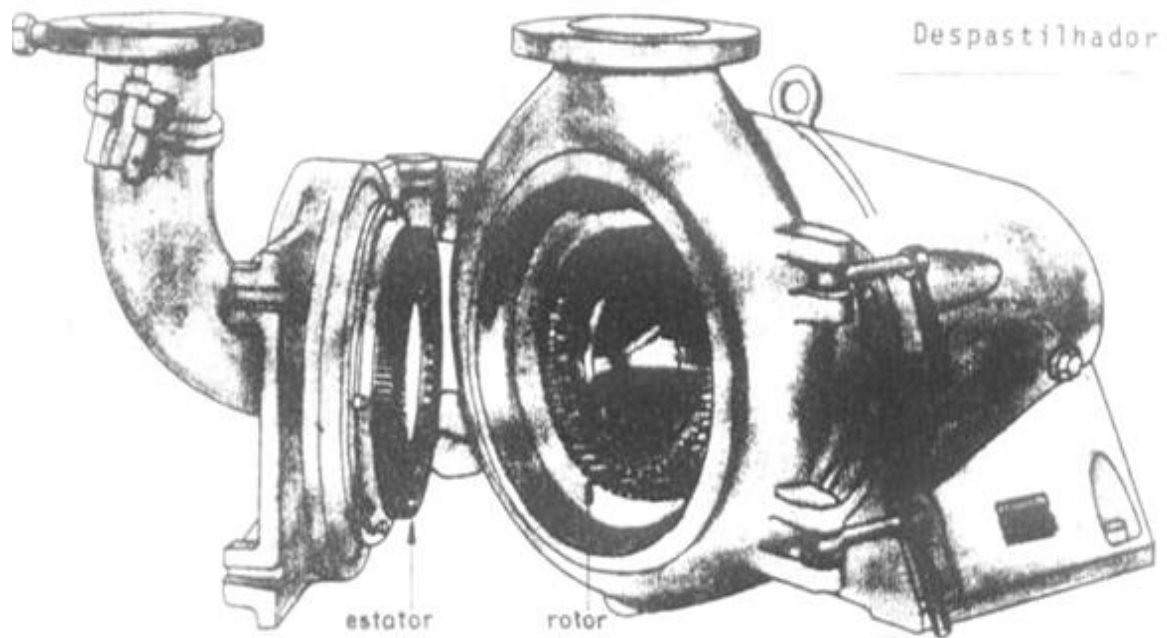
Diâmetro do rotor: 24", 33", ou 42"

Desagregador de alta consistência com rotor helicoidal

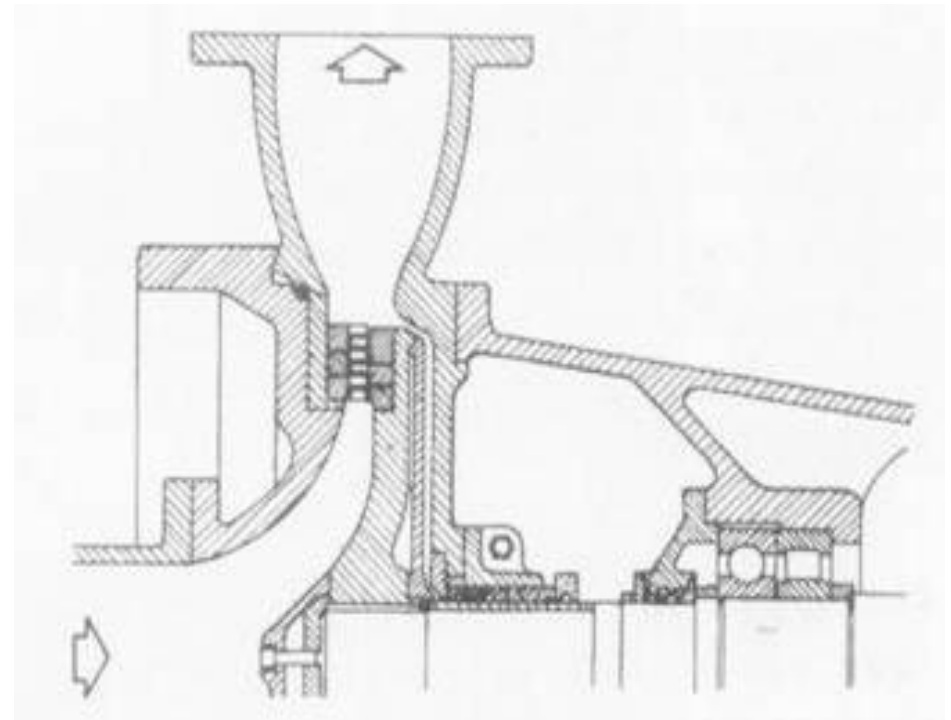
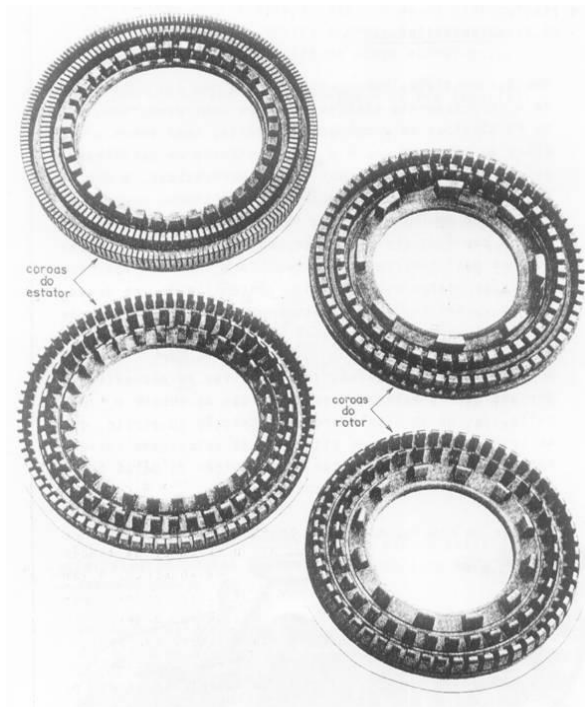


FONTE: Preparação de Massa – SENAI CETCEP

Despastilhadores

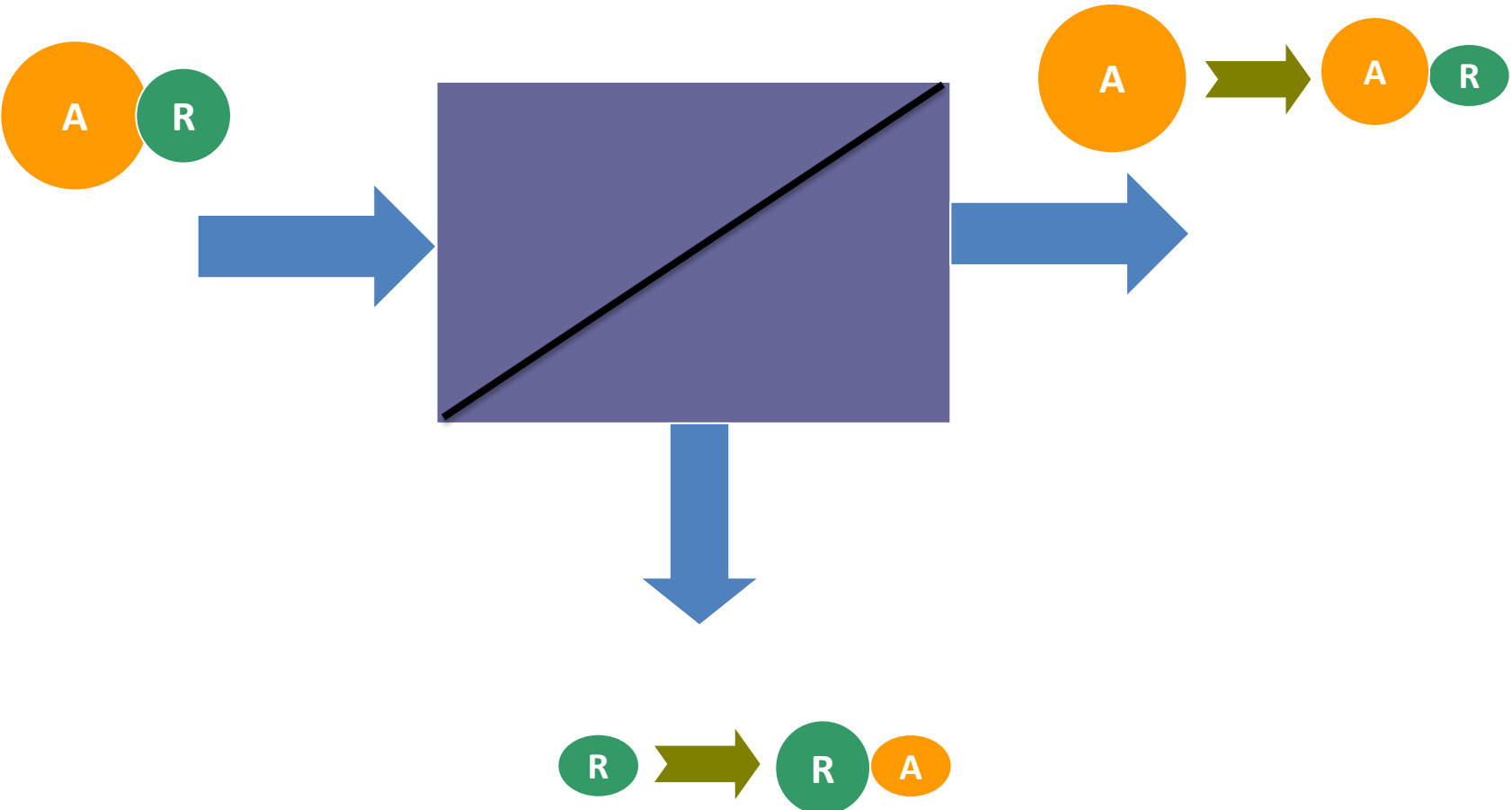


Guarnições do despastilhador e processo de despastilhamento



3. Depuração de pastas: fibras virgens e recicladas

Principais desafios do sistema de depuração: fazer com que o “aceito” tenha menos “rejeito” e com que o “rejeito” tenha menos “aceito”!



FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel – Edison da Silva Campos

Categorias de contaminações e sistemas de depuração

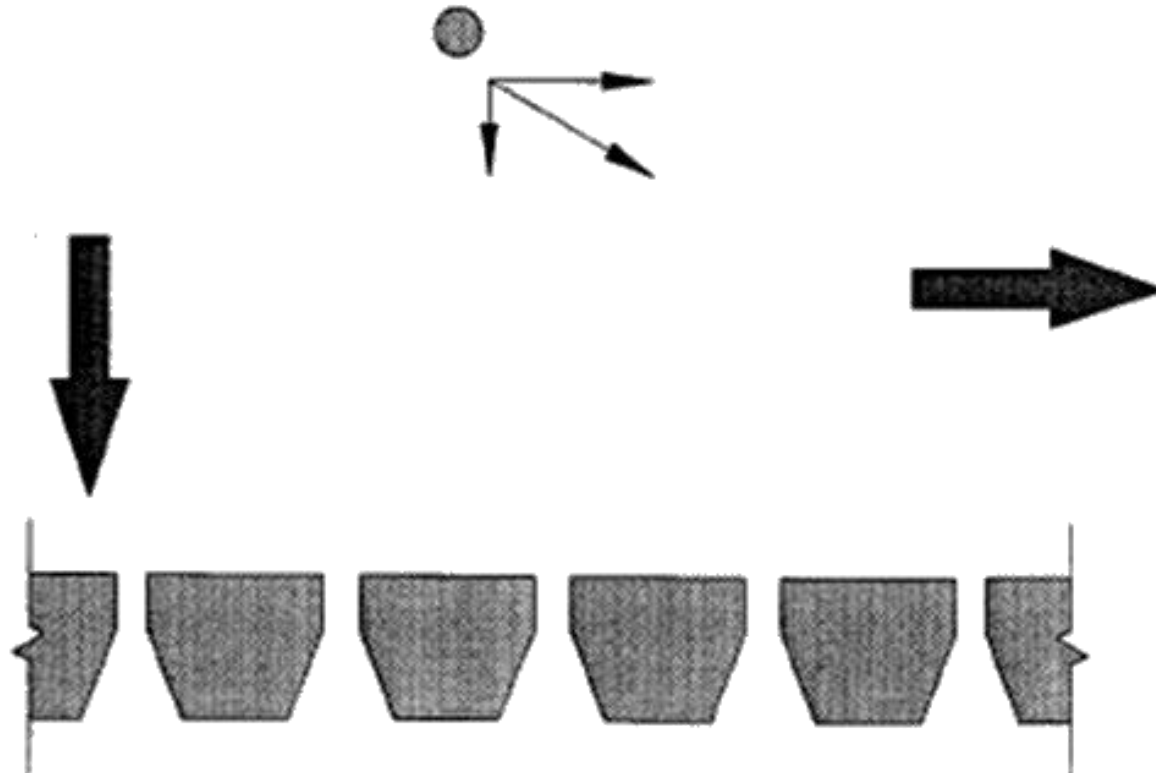
- a) sujeiras pesadas e volumosas;
- b) sujeiras pesadas e finas;
- d) sujeiras leves.

Os sistemas de **depuração** mais conhecidos são: **peneiramento ou “screen”** (plana, rotativa e pressurizada – depurador vertical), **centrifugação** (“cleaner”) e depurador centrífugo.

Fatores que determinam a escolha do equipamento:

custo de acionamento, capital disponível, facilidade de operação e manutenção.

Depuradores probabilísticos



Depuração por peneiramento

Fator fundamental do peneiramento:
tamanho dos orifícios.

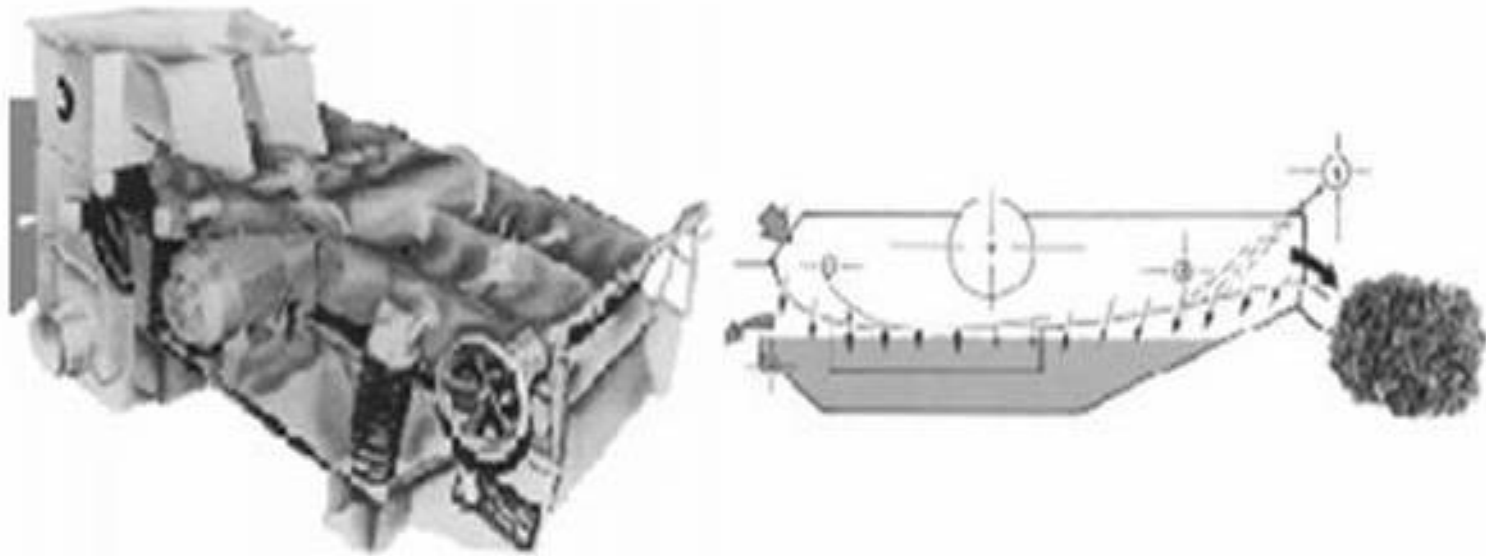
Redução de tamanho:

queda de vazão por entupimento dos orifícios pela retenção de impurezas e fibras entrelaçadas

Aumento do tamanho:

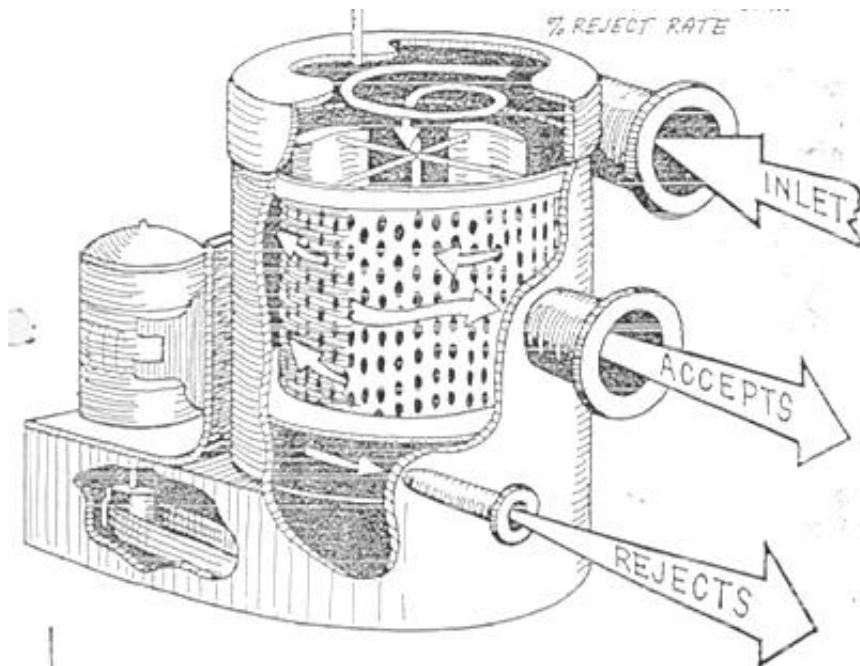
perda de eficiência

Peneiras planas



Peneiras rotativas

Consistem de cilindro de paredes perfuradas, contra as quais a suspensão de fibras é impelida pela ação centrífuga, gerada pelo movimento de rotação do próprio cilindro ou de um rotor.



De acordo com o escoamento da suspensão fibrosa em relação ao cilindro perfurado pode ser de fluxo para fora do cilindro (**“outward flow screen”**) ou de fluxo para dentro do cilindro (**“inward flow screen”**).

Peneiras rotativas centrífugas

Placas de furos redondos são mais eficientes para reter estilhas longas e delgadas e partículas delgadas e planas.

As placas ranhuradas separam materiais esféricos ou cúbicos.

Havendo duas peneiras do mesmo tamanho, aquela, com furos redondos, possui maior capacidade que placas ranhuradas porque na primeira a área aberta é muito maior e pode processar massas de consistência mais elevada, com menor possibilidade de entupimento.

Furos e fendas

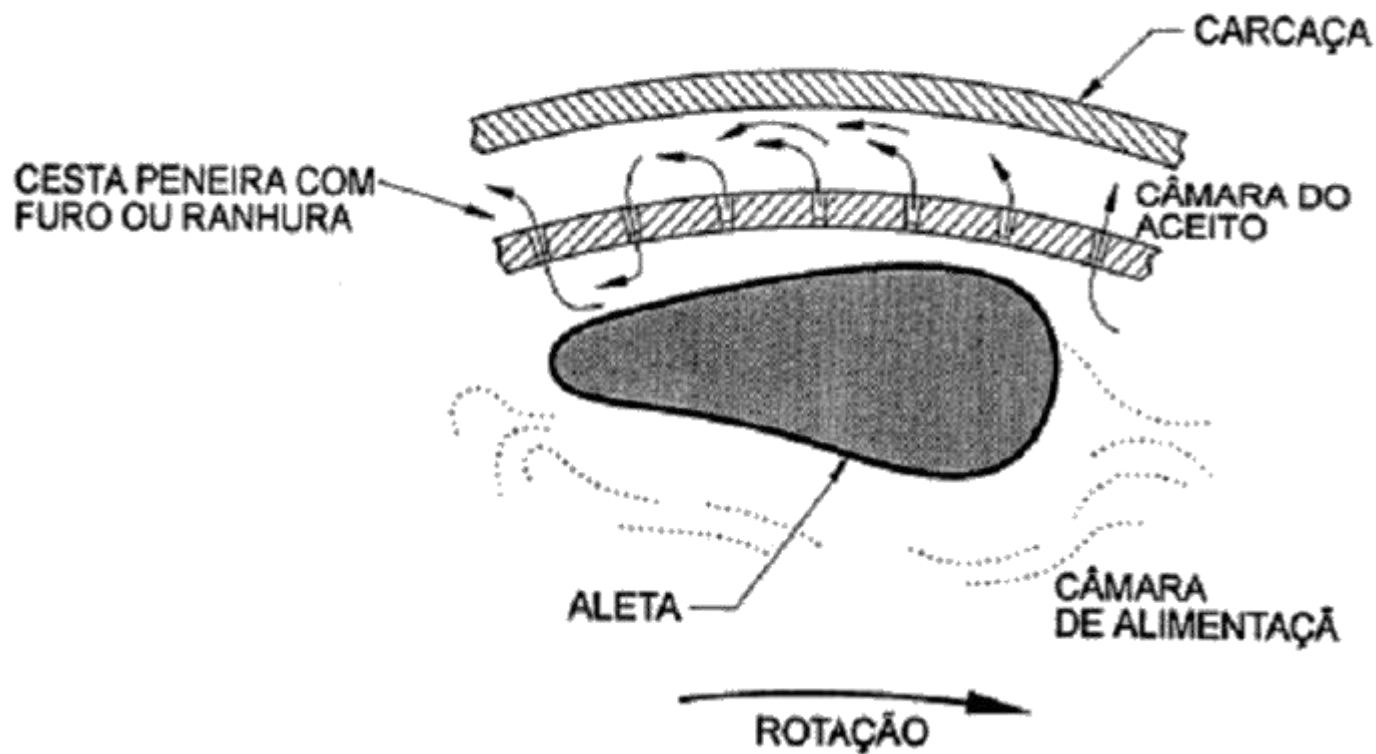


Peneiras com furos

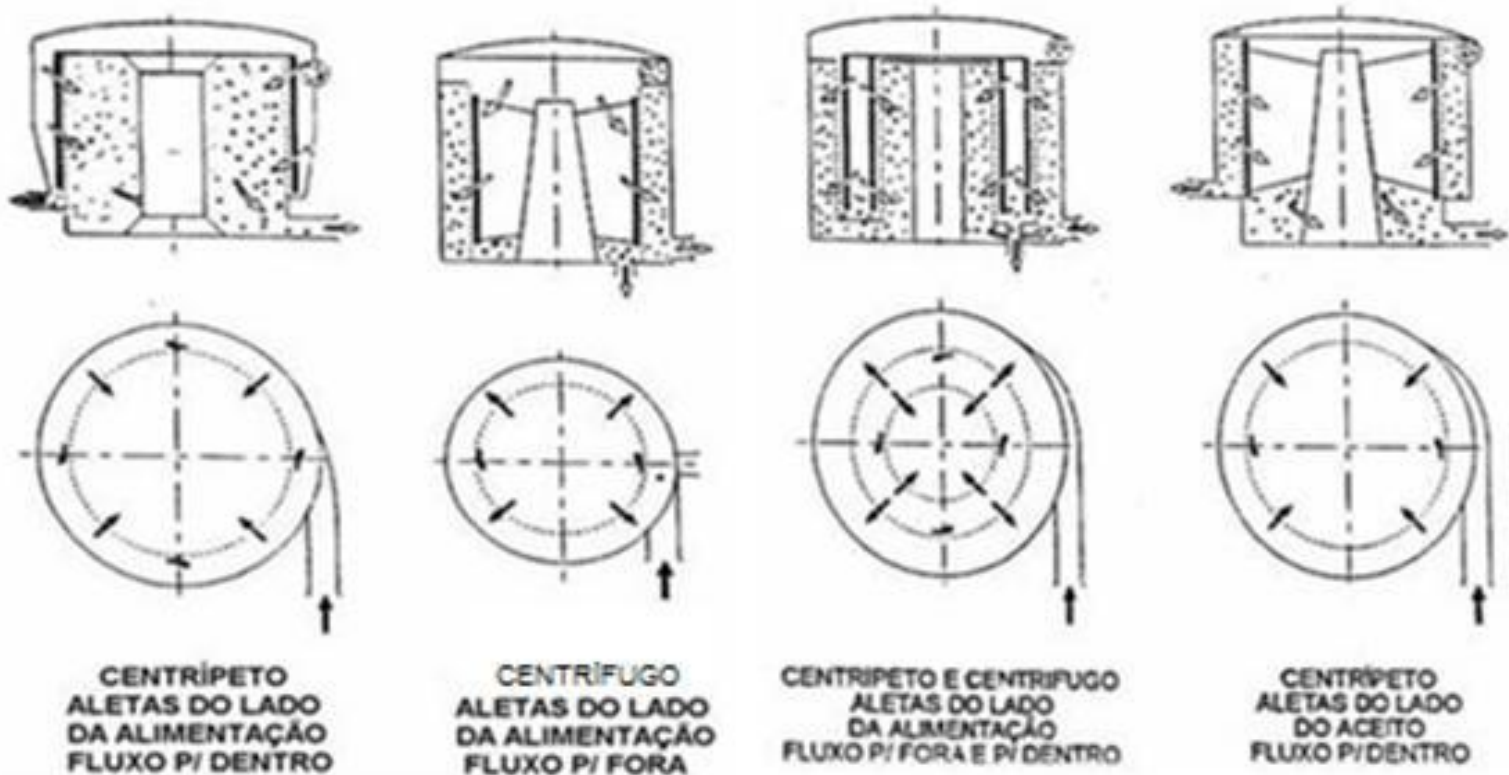


Peneiras com fendas

Detalhe típico de um depurador centrífugo



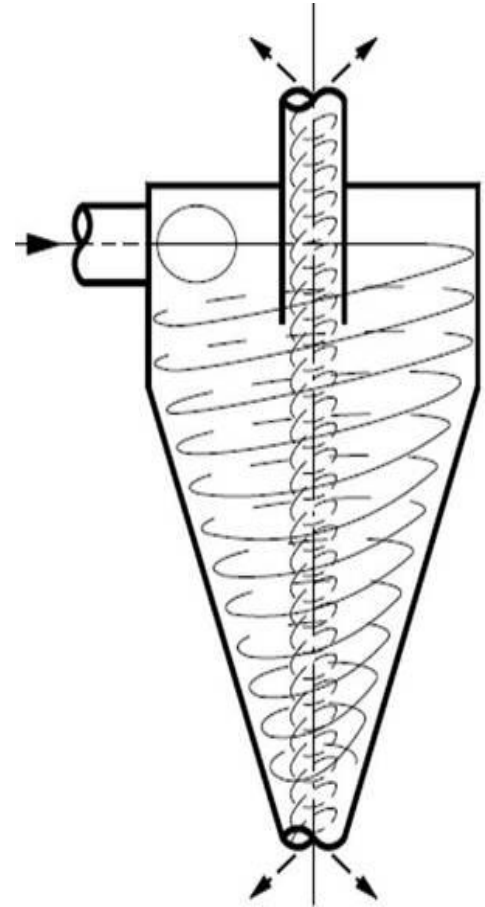
Configurações de depuradores



Depuração por centrifugação

Os depuradores centrífugos são cones, nos quais a suspensão de fibras entra tangencialmente e por diferença de pressão de entrada e saída, provoca um movimento de rotação interno (vórtice), gerando uma força centrífuga que separa por diferença de densidade todas as impurezas ou contaminantes mais pesados que as fibras.

IMPORTANTE:
consistência ideal e o diferencial de pressão correto.

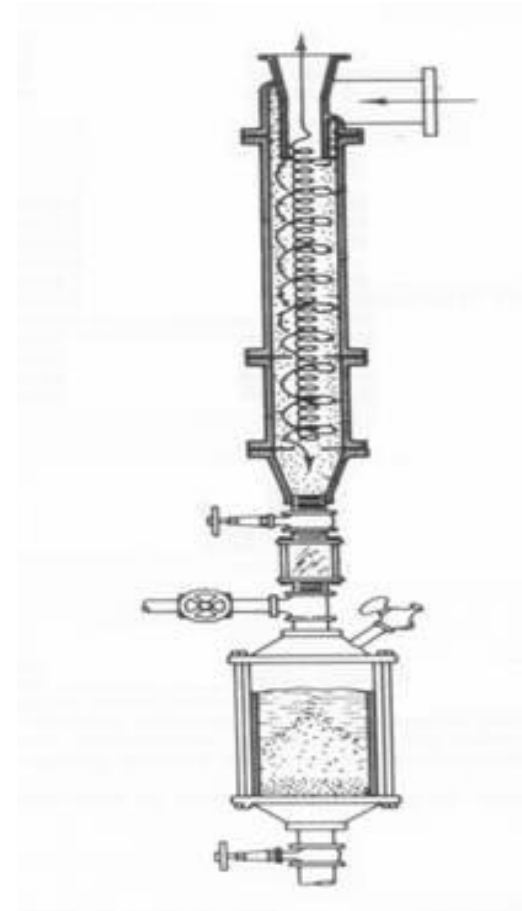


Separadores de massa grossa

Destinam-se a limpeza grosseira e contínua de todas as suspensões de massa, de consistência mínima de 3% e máxima de 6% seco absoluto.

Separam parafusos, grampos, pedras, pregos, etc. São instalados antes do pré-refinador e refinadores, pois evita estragos nos mesmos e seu desgaste prematuro.

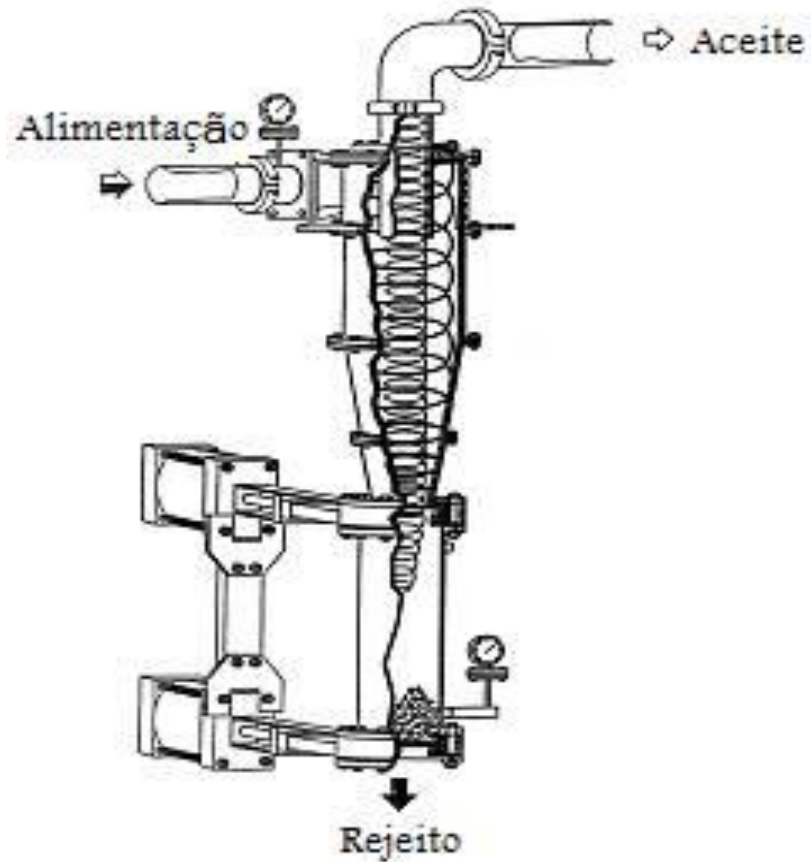
O depósito de rejeitos recebe água de lavagem pela válvula que regula o fluxo, evitando assim sedimentação de fibras no depósito.



FONTE: Curso Básico de Fabricação de Papel –
Edison da Silva Campos

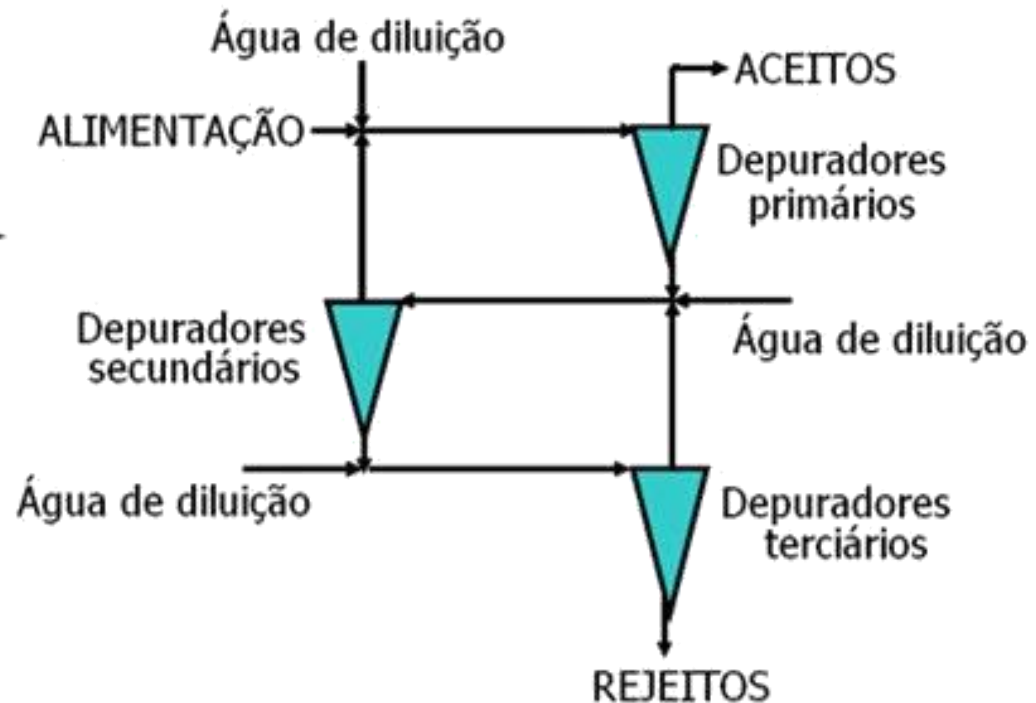
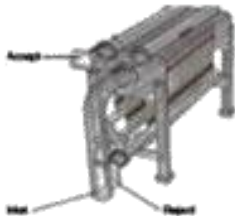
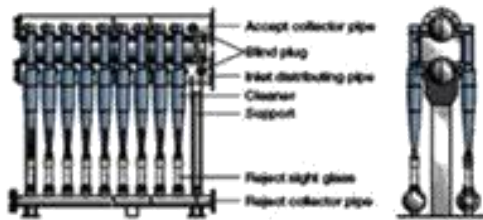
Diferencial de pressão entre a
entrada e a saída: 10 a 16 m.c.a.

Separadores de massa grossa

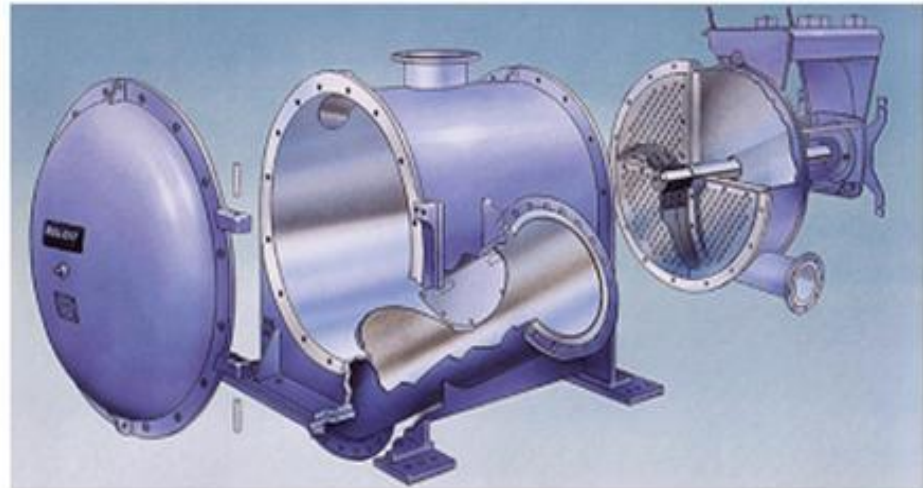
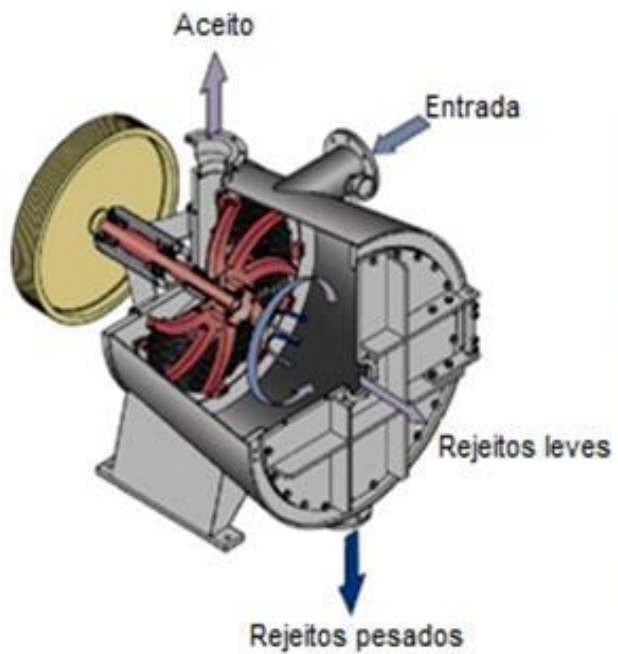


Arranjo dos hidrociclones

Devido sua pequena capacidade individual, os ciclones são montados em grupos e alimentados por uma linha comum, e os aceites coletados em uma mesma tubulação. Assim cada estágio é constituído por uma bateria de ciclones ligados em paralelo



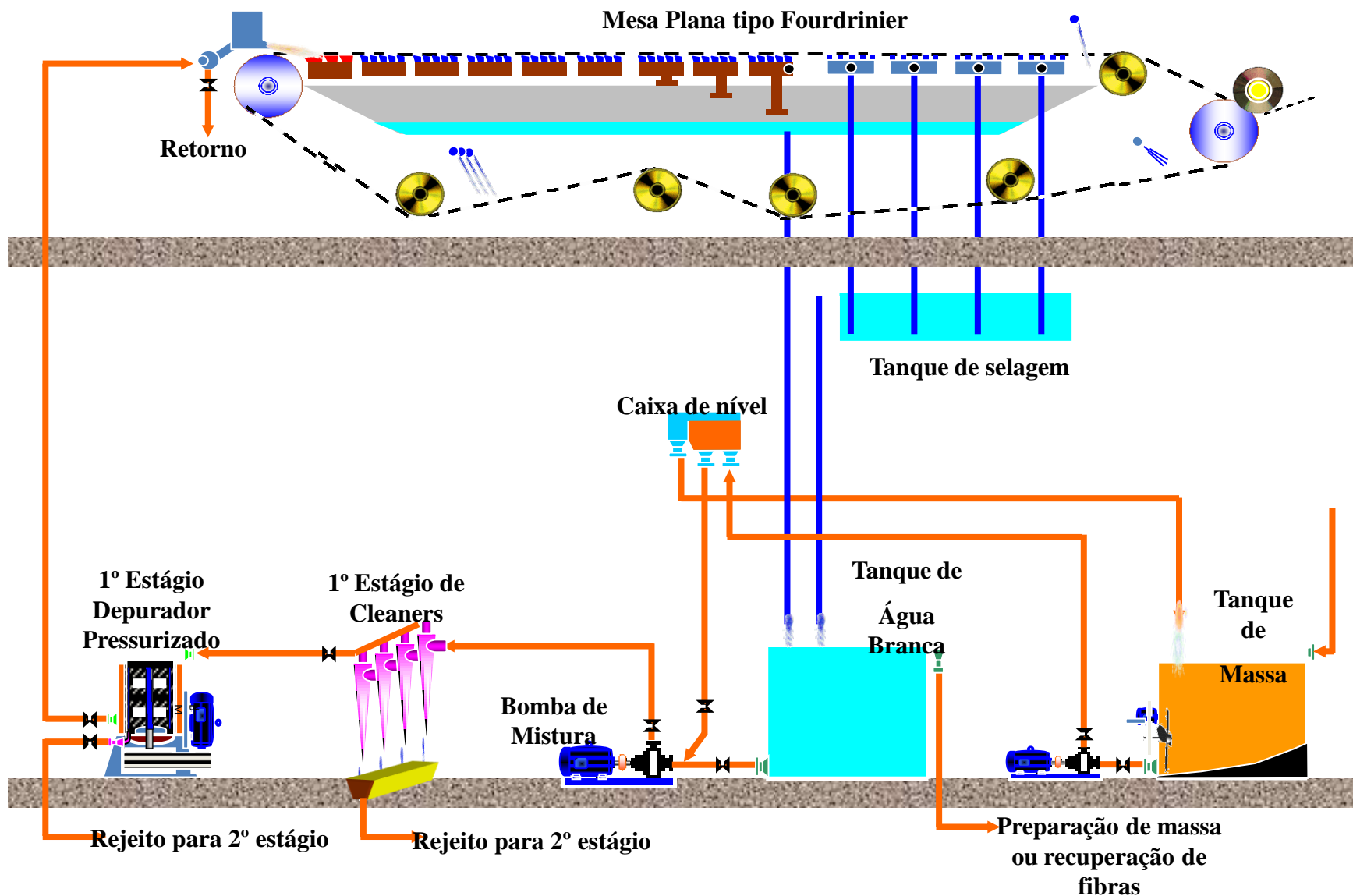
Turboseparadores ou “fiberizer”



Peneiras inclinadas tipo “side hill”



FONTE: indeterminada



FONTE: Prof. Bruno Machado - UNC

4. Refinação

Por que refinar?

O principal objetivo da refinação consiste em melhorar a capacidade de fibras para se unirem umas com as outras, a fim de formar uma folha de papel com resistência mecânica e com excelentes características para **seu uso final**.

Para poder chegar a esses objetivos, as fibras podem chegar a serem encurtadas, hidratadas, fibriladas, operações essas que ajudarão a desenvolver as propriedades como resistência física, absorvência, porosidade e várias propriedades óticas.

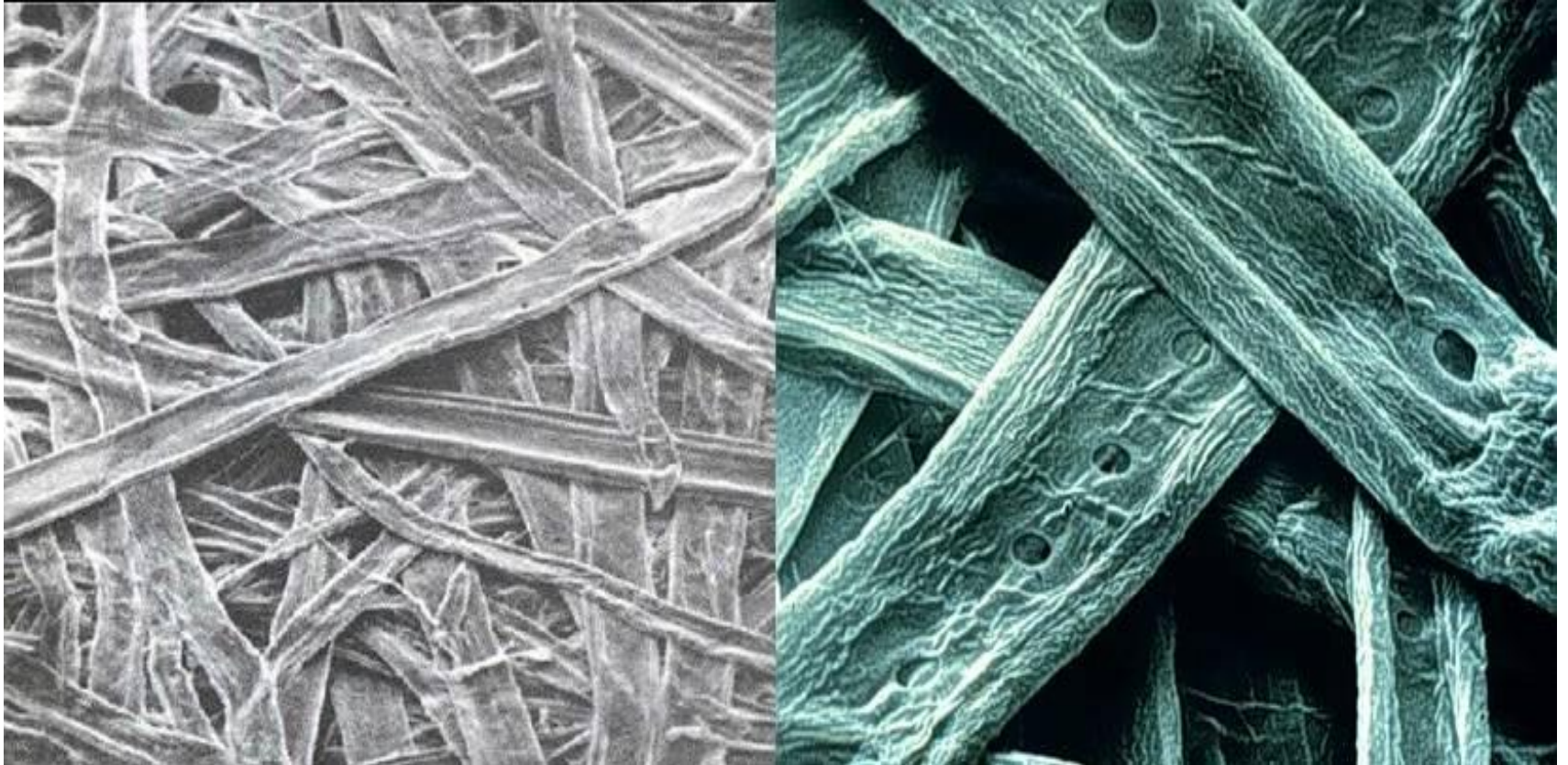
Na prática, as fibras branqueadas de celulose não possuem na sua superfície as hemiceluloses, as quais foram dissolvidas durante o processo de cozimento e branqueamento.

No entanto, quanto às fibras ficam submetidas à refinação, suas paredes são destacadas e abertas, dando acesso às hemiceluloses ainda presentes. Logo em seguida, inicia a hidratação.

O volume de uma fibra hidratada, ou inchada, ou intumescida pode aumentar até 2 a 3 vezes em relação a fibra original.

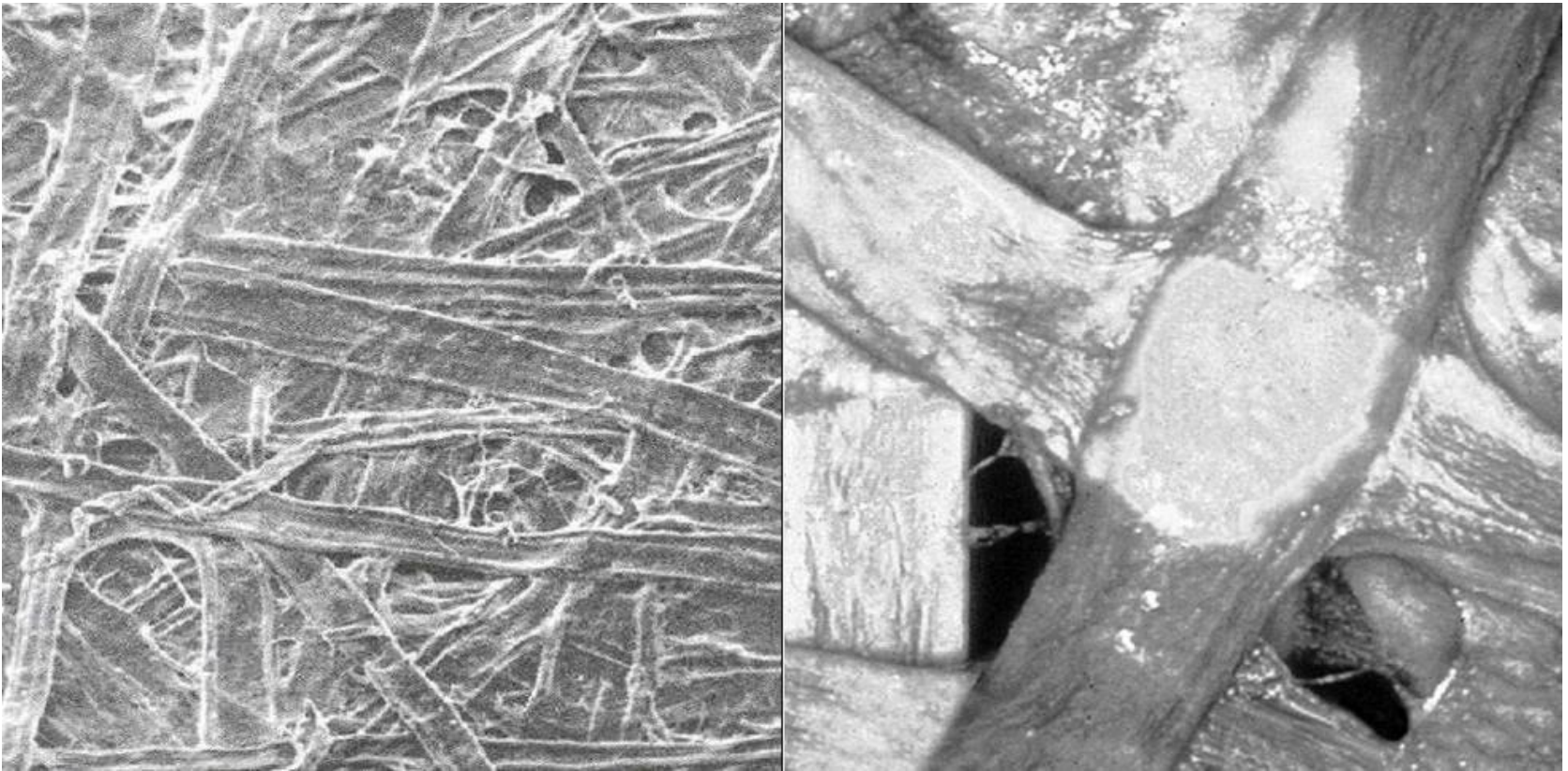
Como exemplo, podemos ver o seguinte: uma massa refinada até 19 °SR sofre um acréscimo em teor de água de 56 %, enquanto se a mesma massa for refinada até 73 °SR, o acréscimo atingirá o valor de 244 %.

Superfície de uma folha com pasta não refinada



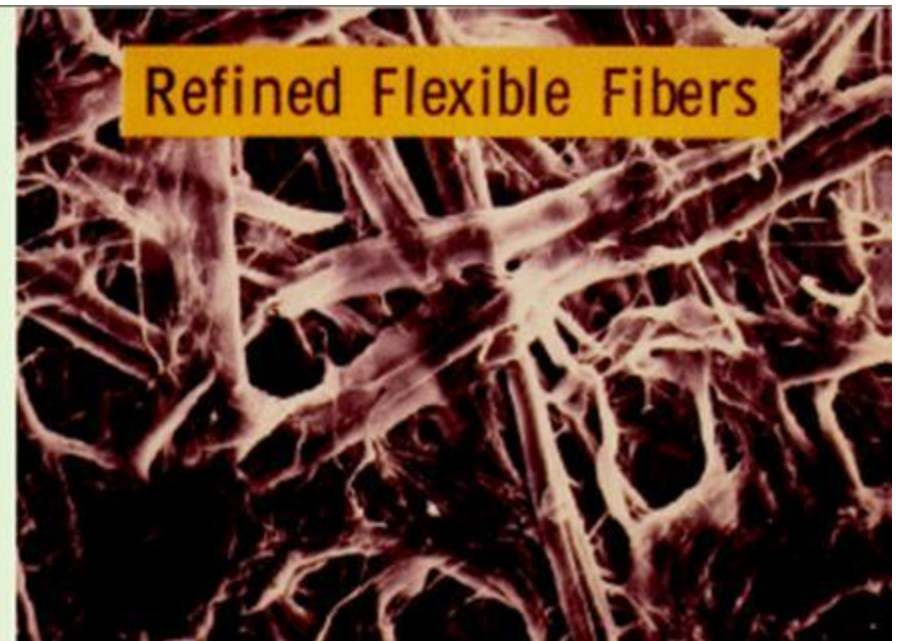
FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP

Superfície de uma folha com pasta refinada

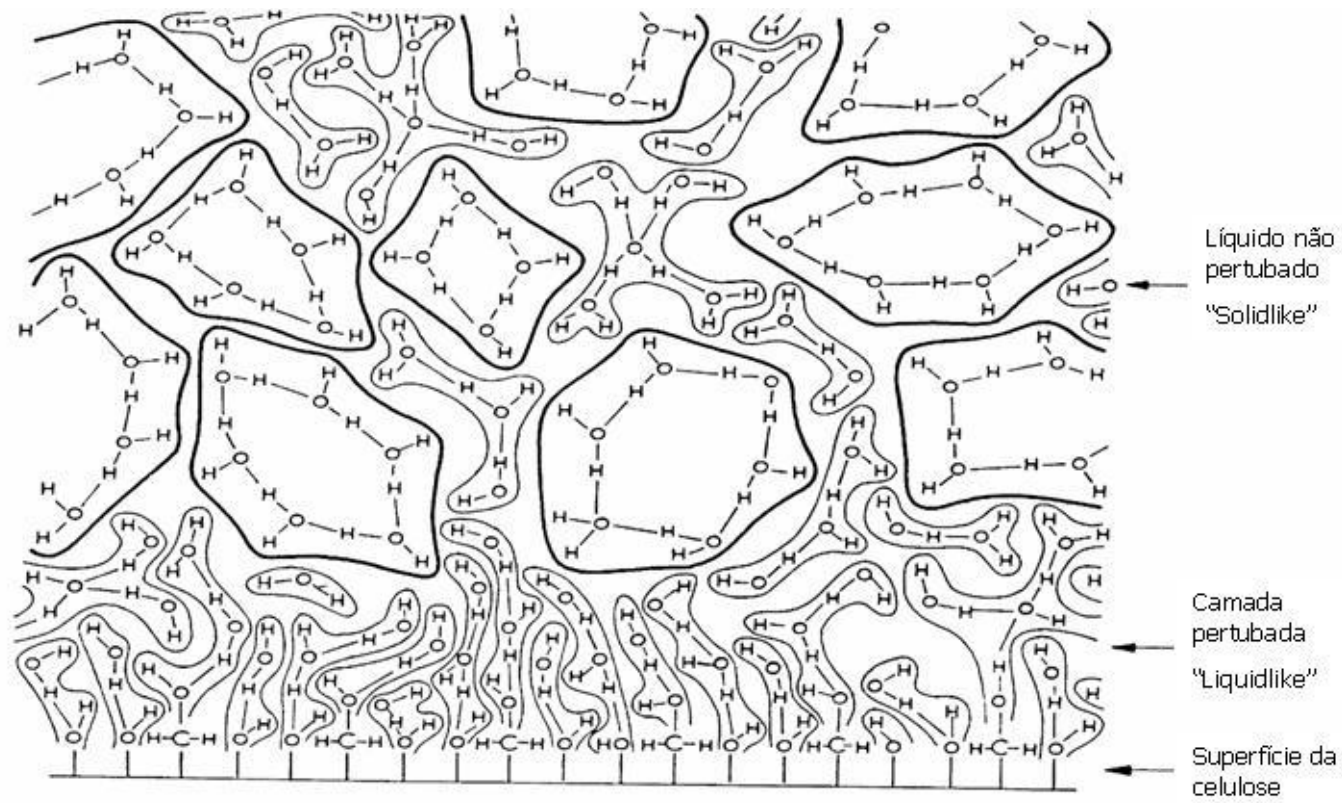


FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP

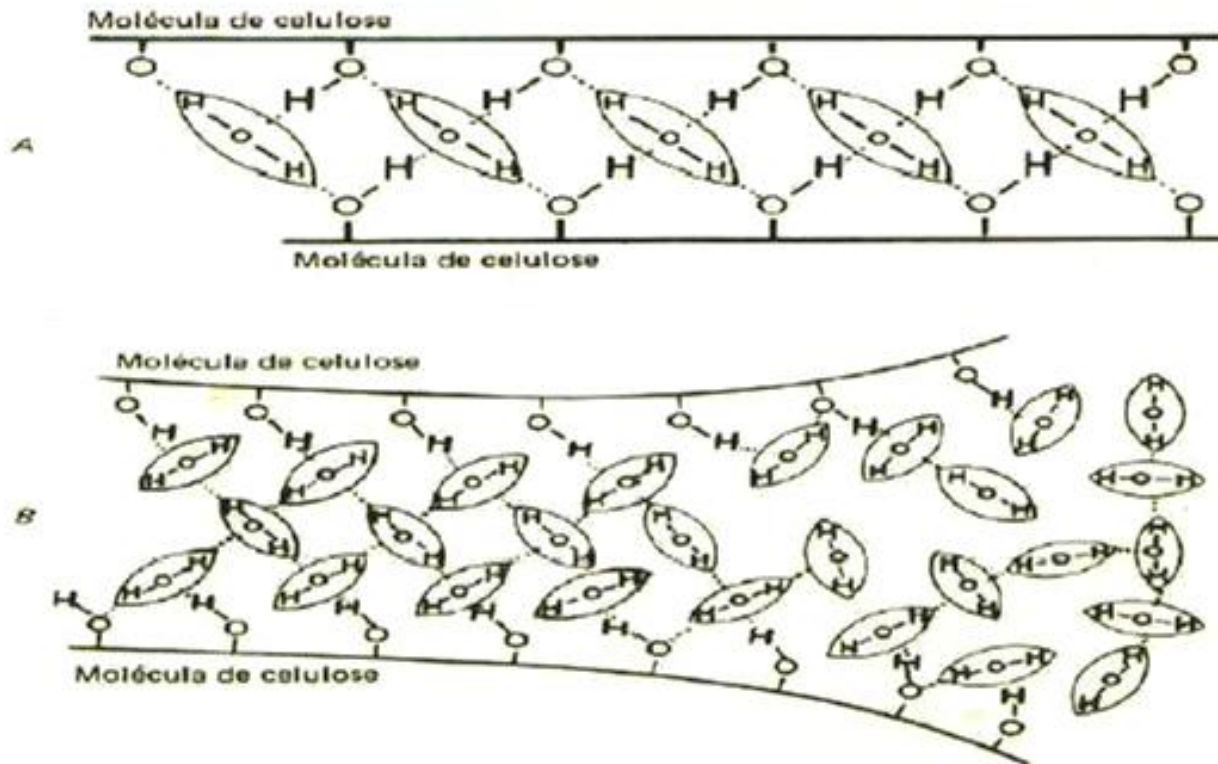
Outro exemplo:



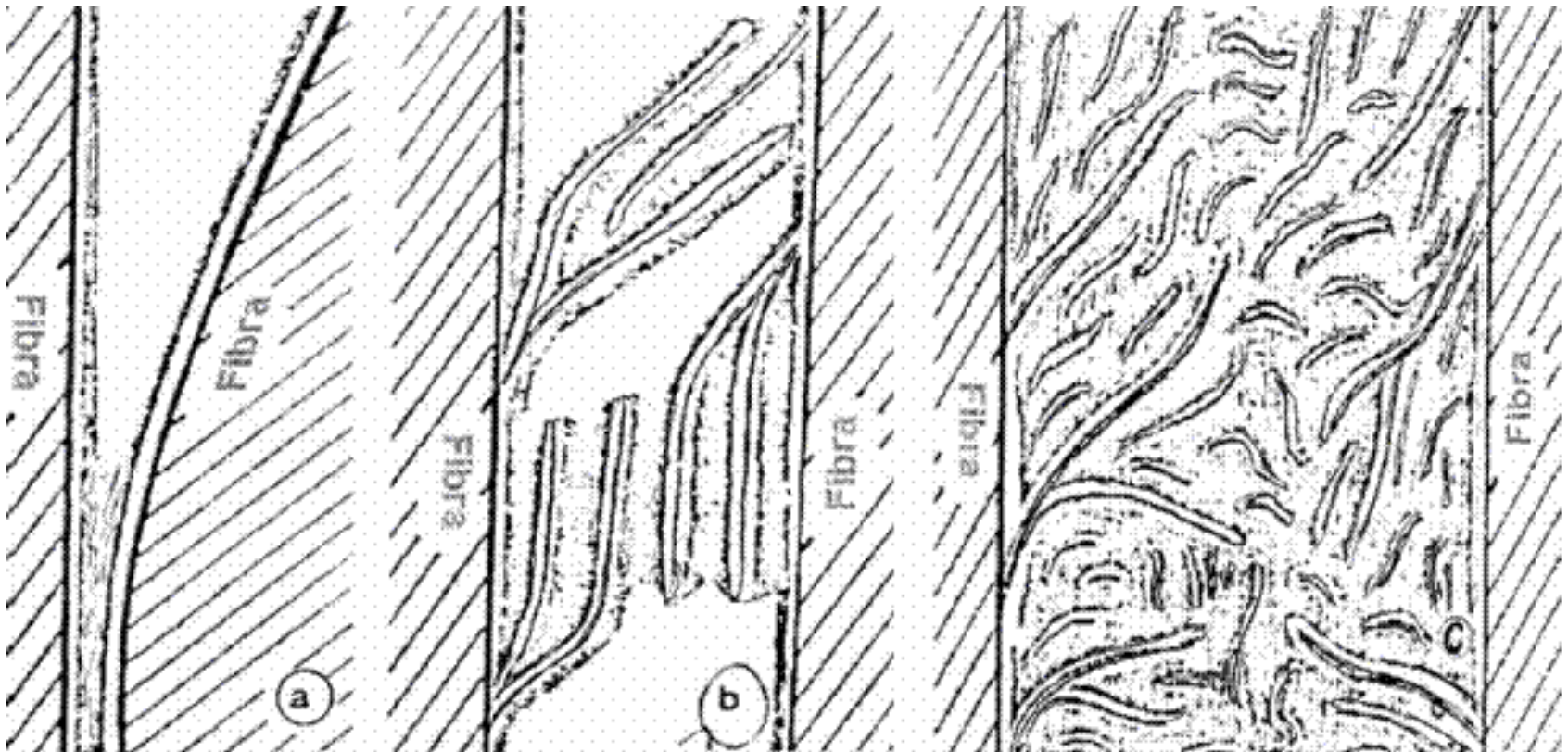
União das moléculas d'água por pontes de hidrogênio



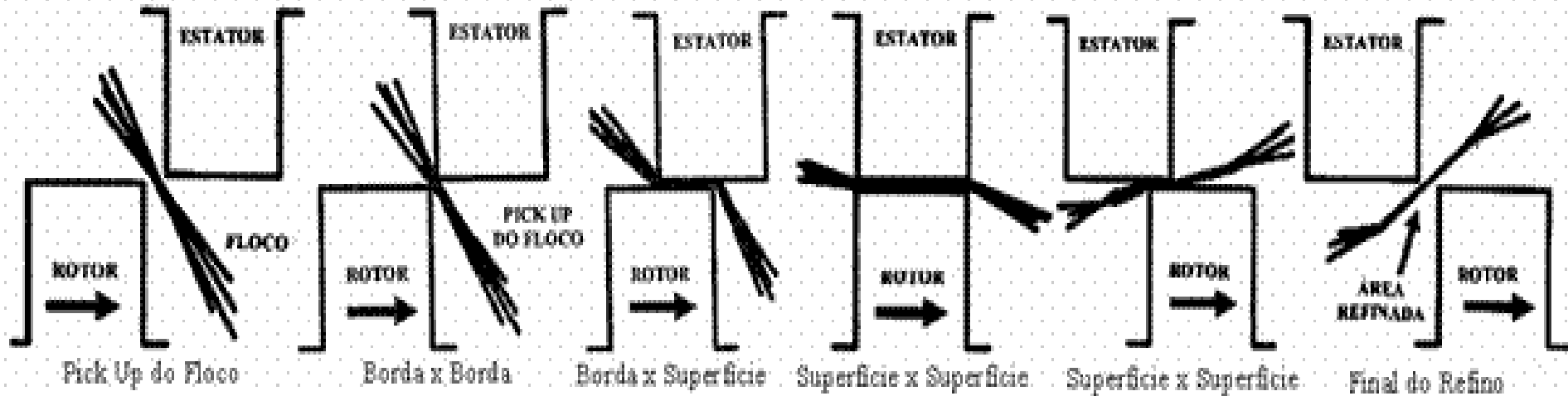
Inserção de água por meio da refinação (hidratação)



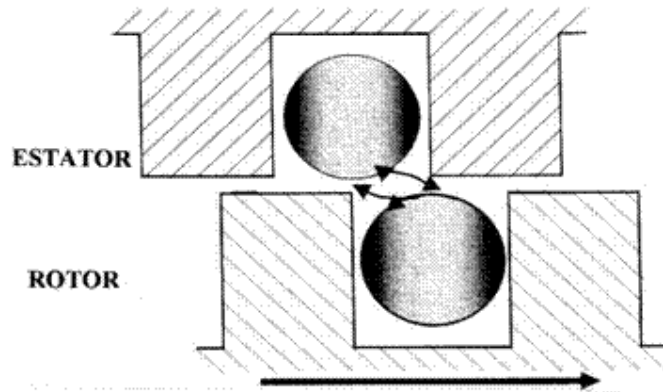
Três casos diferentes quanto aos pontos de contato entre as fibras



Mecanismo de refinação e seqüência de passos



Teoria dos flocos



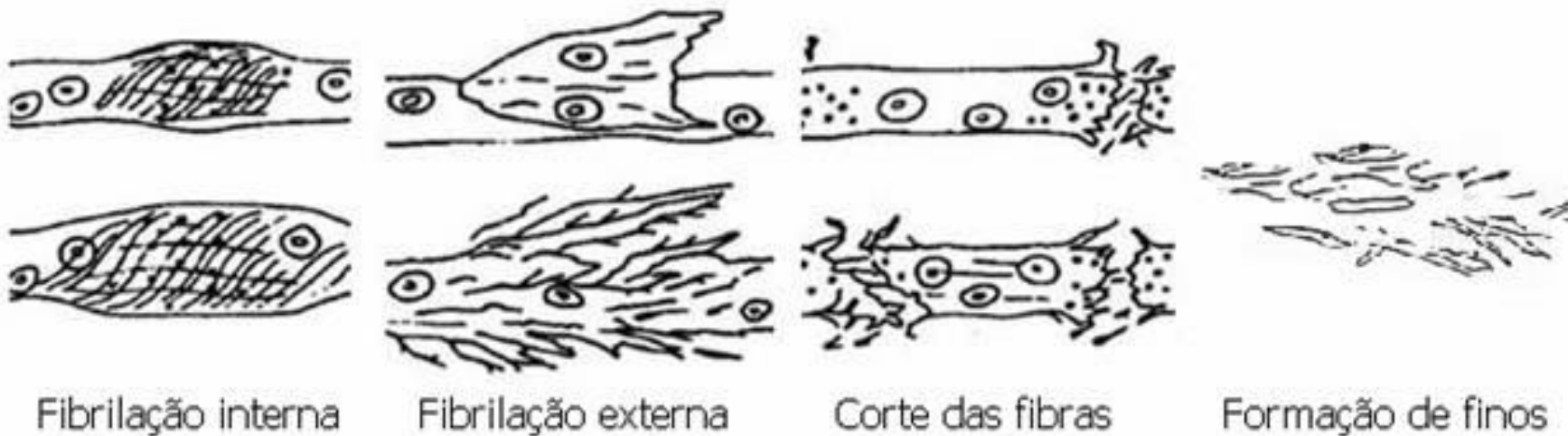
As fibras, presentes na massa, fazem parte dos flocos, ou seja, não existem individualmente e não podem mover-se independentemente. Isso ocorre na massa de consistência compreendida entre 2 a 6%.

Com a manipulação da massa, como agitação, bombeamento, depuração, os flocos se deformam e formam continuamente.

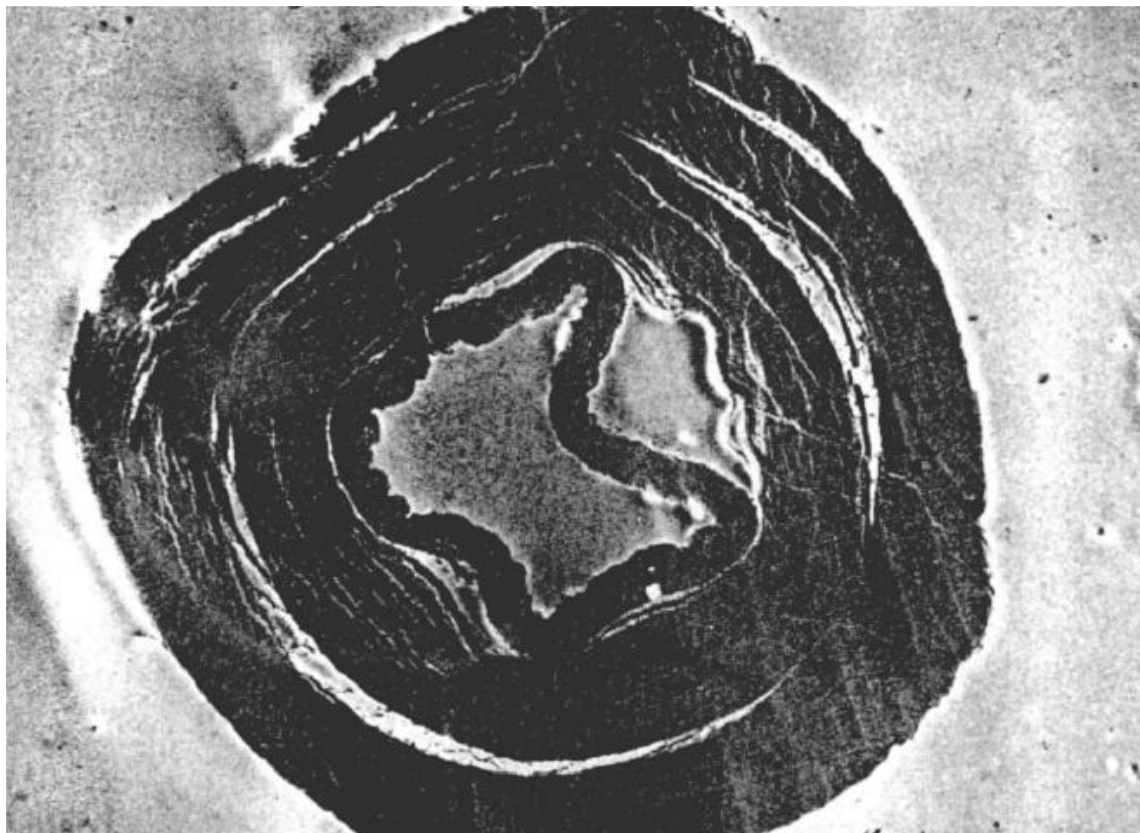
Esse fenômeno ocorre também durante o refino, quando a massa passa por refinador, atravessando os sulcos e lâminas (barras).

O diâmetro de um floco, dependendo do tipo de fibras e da consistência, pode variar de **1 a 6 mm**, valor este bastante alto, quando comparado com a folga entre os discos, comumente na faixa de **50 a 150 μm** .

Efeitos primários da refinação

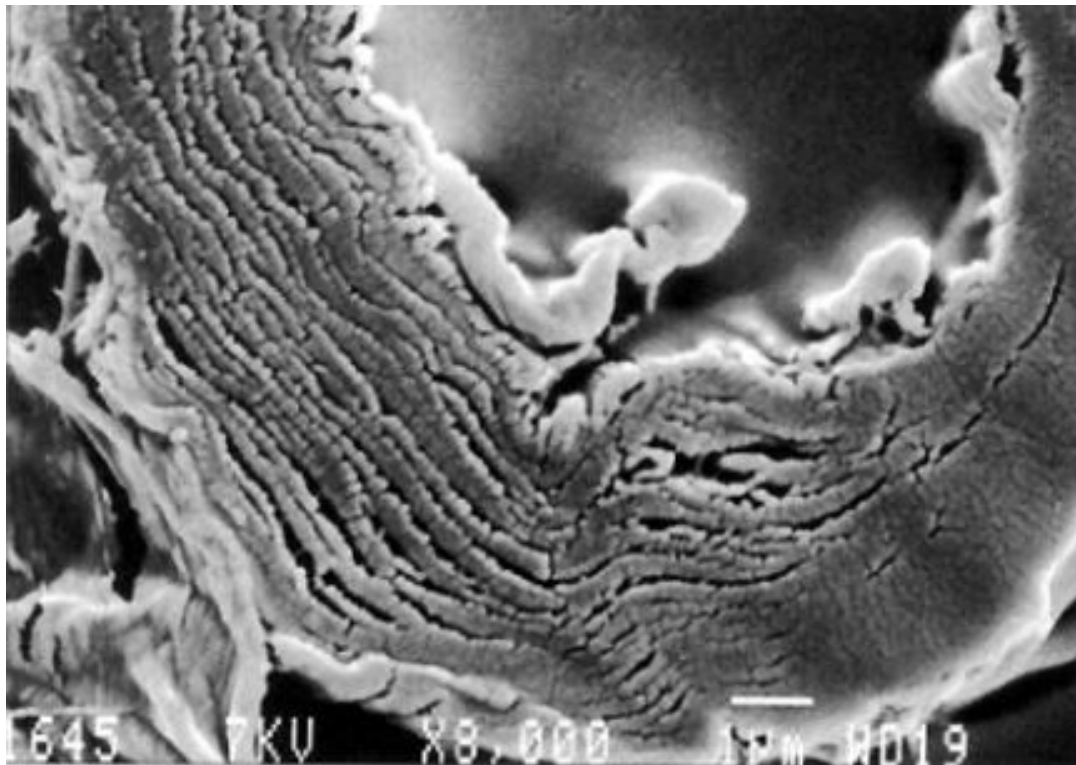


Quebra de ligações na estrutura da fibra (interna)

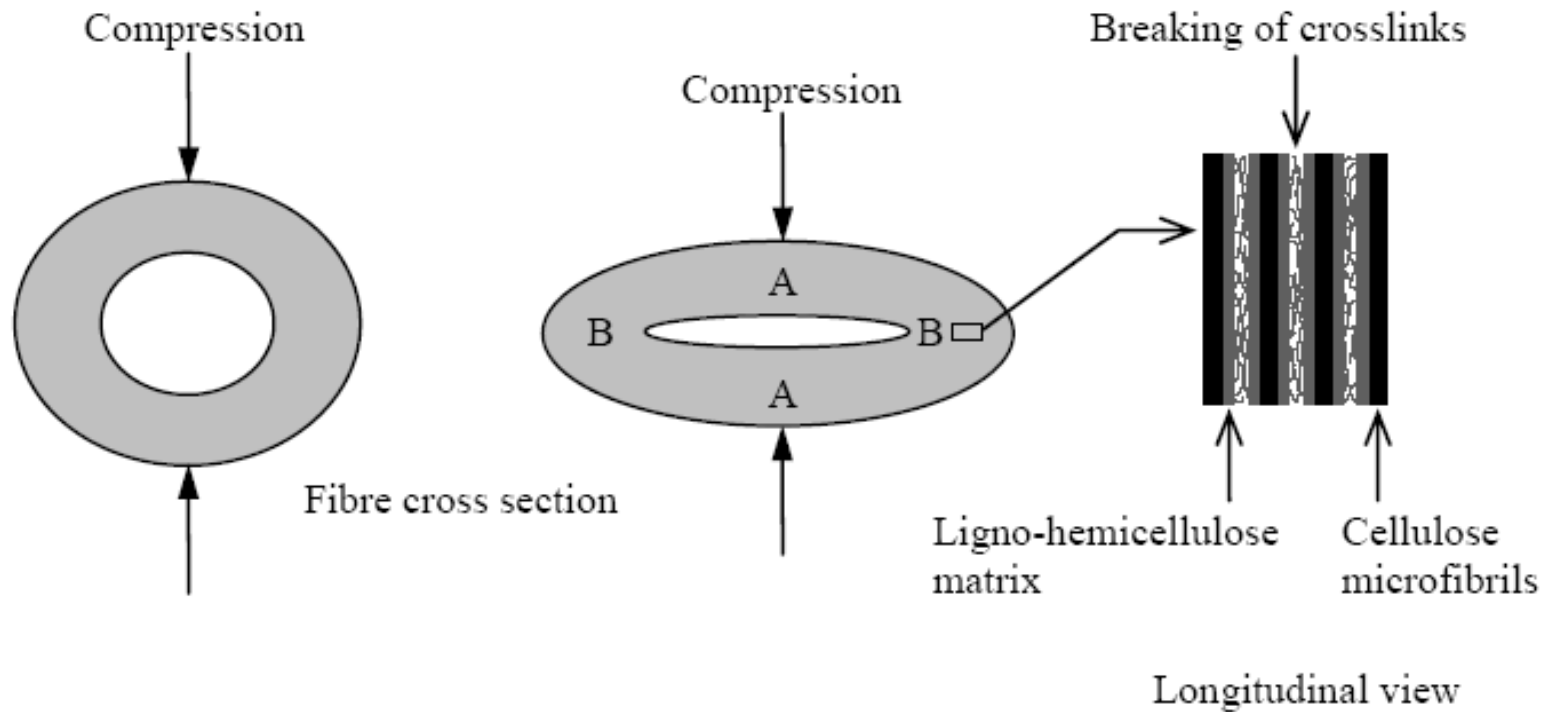


FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP

Exemplo de fibrilação interna de fibras curtas

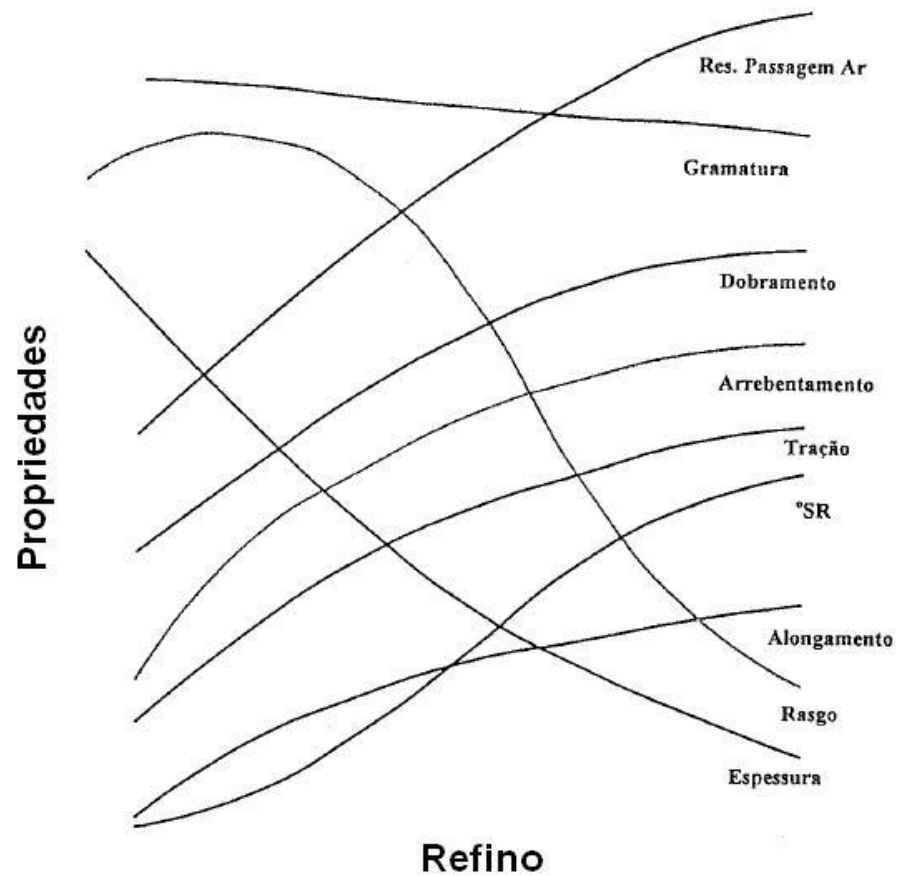


FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP



Um mecanismo proposto de como a **fibrilação interna** pode ser criada por uma ação de compressão. A compressão na região A achata e comprime a fibra e causa uma ruptura na região B, resultando numa quebra nas ligações entre microfibrilas.

Desenvolvimento de propriedades do papel em função do nível de refino

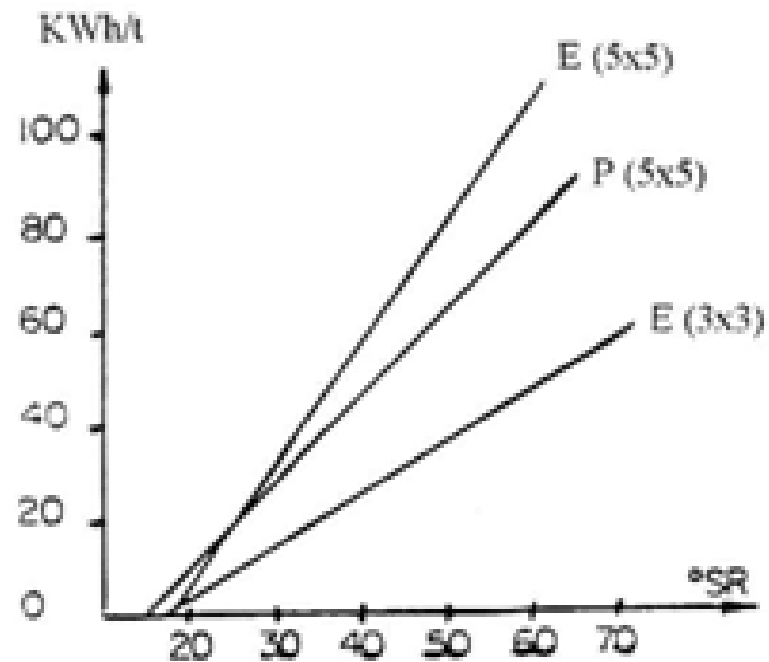


FONTE: Apostila "O processo de produção de papéis" – ABTCP/UFV)

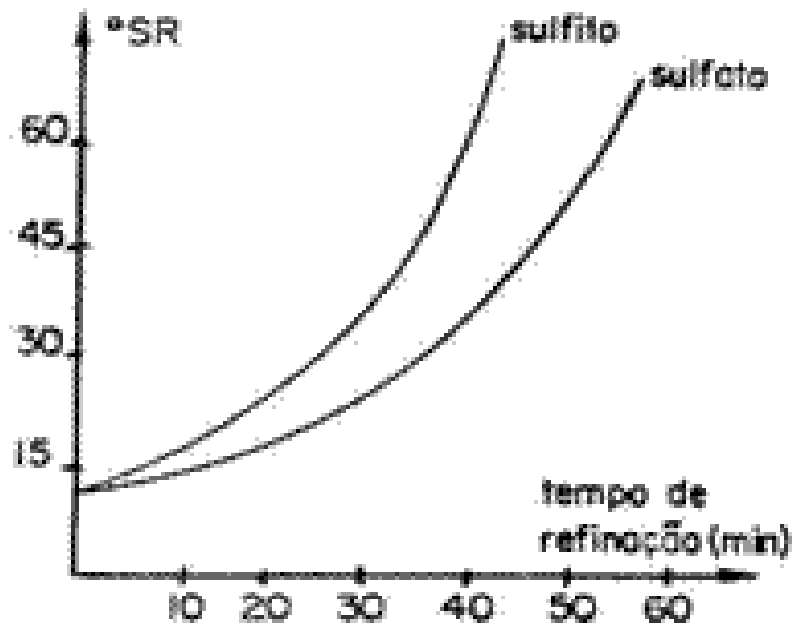
Fatores de influência e afetados pela refinação

Fatores que influenciam no processo			Fatores afetados pelo processo
Variáveis da matéria-prima	Variáveis do equipamento	Variáveis do processo	Alterações desejáveis na estrutura da fibra
Tipo de fibra (espécie de madeira) Método de cozimento Grau de deslignificação Comprimento da fibra Composição química da fibra Método de branqueamento Secagem da massa	Tipos de refinadores Potência motora Velocidade periférica Dimensões das facas e sulcos Ângulo de inclinação e de intersecção Direção do fluxo Comprimento do corte Natureza das guarnições Material e fechamento entre lâminas Presença ou ausência de obstruções (“dams”)	Temperatura pH Consistência Pressão específica Entreferro Vazão da massa Energia aplicada Consumo específico Carga específica de lâmina (ou aresta) Arranjo dos refinadores	Flexibilidade Colapsamento Fibrilação Relação adequada entre corte e fibrilação.

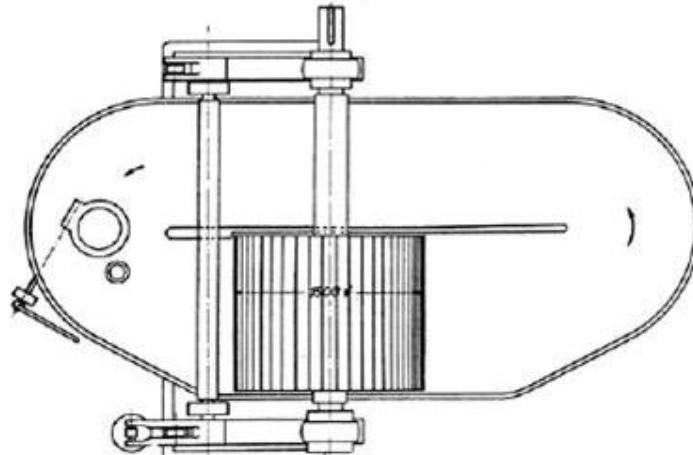
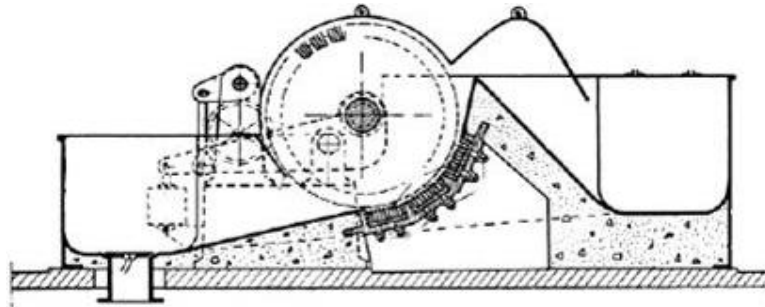
Largura e espaçamento entre as lâminas para duas fibras diferentes



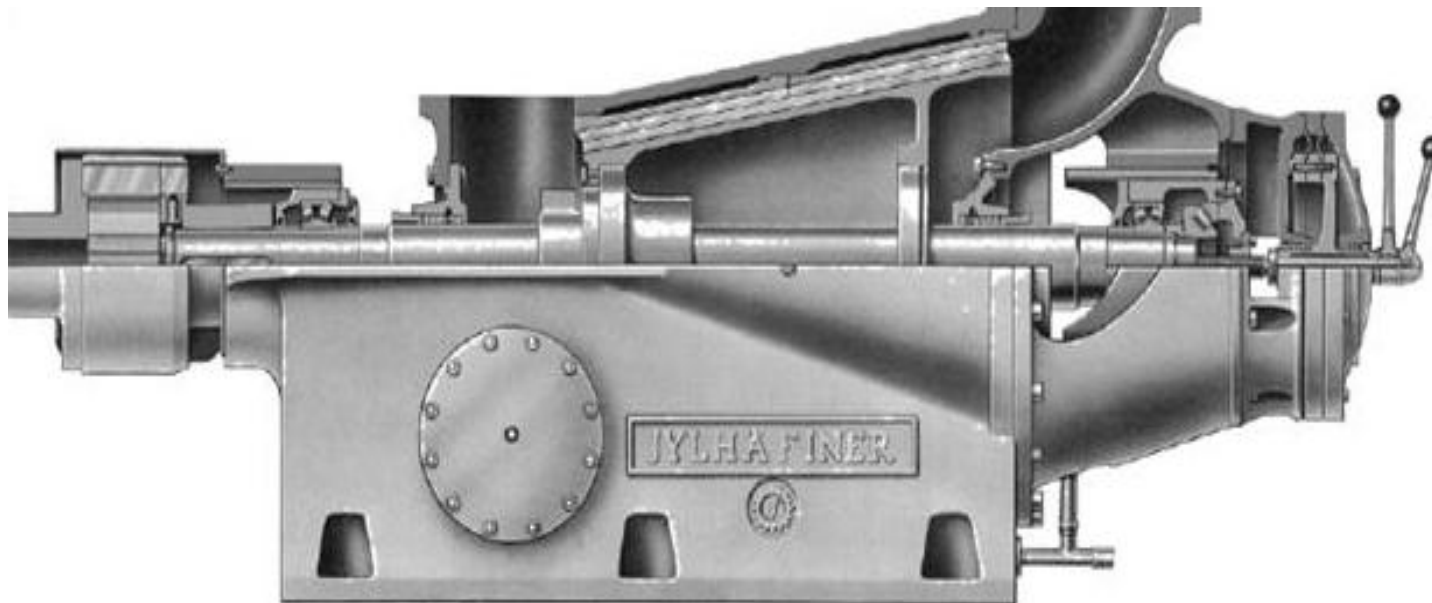
Tempo de refinação para processo sulfito e sulfato



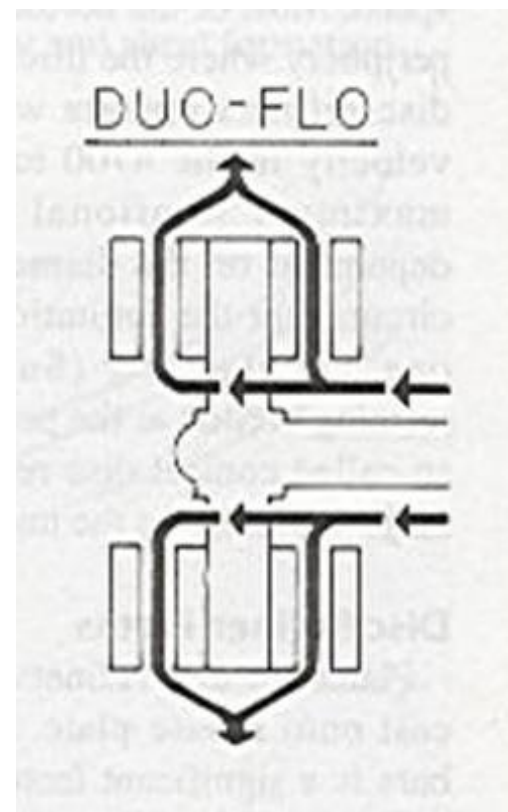
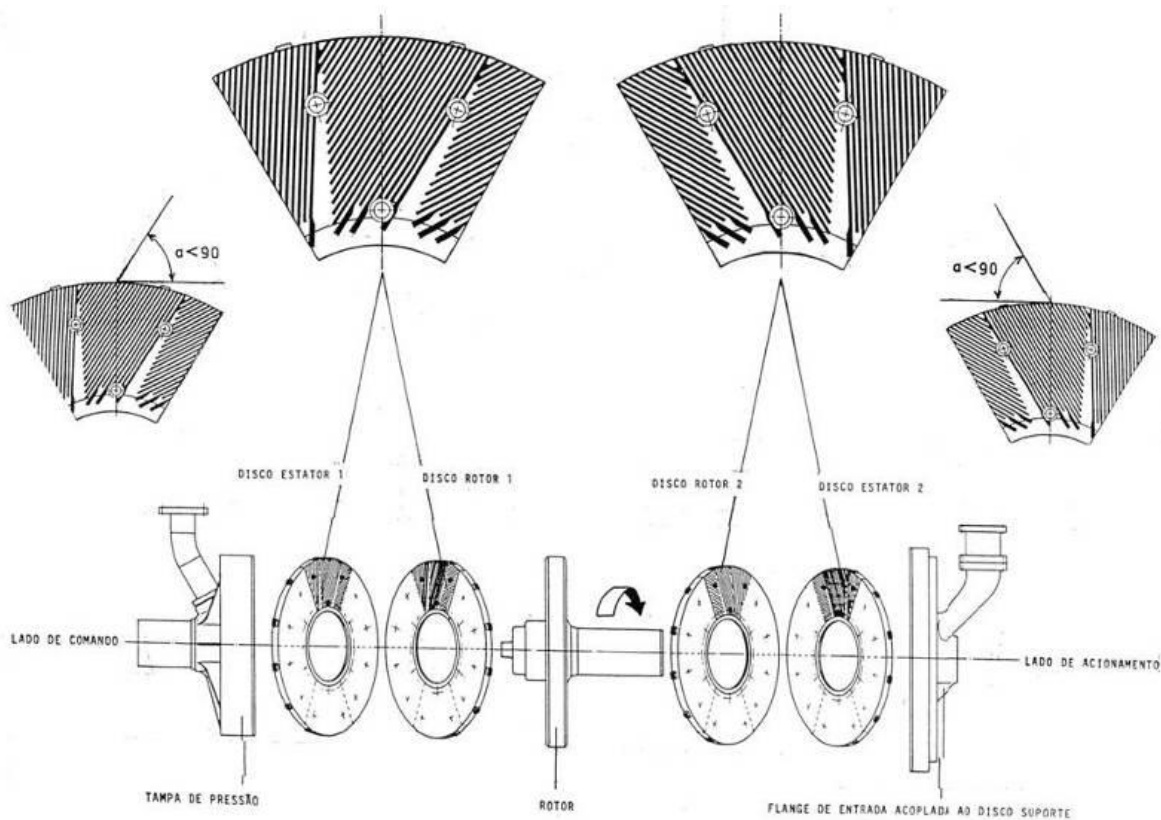
Holandesas



Refinadores do tipo “Jordan”

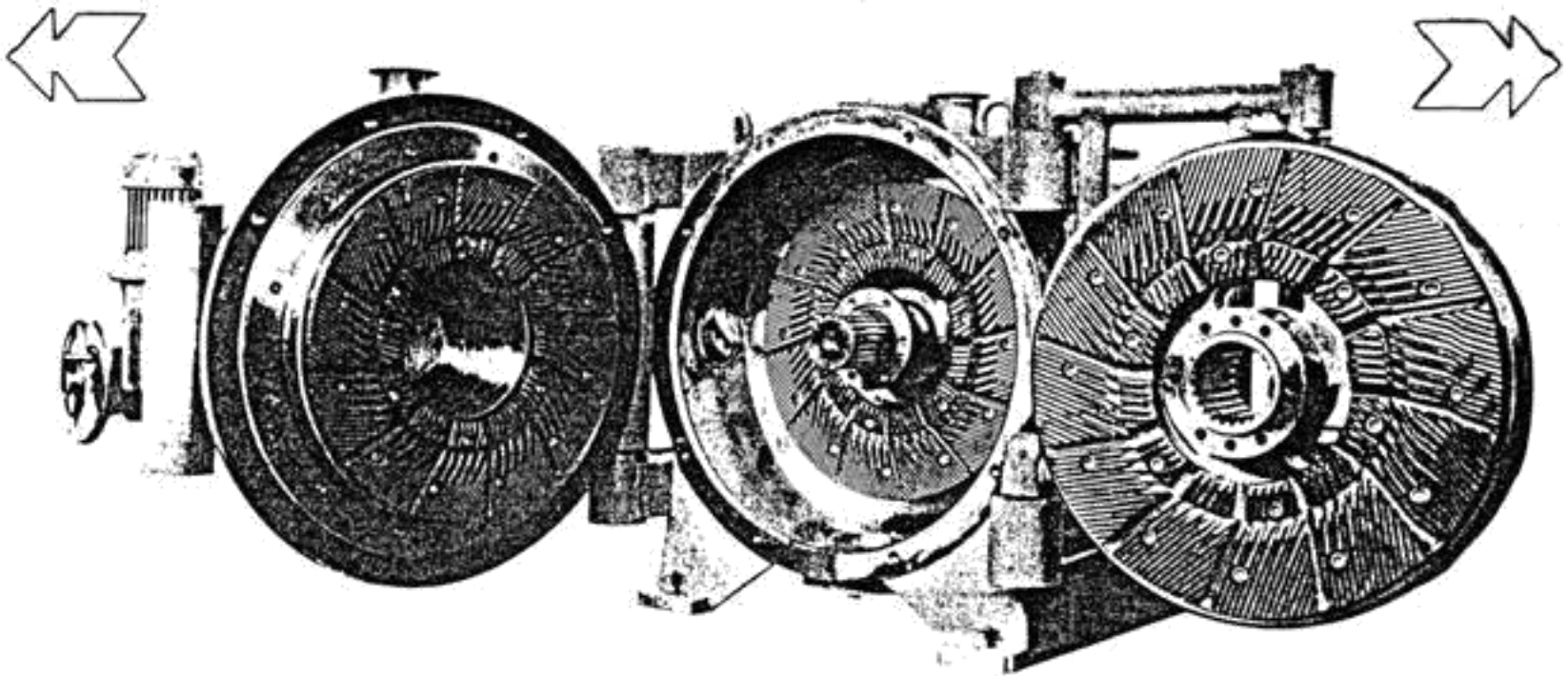


Refinador de discos duplos



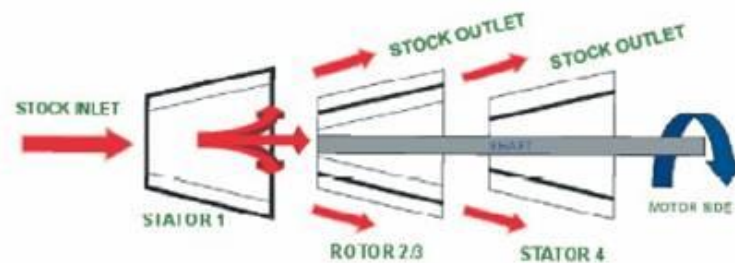
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" – ABTCP

Refinador de discos duplos (aberto)



FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP

Refinador “tricônico”



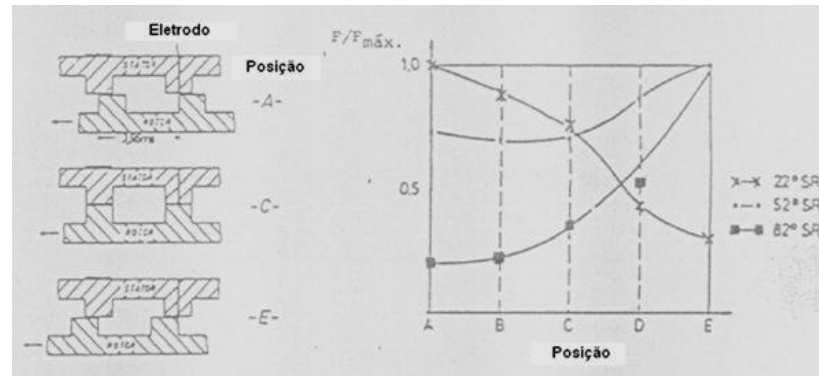
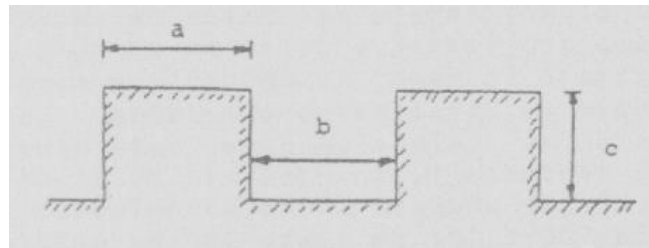
FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP

Potência motora e velocidade periférica

DIÂMETRO DOS DISCOS (mm)	500	600	700	900	1000	1200
POTÊNCIA (HP)	300	400	500	600	1000	1500
ROTAÇÃO (RPM)	1200	750	600	500	400	300

	REFINO BC	REFINO MC	REFINO AC
Consistência (%)	2 - 6	10 - 20	30 - 40
Velocidade periférica (m/s)	15 - 25	40 - 50	90 - 110

Dimensões das facas e dos sulcos

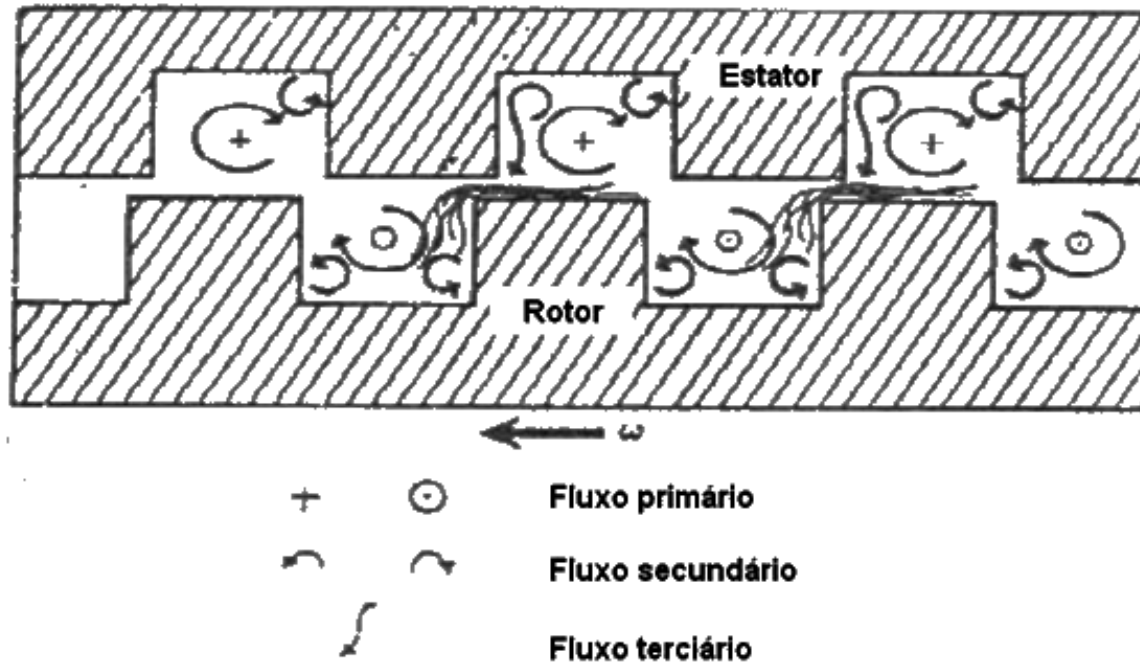


FONTE: Apostila "Tecnología del papel" – E.T.S.I.I.T

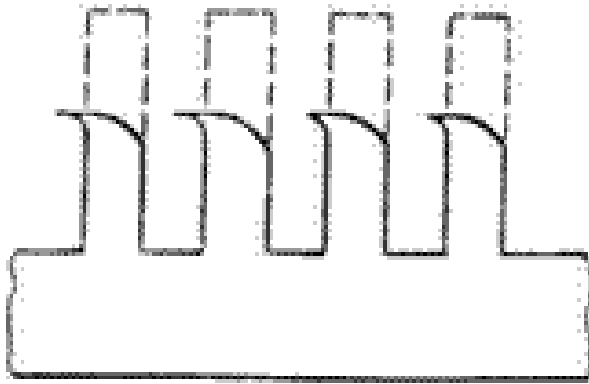
Alguns novos desenhos de discos



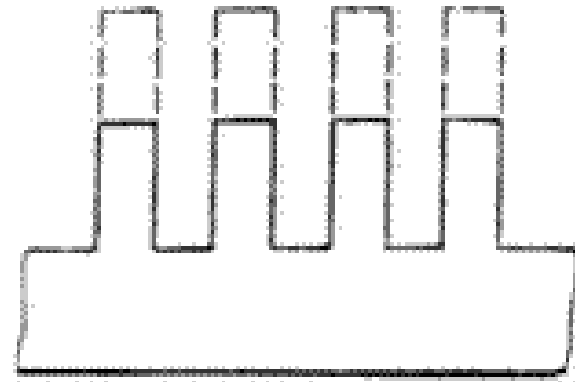
Fluxos no interior dos canais



Desgaste dos discos dos refinadores

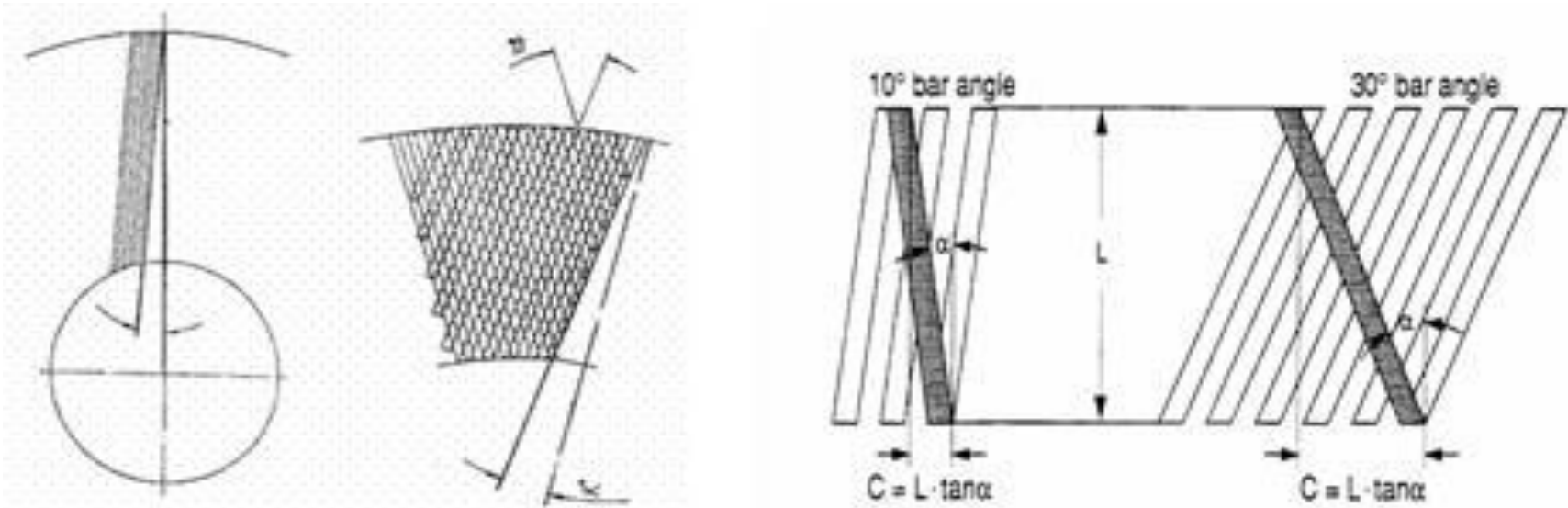


ERRADO

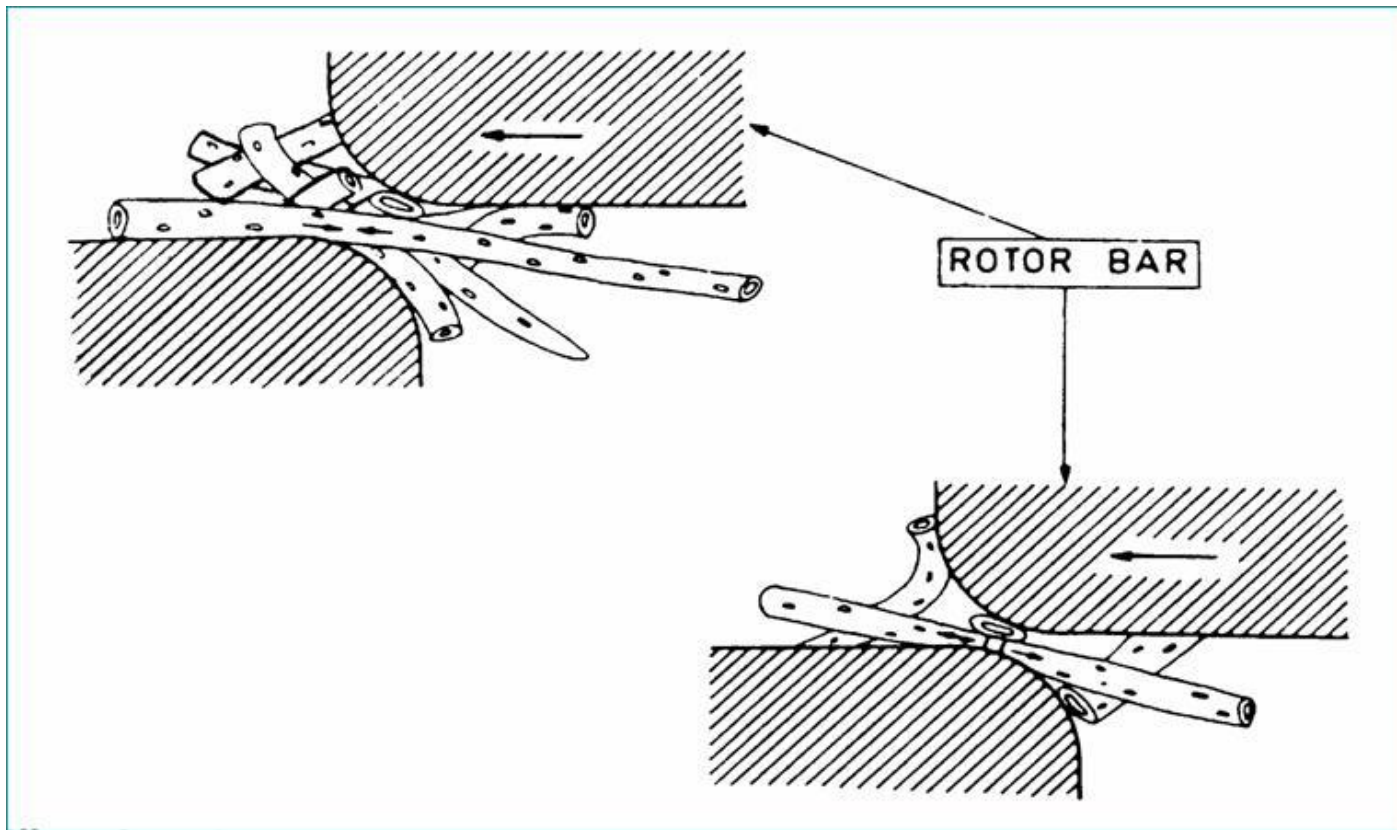


CERTO

Ângulo de inclinação e de intercessão

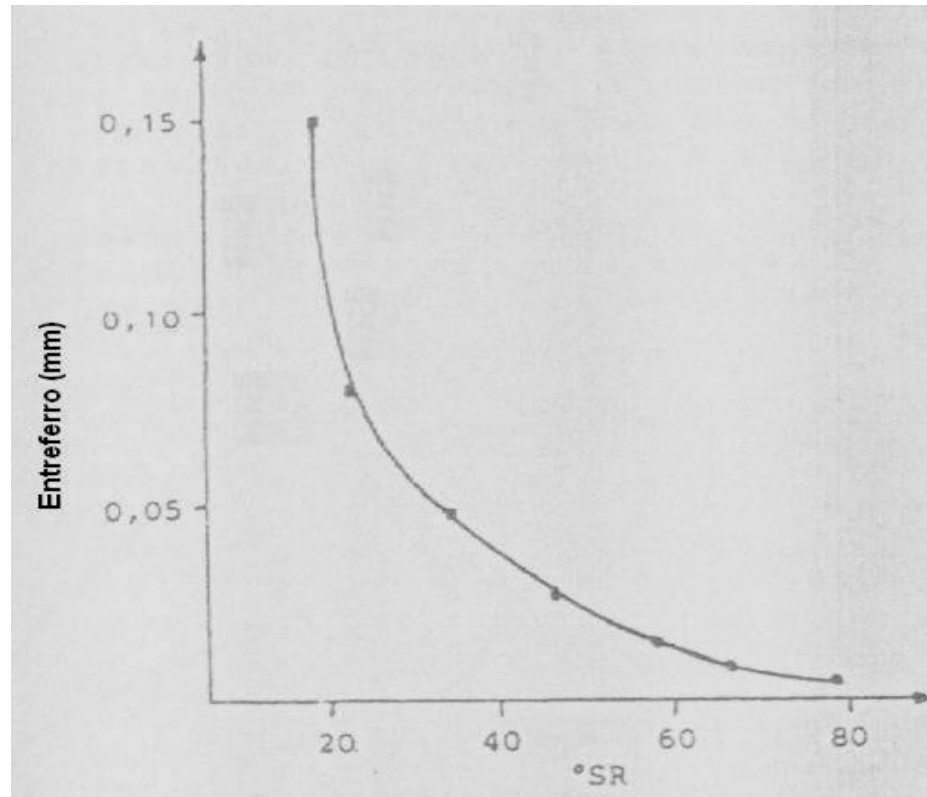


Efeito da consistência sobre a refinação



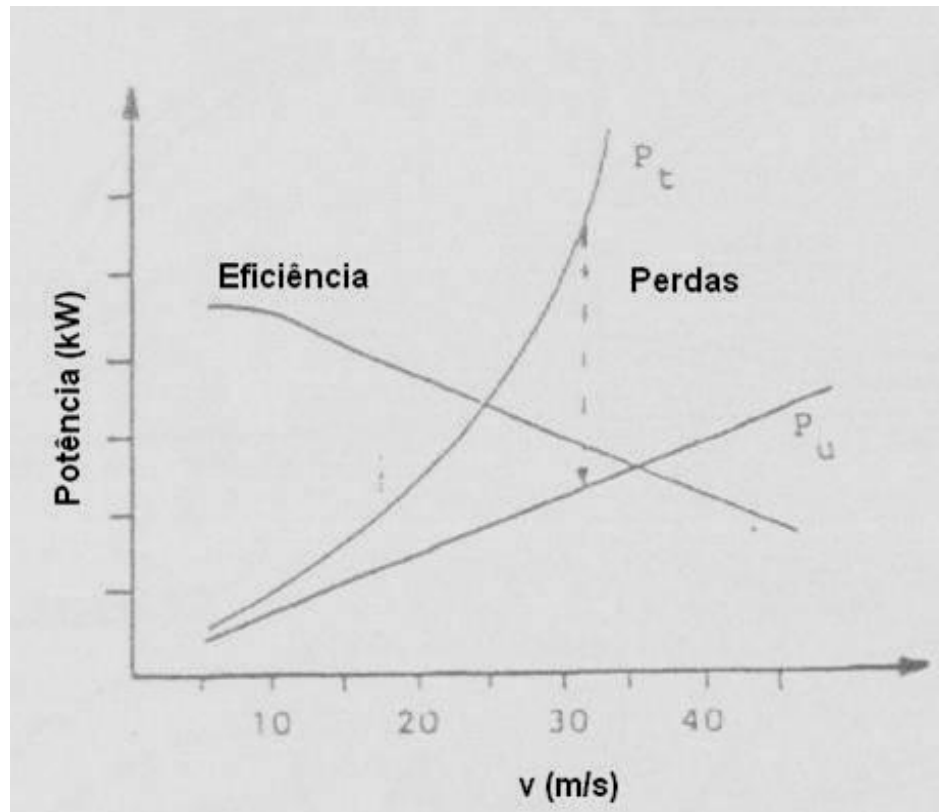
FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP

Grau de refino em função da distância do entreferro



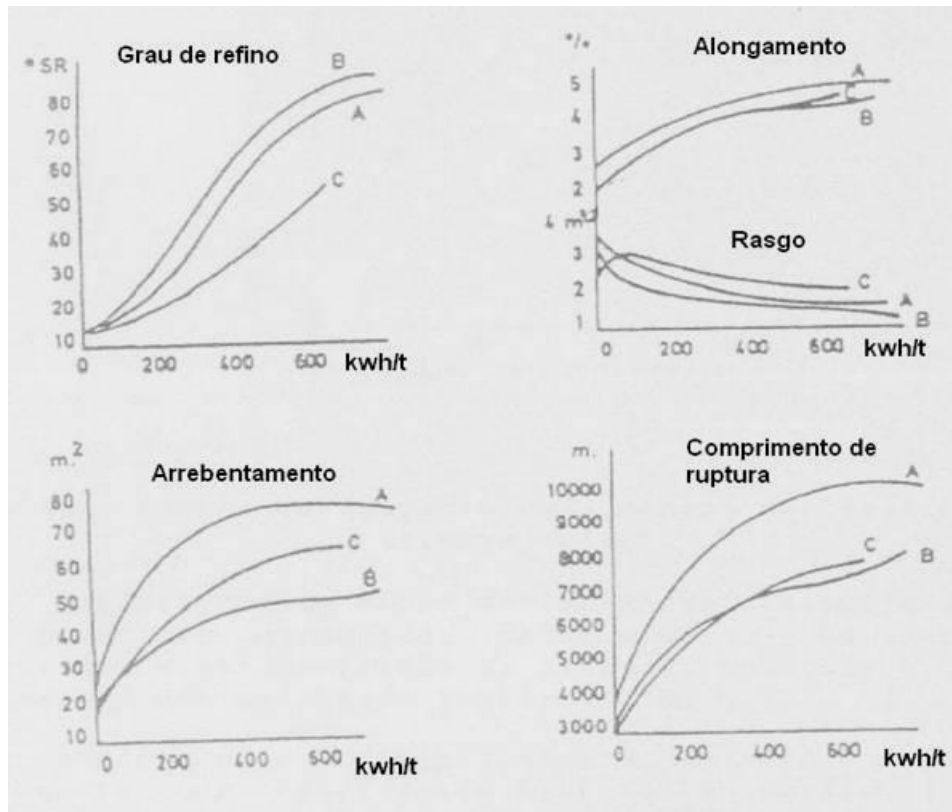
FONTE: Apostila "Tecnología del papel" – E.T.S.I.I.T

Potência útil e perdas



FONTE: Apostila "Tecnología del papel" – E.T.S.I.I.T

Consumo específico de energia



FONTE: Apostila "Tecnología del papel" – E.T.S.I.I.T

Carga específica de lâminas

Specific Edge Load (SEL) =>

**“Quantidade de energia transferida às fibras,
quando do cruzamento de 1m de facas”.**

$$\text{SEL} = (P - P_0) / n \cdot Z_r \cdot Z_s \cdot l \quad (\text{w.s/m})$$

n: velocidade do motor,

P: Potência aplicada;

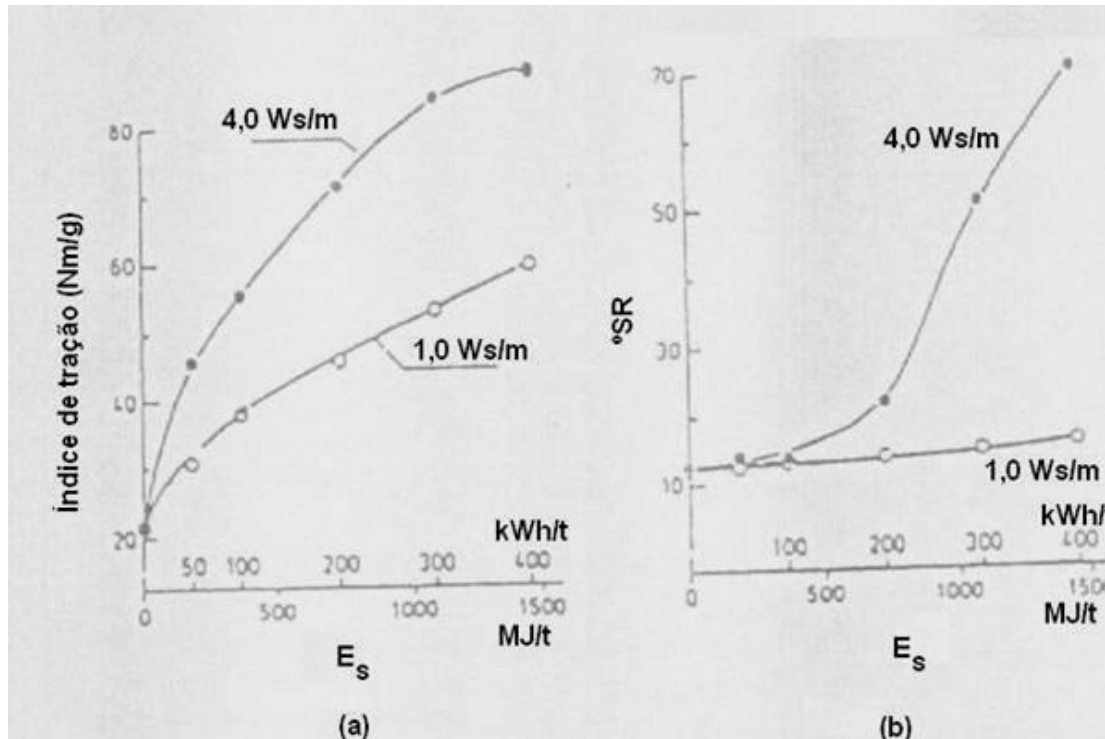
Z_r: número de facas do rotor;

P₀: Potência em vazio.

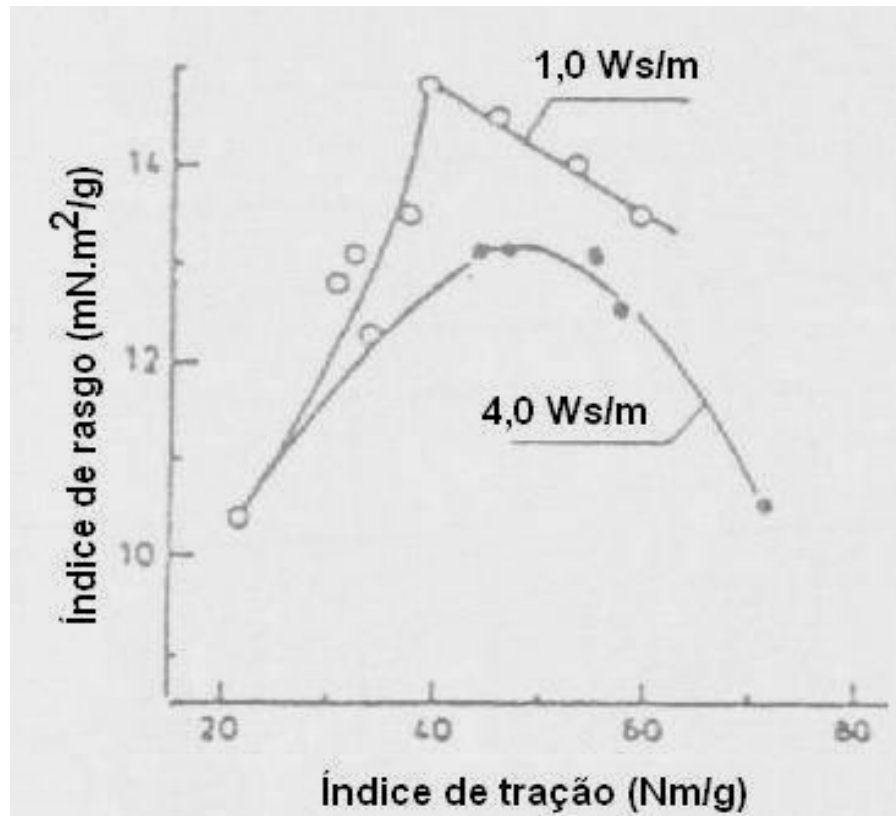
Z_s: número de facas no estator;

l: comprimento das facas;

Carga específica de lâminas

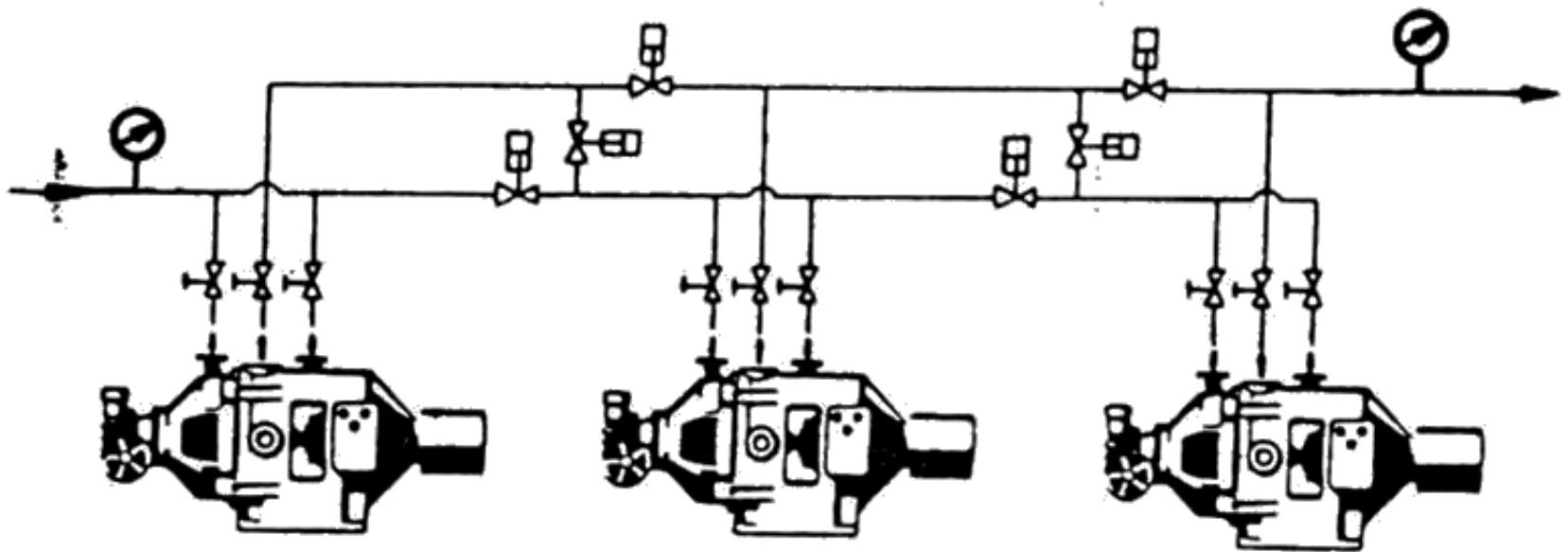


Carga específica de lâminas

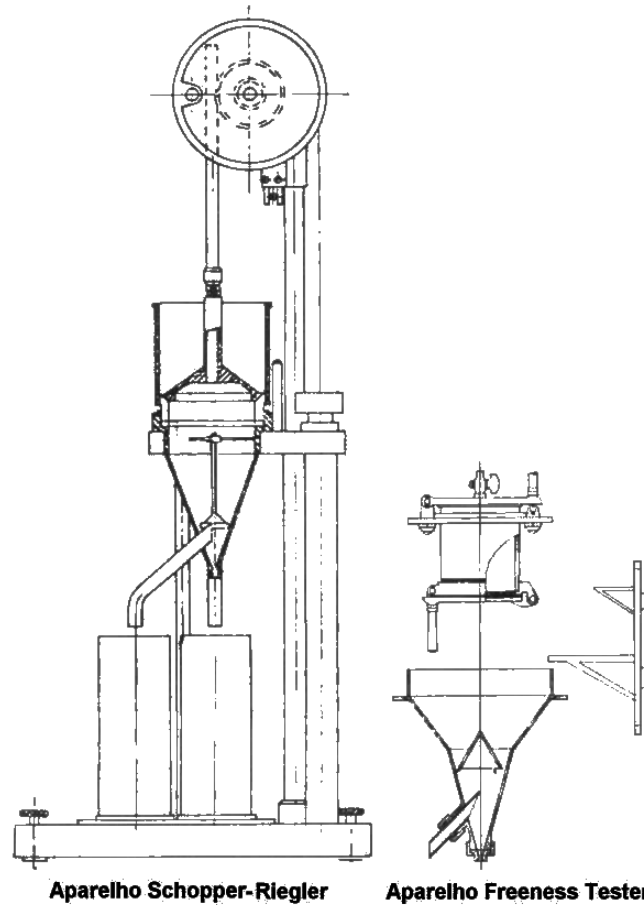


FONTE: Apostila "Tecnología del papel" – E.T.S.I.I.T

Arranjo dos refinadores

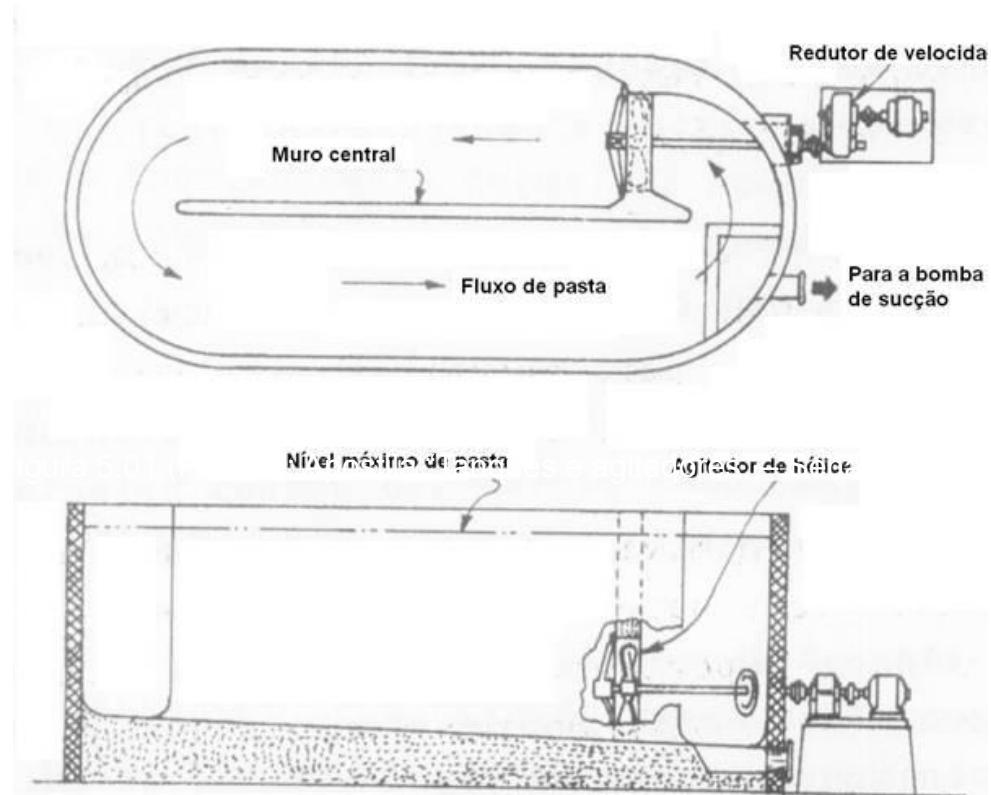


Medição de grau de refino

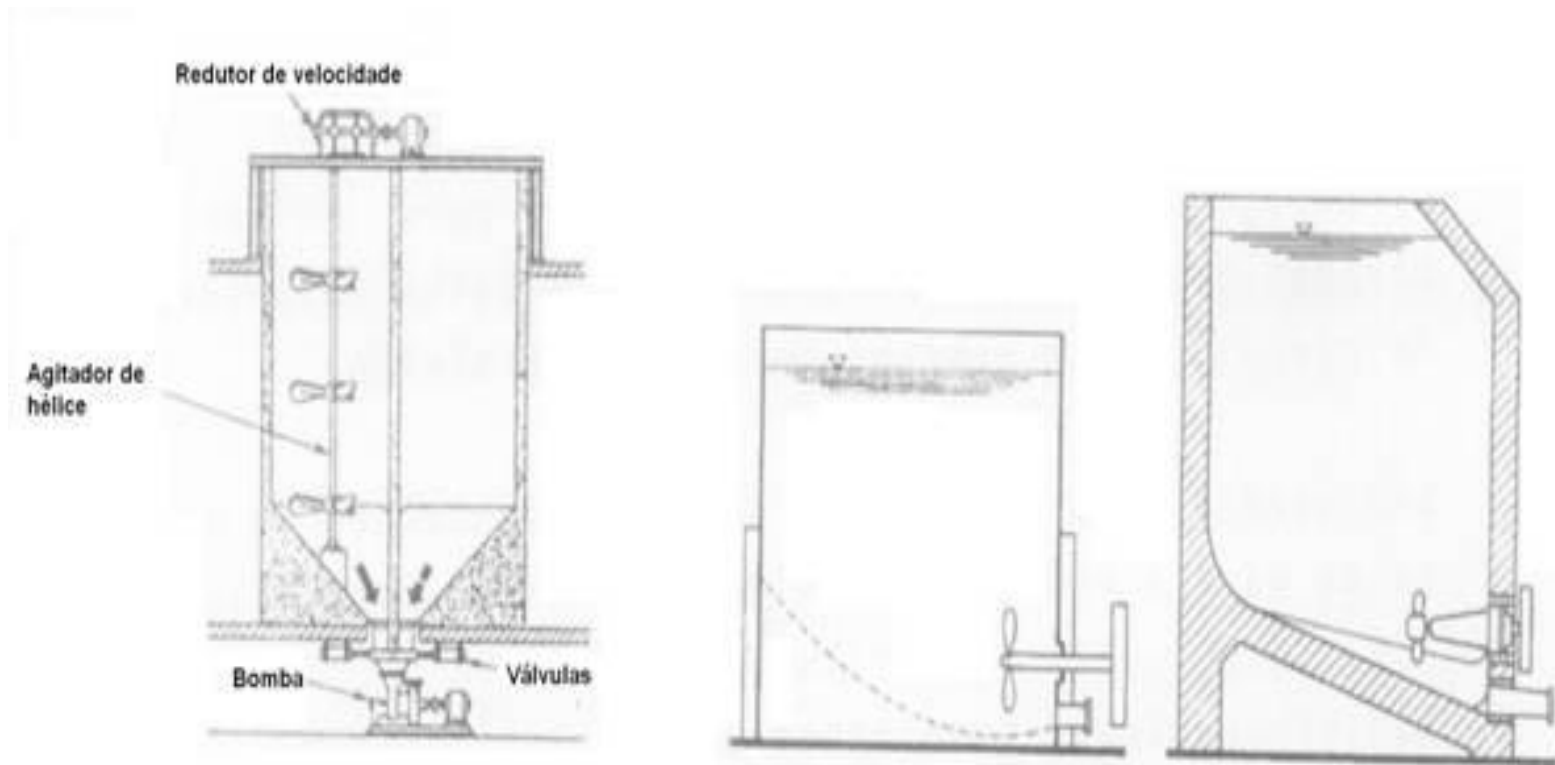


FONTE: Curso de fabricação de papel (E. S. Campos)

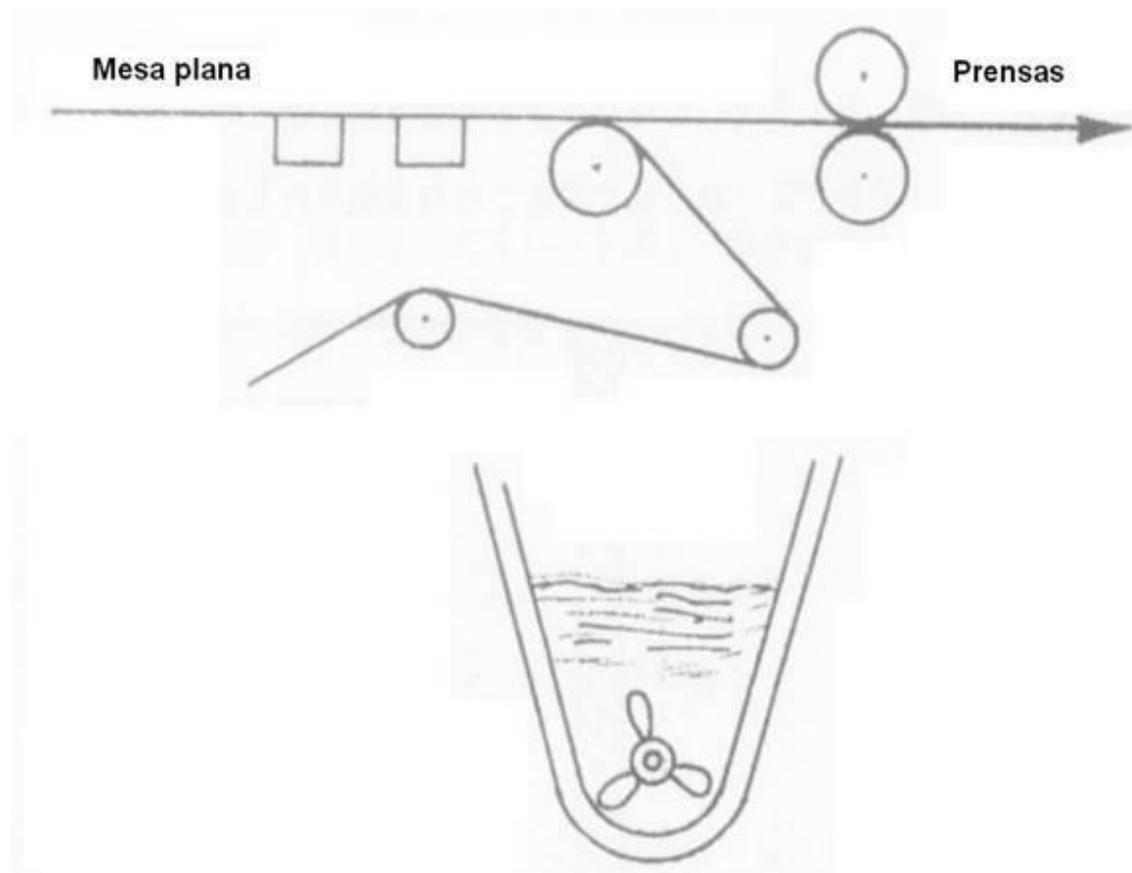
Tanques horizontais



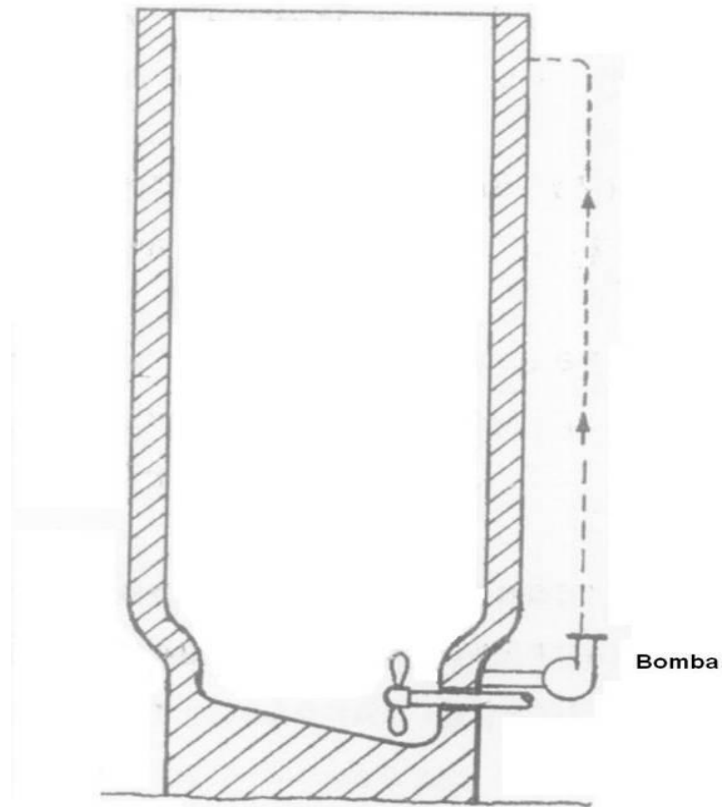
Tanques verticais



Tanques de “couch pit”

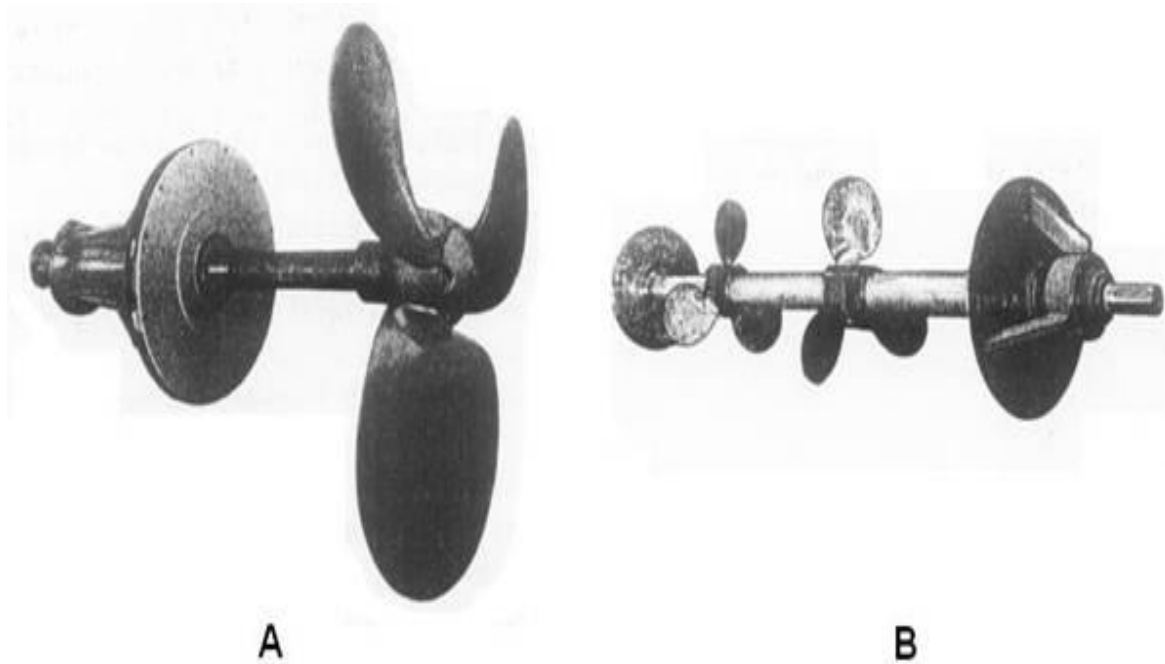


Tanques de alta consistência

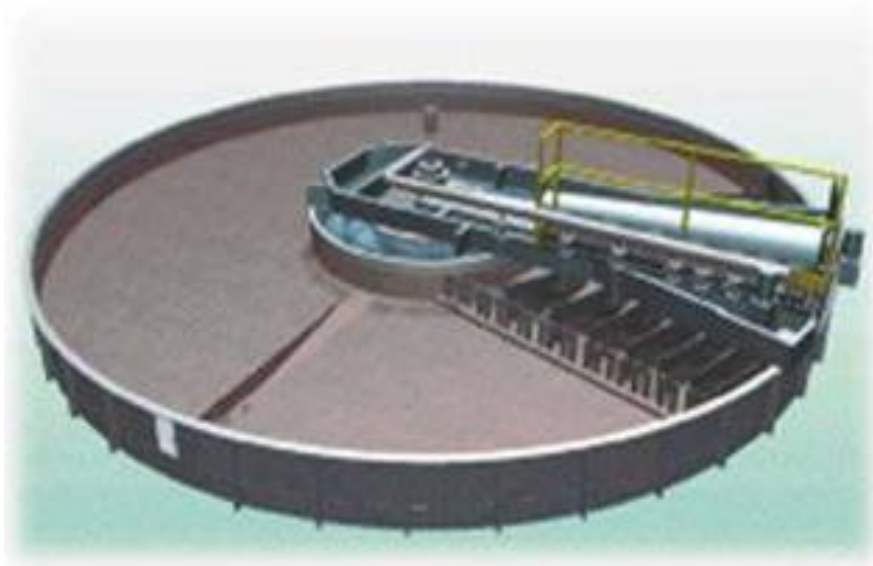


FONTE: Apostila "Tanques e agitadores" – Senai CETCEP

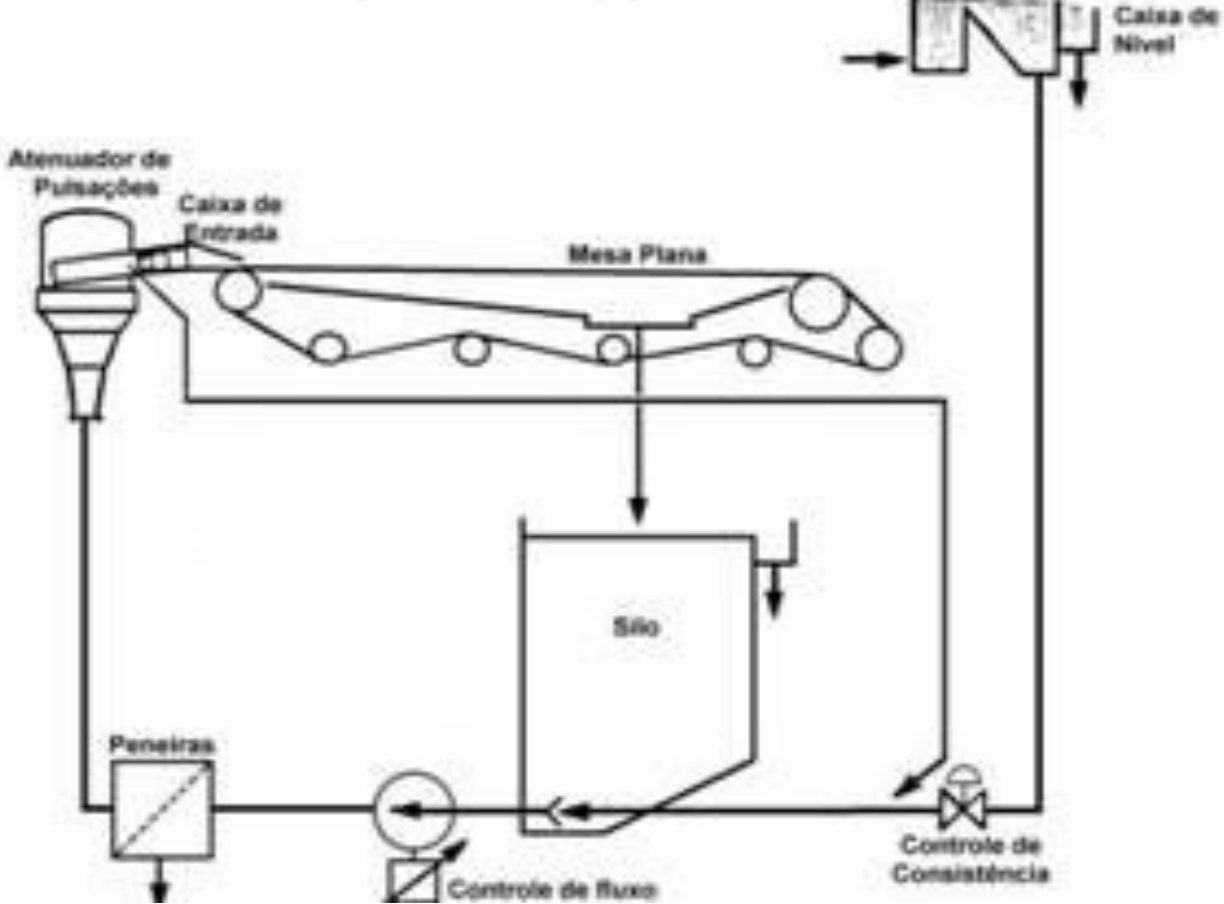
Agitadores



Recuperação de fibras do tipo “krofta”

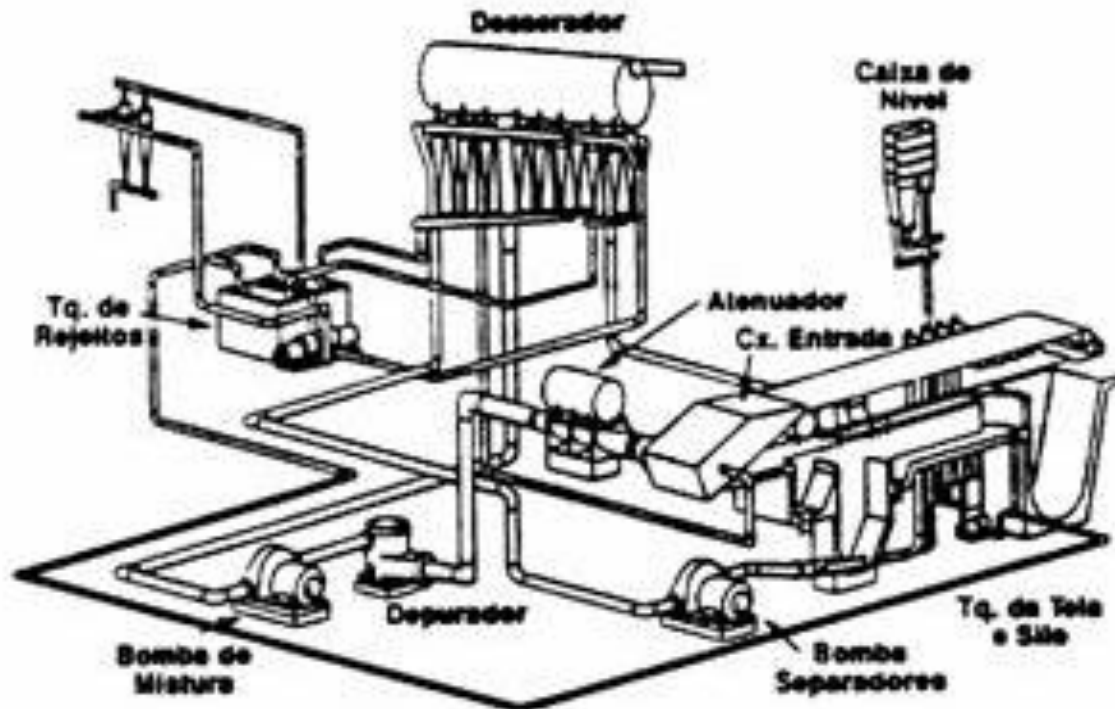


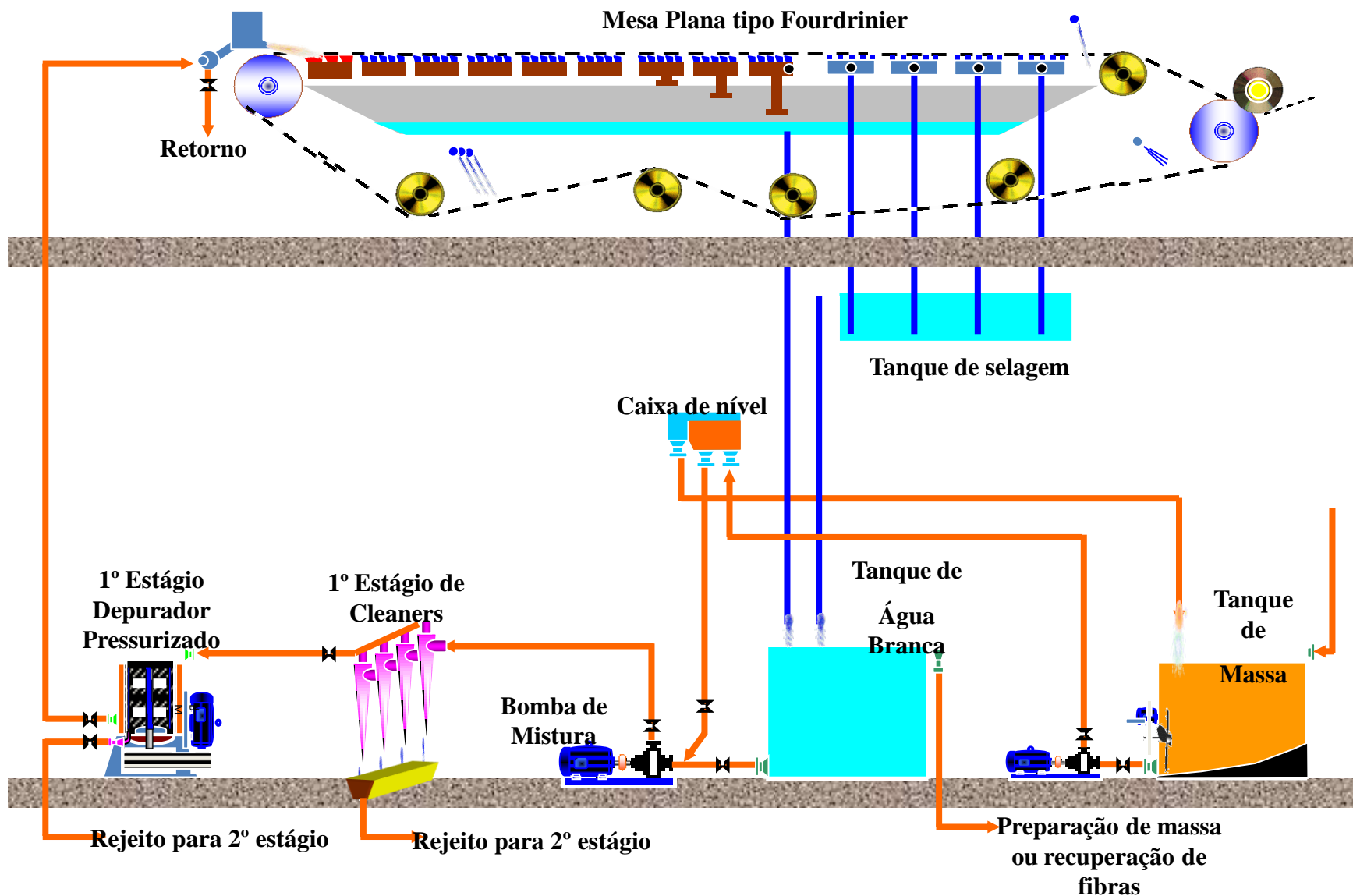
Exemplo de “approach flow”



FONTE: Apostila “Approach flow” – Curso Técnico de Cel. Papel – Guaíba, RS

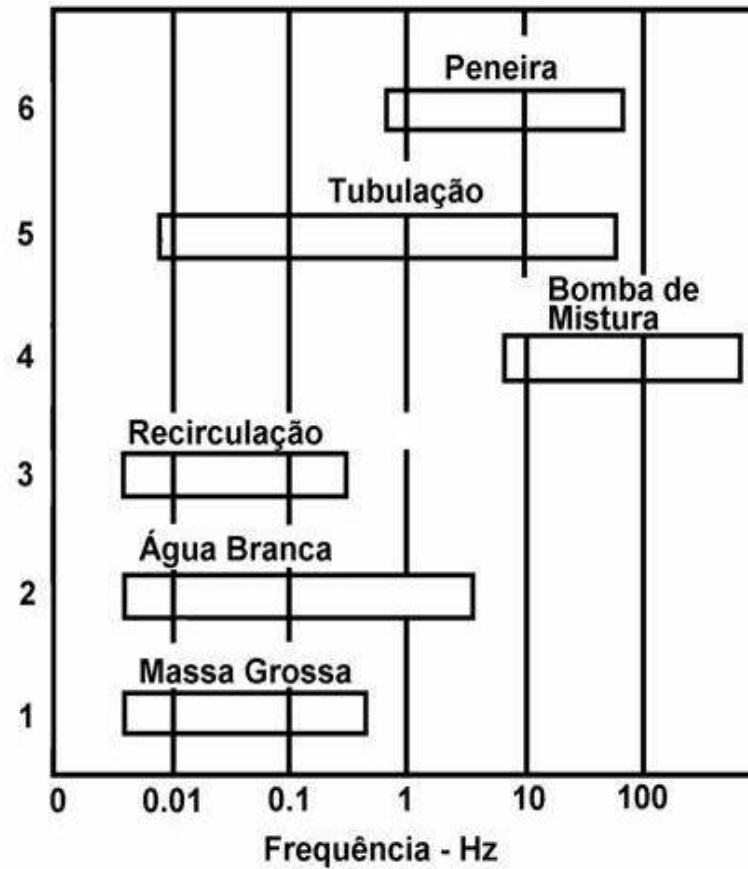
Exemplo de “approach flow”



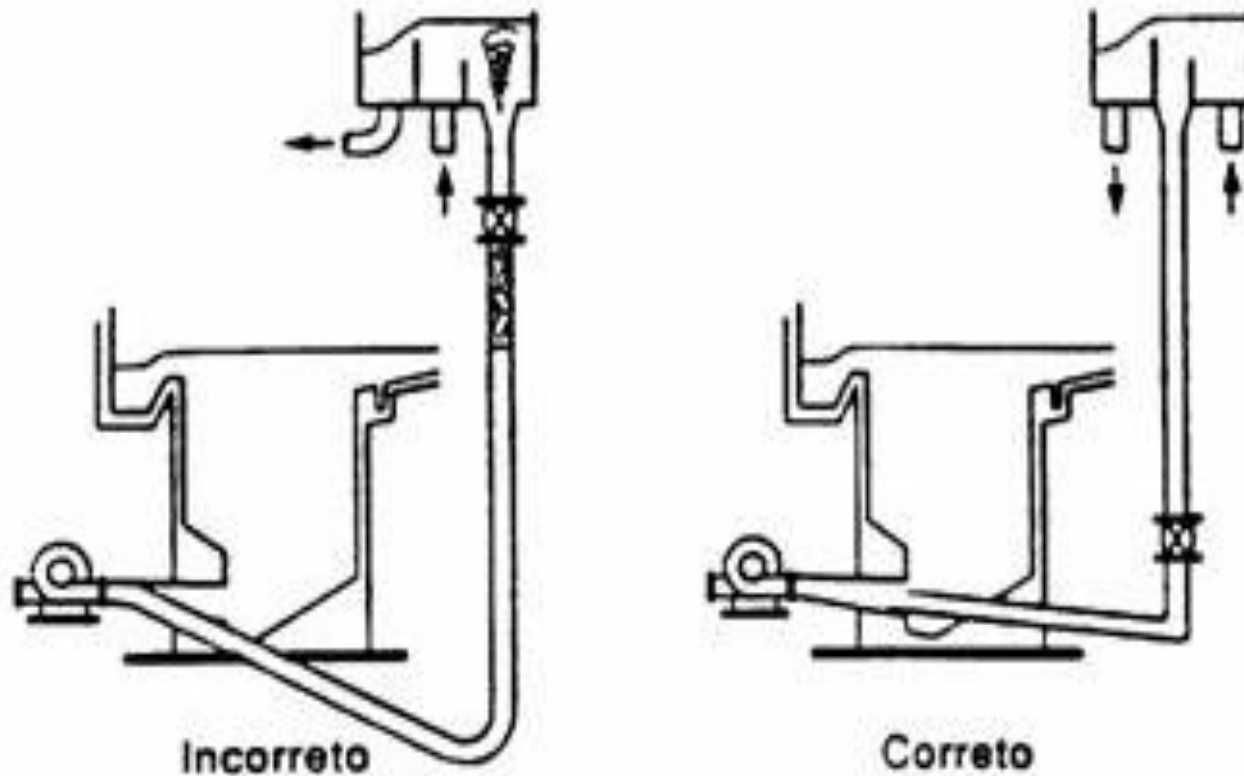


FONTE: Prof. Bruno Machado - UNC

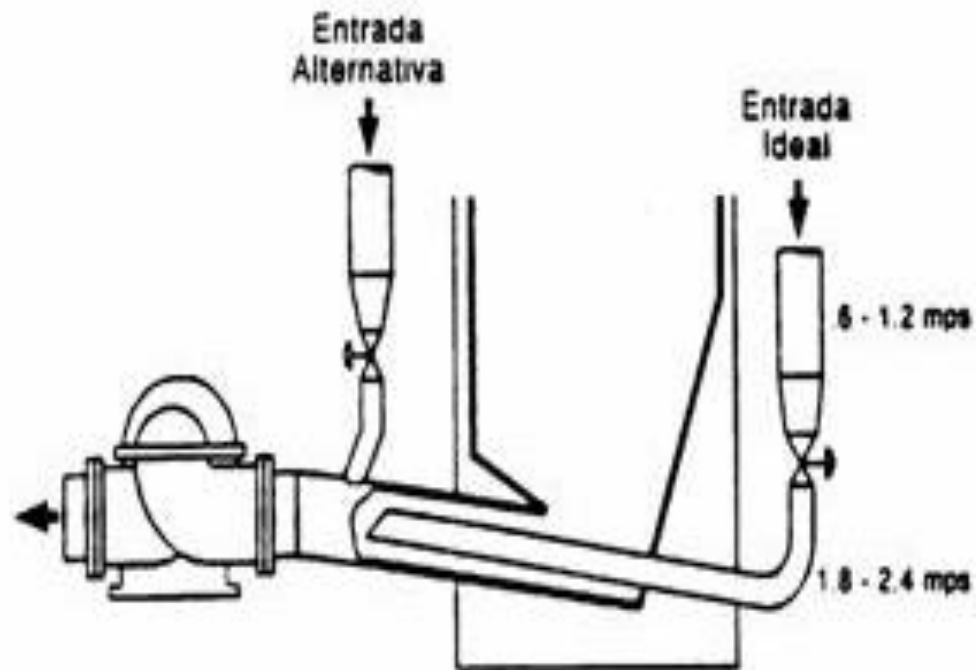
Variações de fluxo ou pulsações



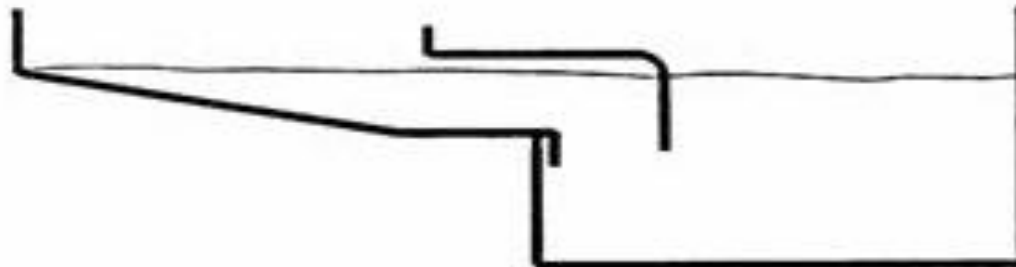
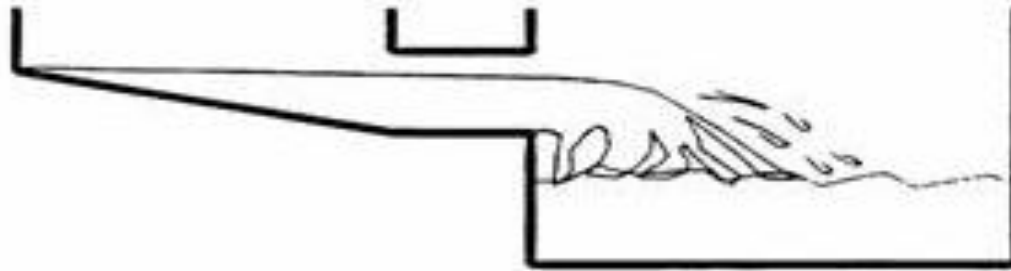
Correta instalação da caixa de nível



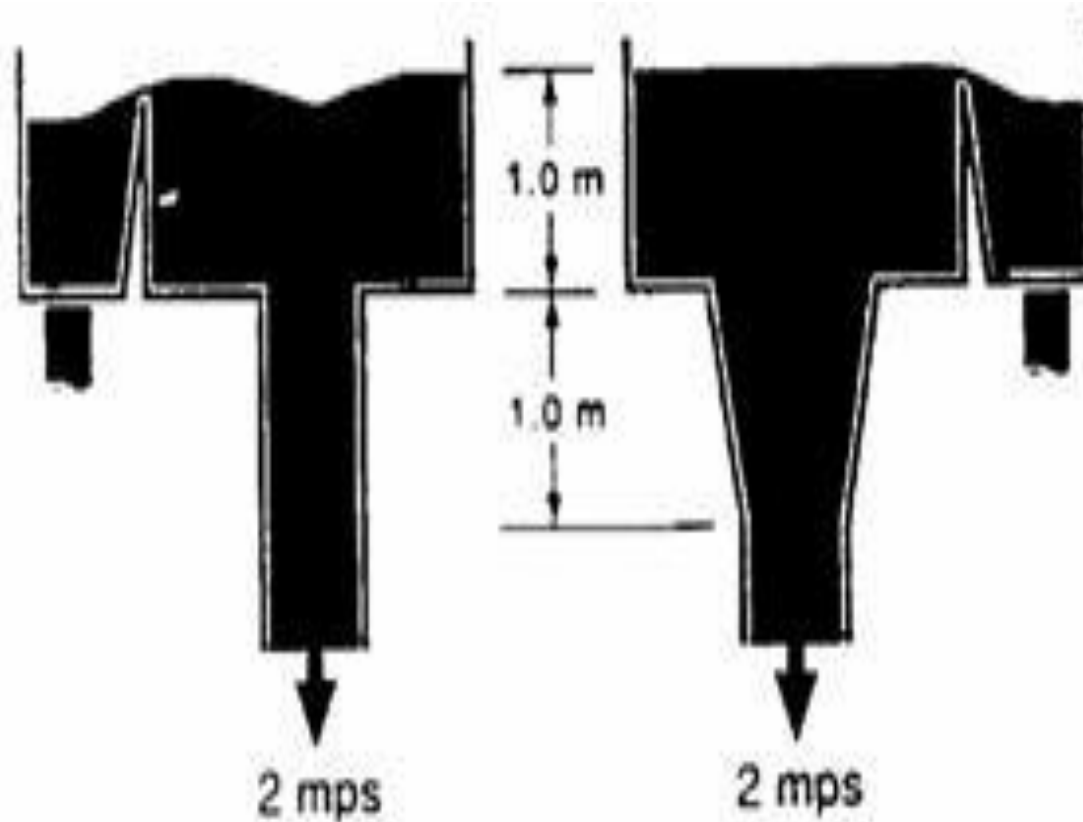
Posição ideal para a entrada da linha de massa



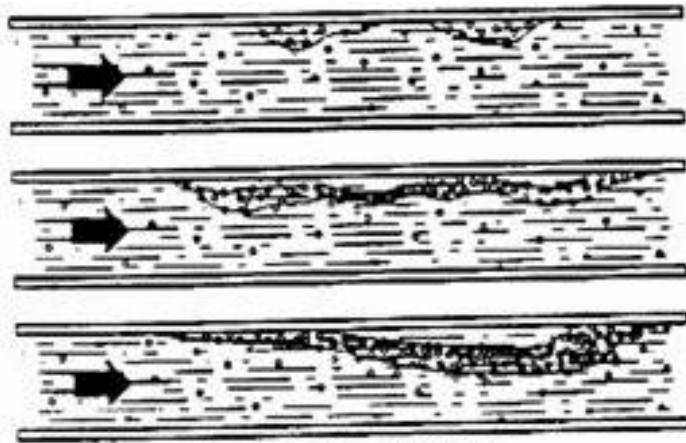
Fontes introdutoras de ar na massa



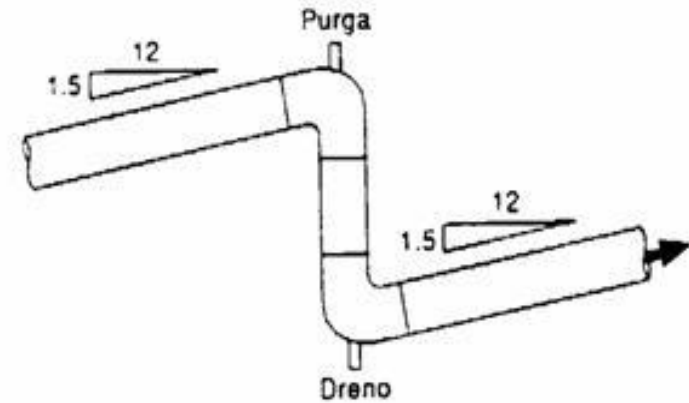
Fontes introdutoras de ar na massa



Fontes introdutoras de ar na massa



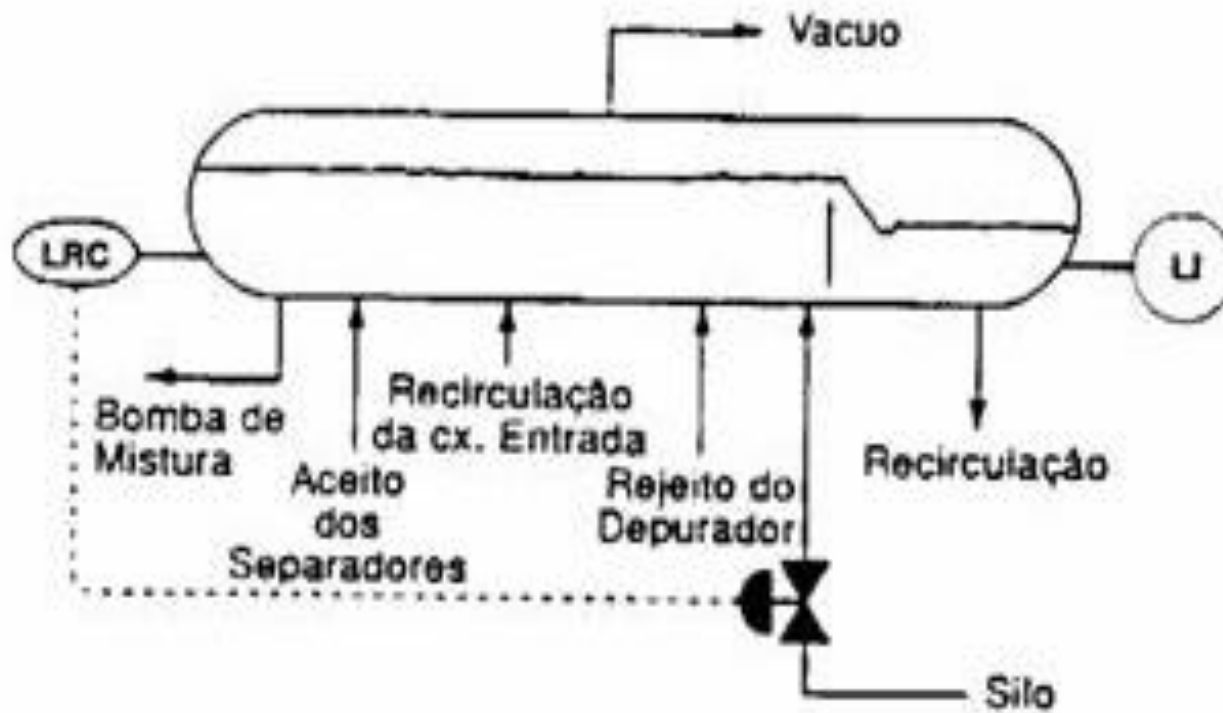
Velocidade < 2.7 mps



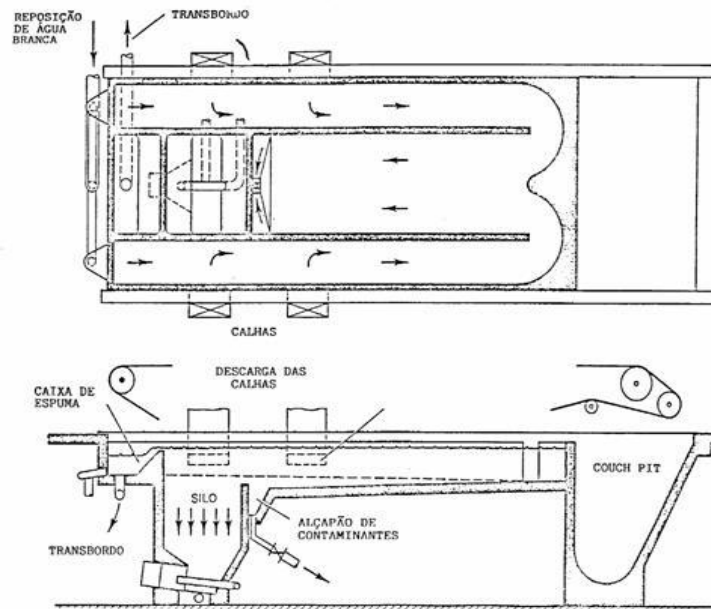
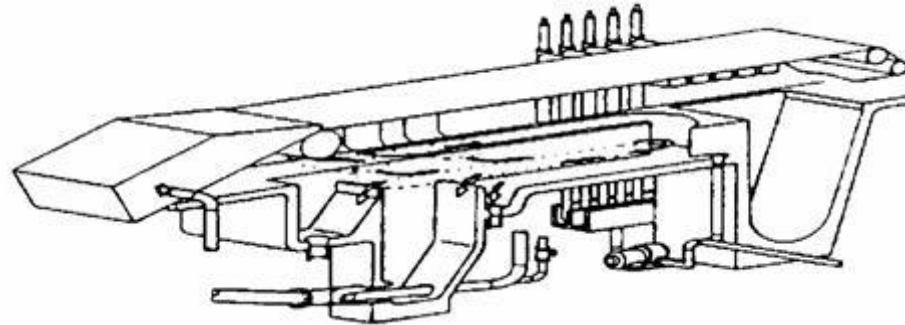
Quando Inclinação (< 2.7 mps)



Deculador

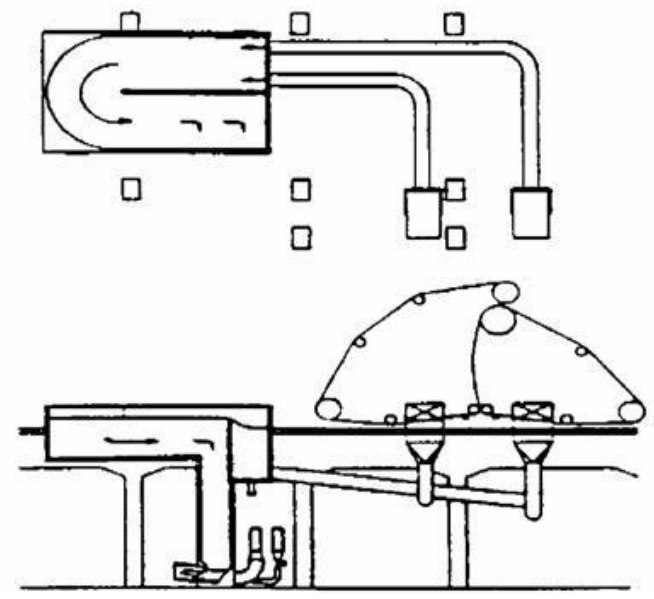
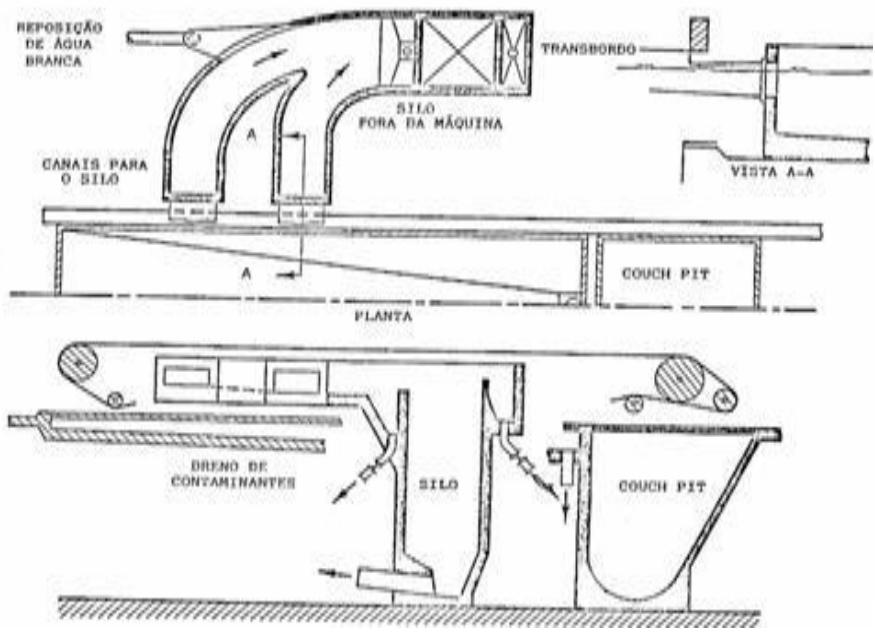


Piscinas (poço da tela) / silo

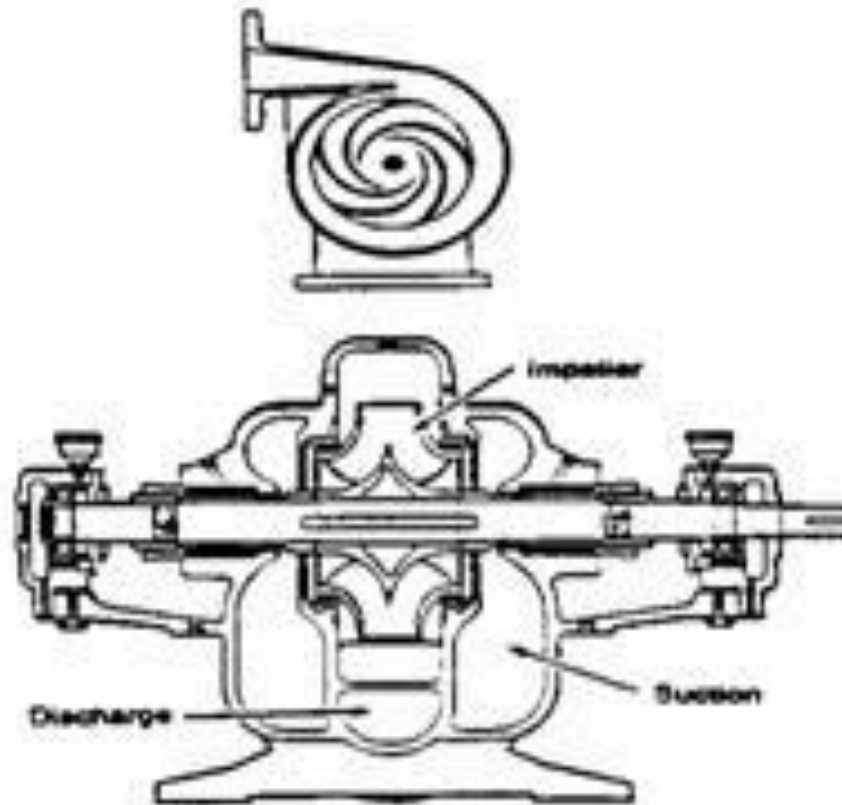


FONTE: Apostila "Approach flow" – Curso Técnico de Cel. Papel – Guaíba, RS

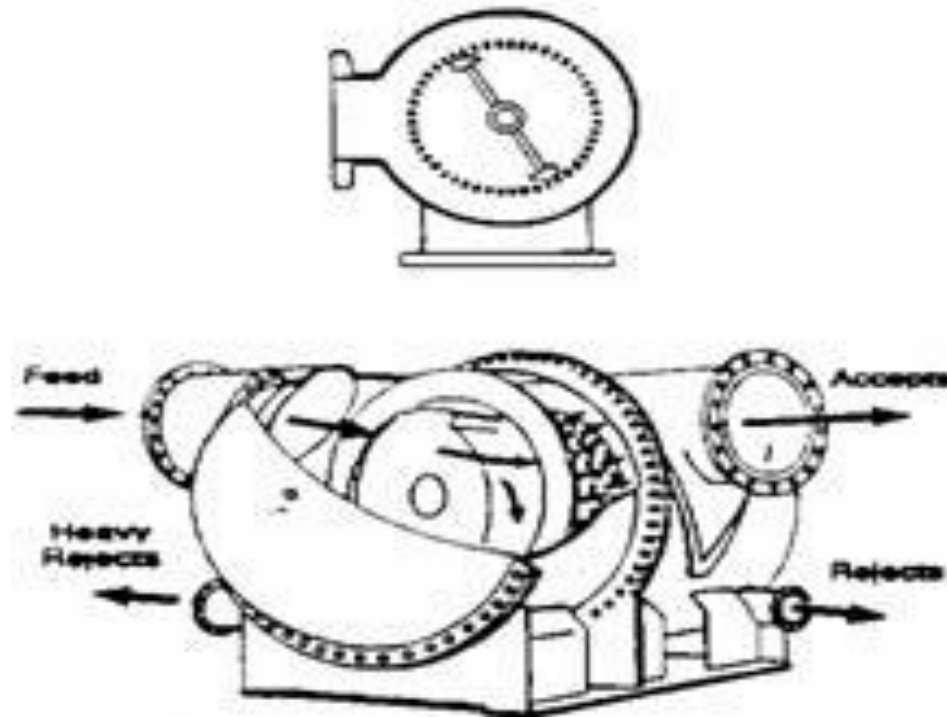
Piscinas (poço da tela) / silo



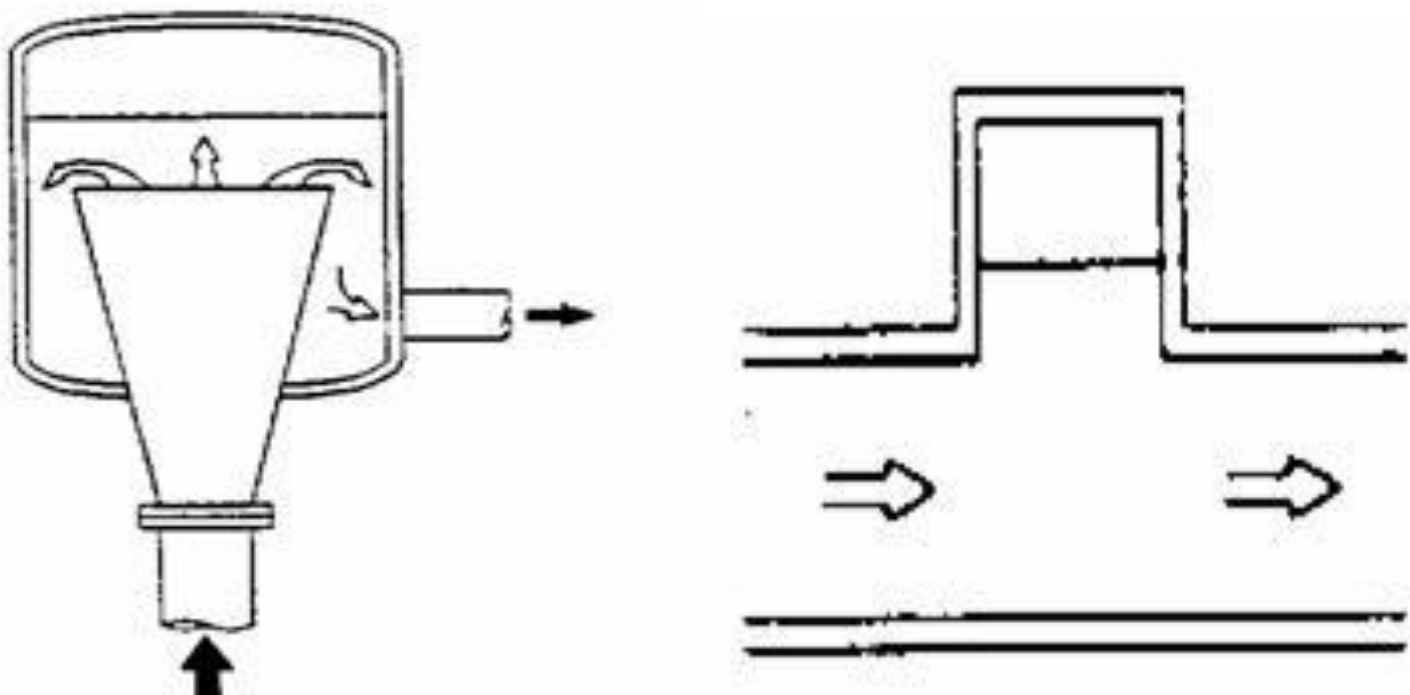
Bomba de mistura



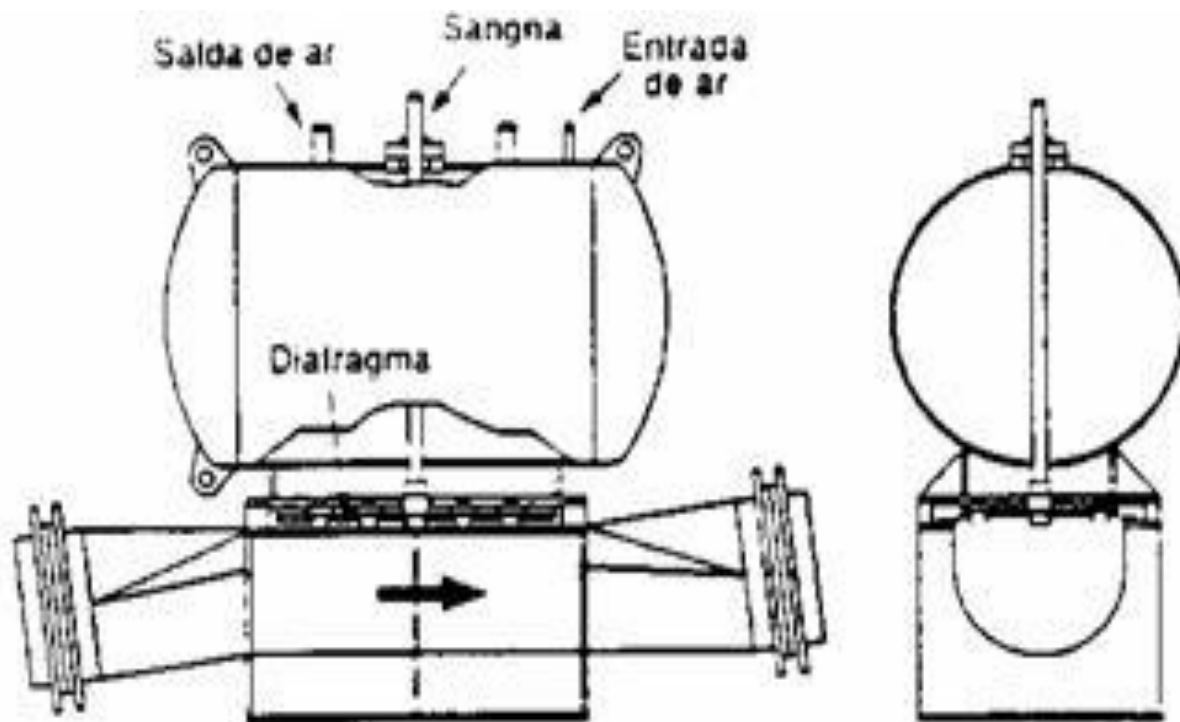
Depurador horizontal



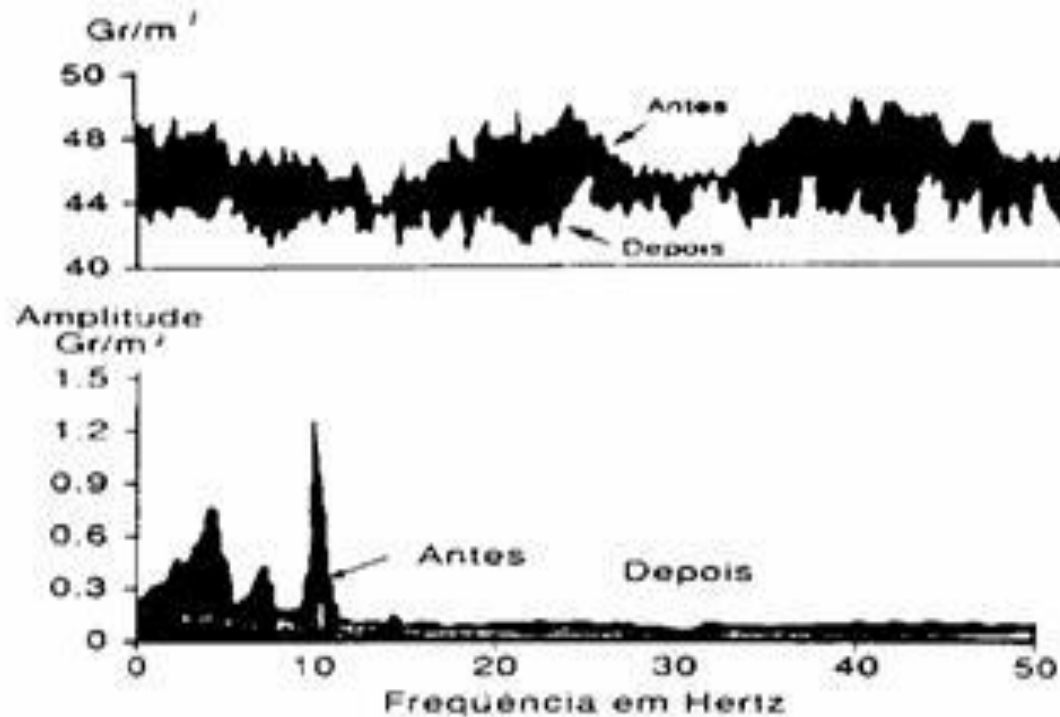
Atenuador de pulsações



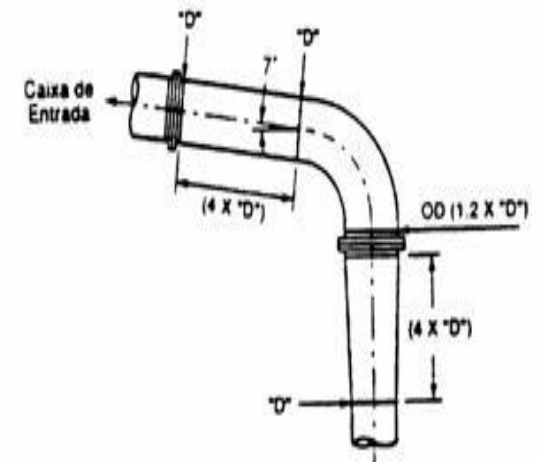
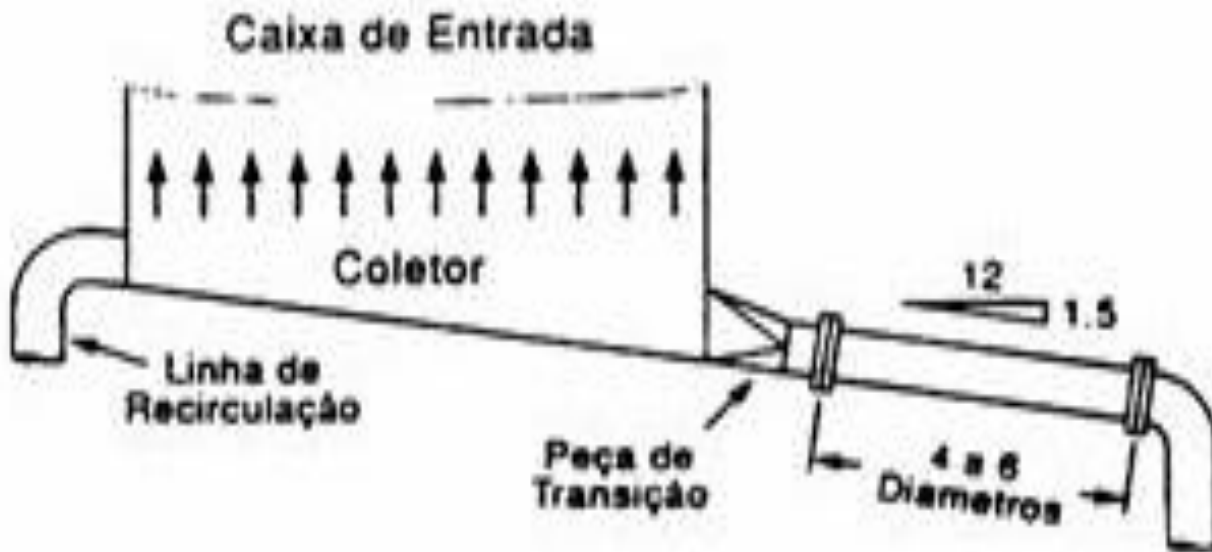
Atenuador de pulsações



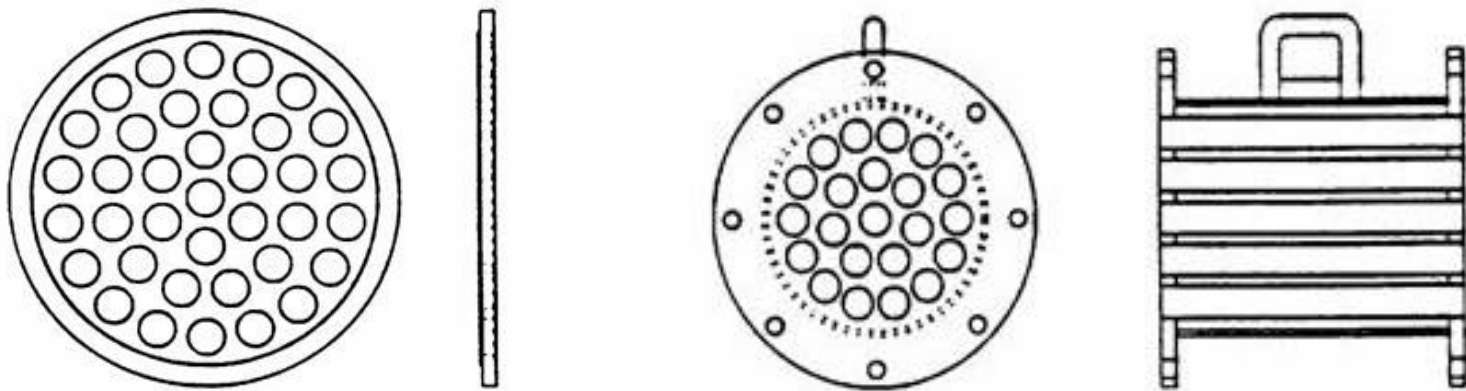
Variação longitudinal de gramatura por tempo e freqüência



“Manifold”



Retificadores de fluxo



6. Caixa de entrada

Caixa de entrada

A função da caixa de entrada é distribuir a massa proveniente do “approach flow” de maneira uniforme na tela formadora.

Esta distribuição uniforme se alcança através de uma pressão interna uniforme e constante.

Resumindo:

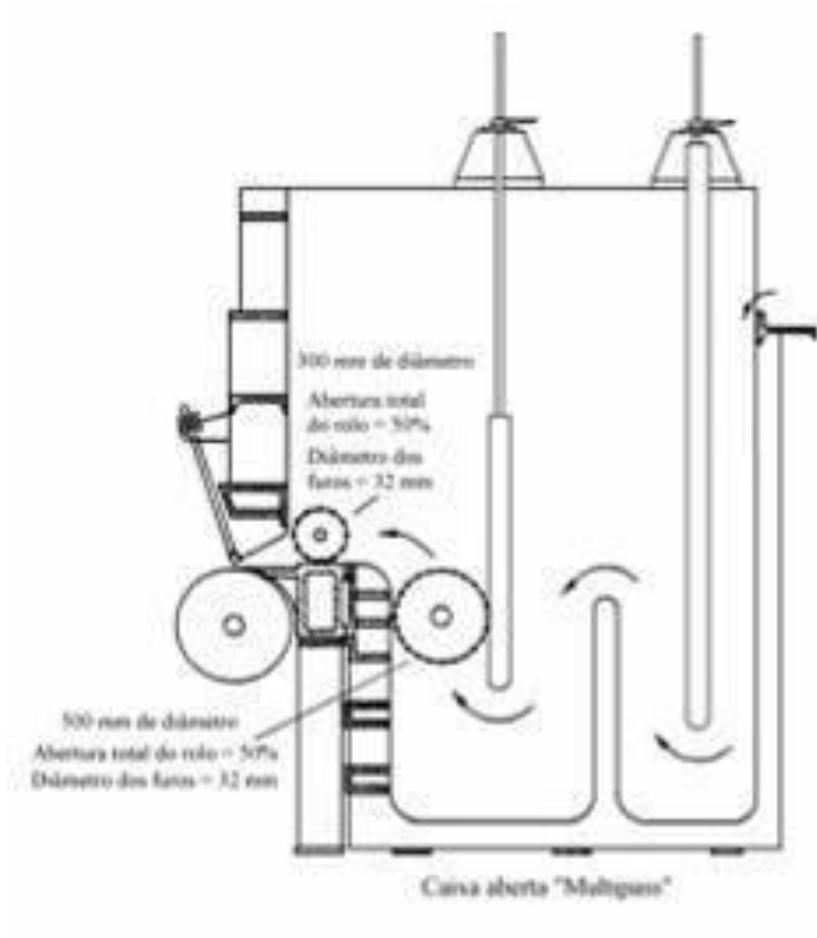
“A caixa de entrada deve introduzir e distribuir a massa de fibras em suspensão, ao longo de toda a largura da máquina, a um fluxo com volume e pressão constantes quanto ao tempo e a ponto de incidência na zona de formação da folha, com concentração uniforme de materiais fibrosos e não-fibrosos”.

Caixa de entrada

IMPORTANTE:

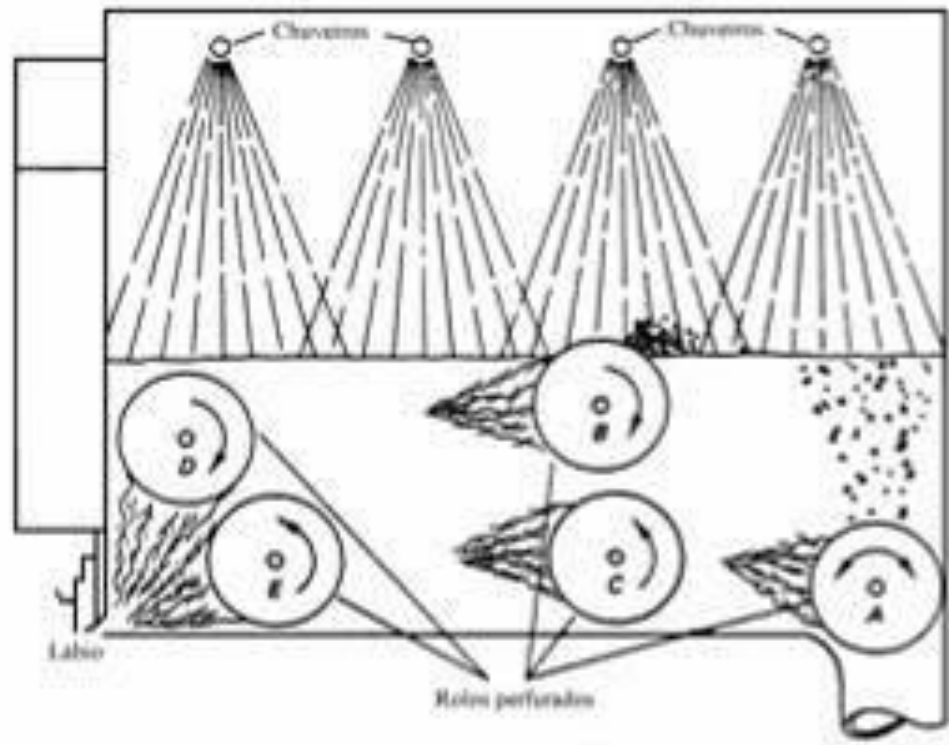
Qualidade do jato!!!!

Caixa despressurizada aberta “multipass”



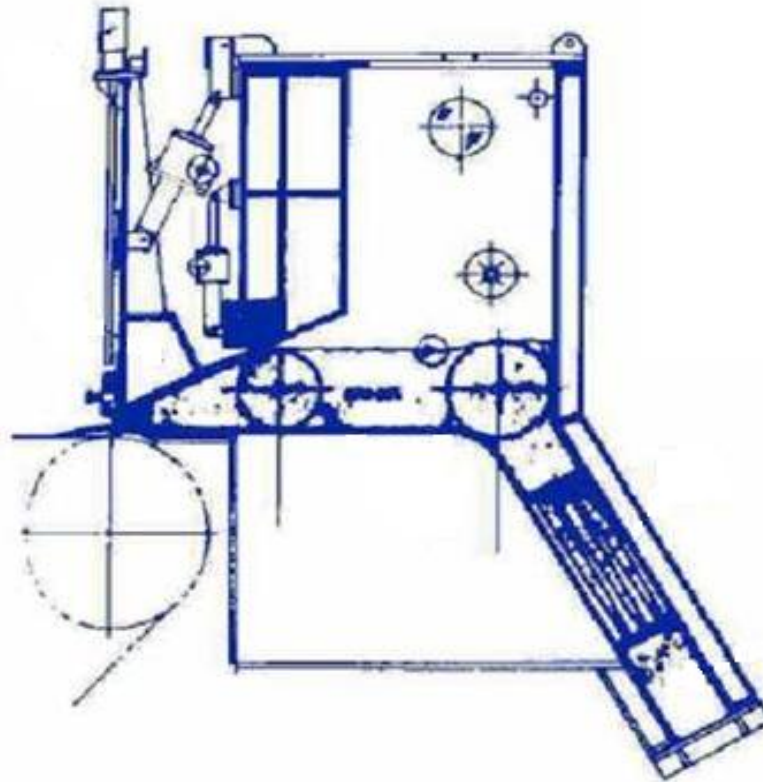
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Caixa despressurizada aberta “multipass”



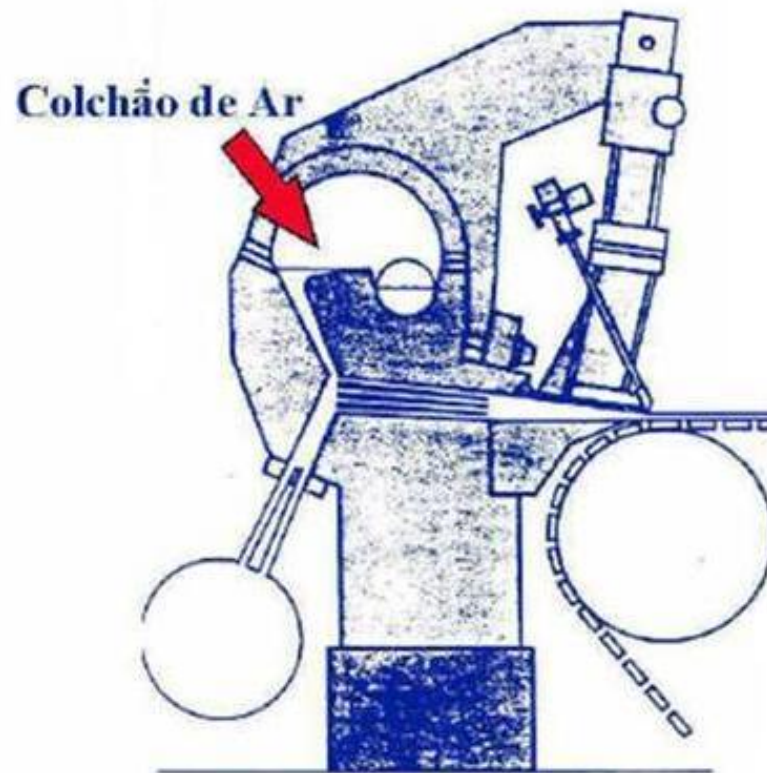
FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP

Caixa de entrada pressurizada

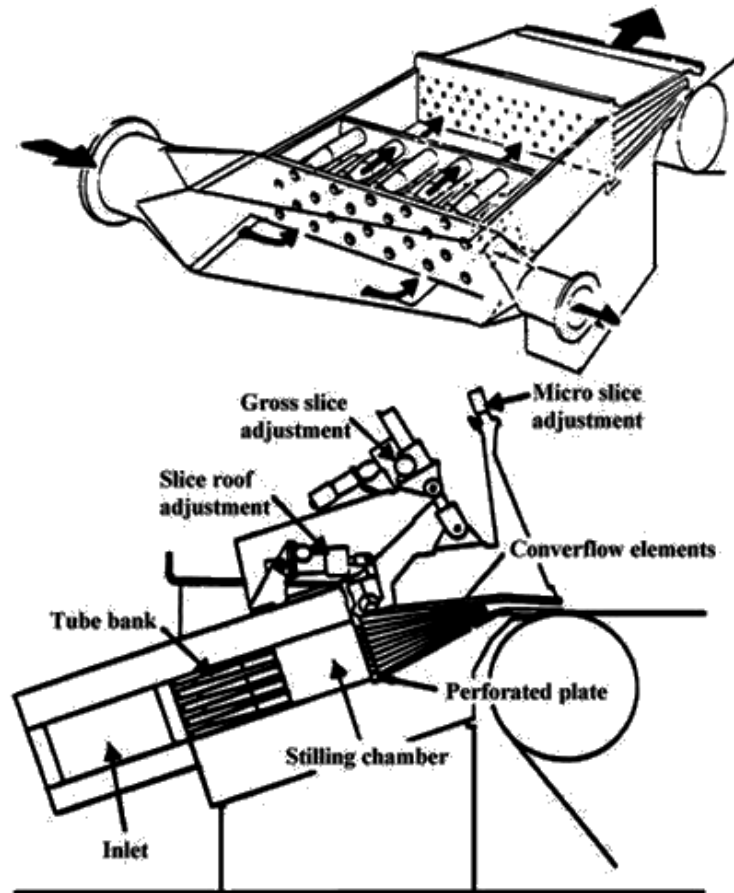


FONTE: Máquina de papel – Caixa de entrada – Francisco Viana Barbosa

Caixa de entrada pressurizada (Tipo “W” – Voith)

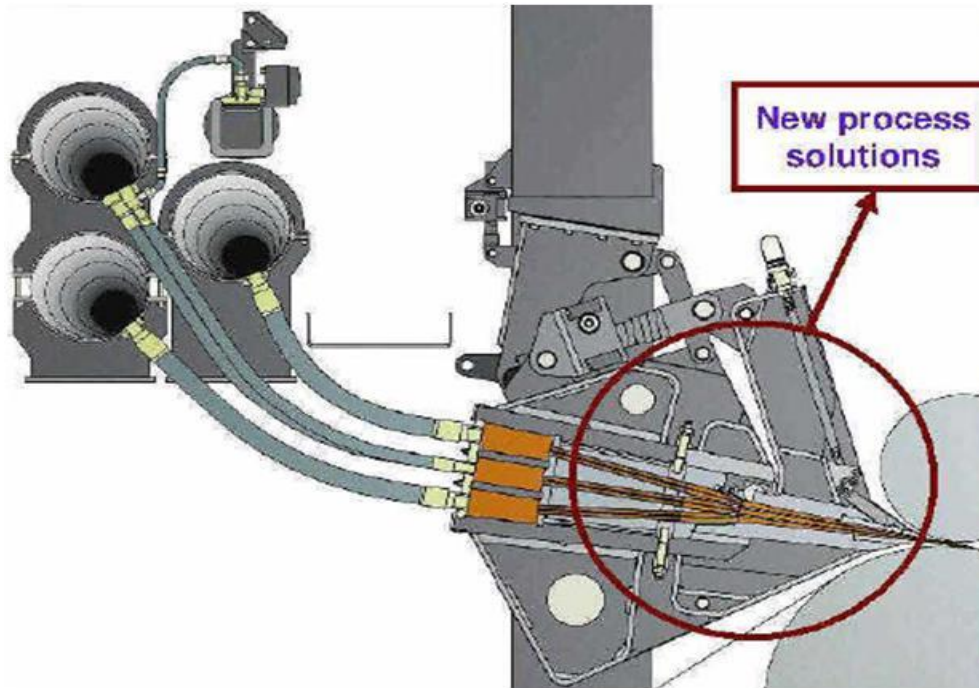


Caixa hidráulica



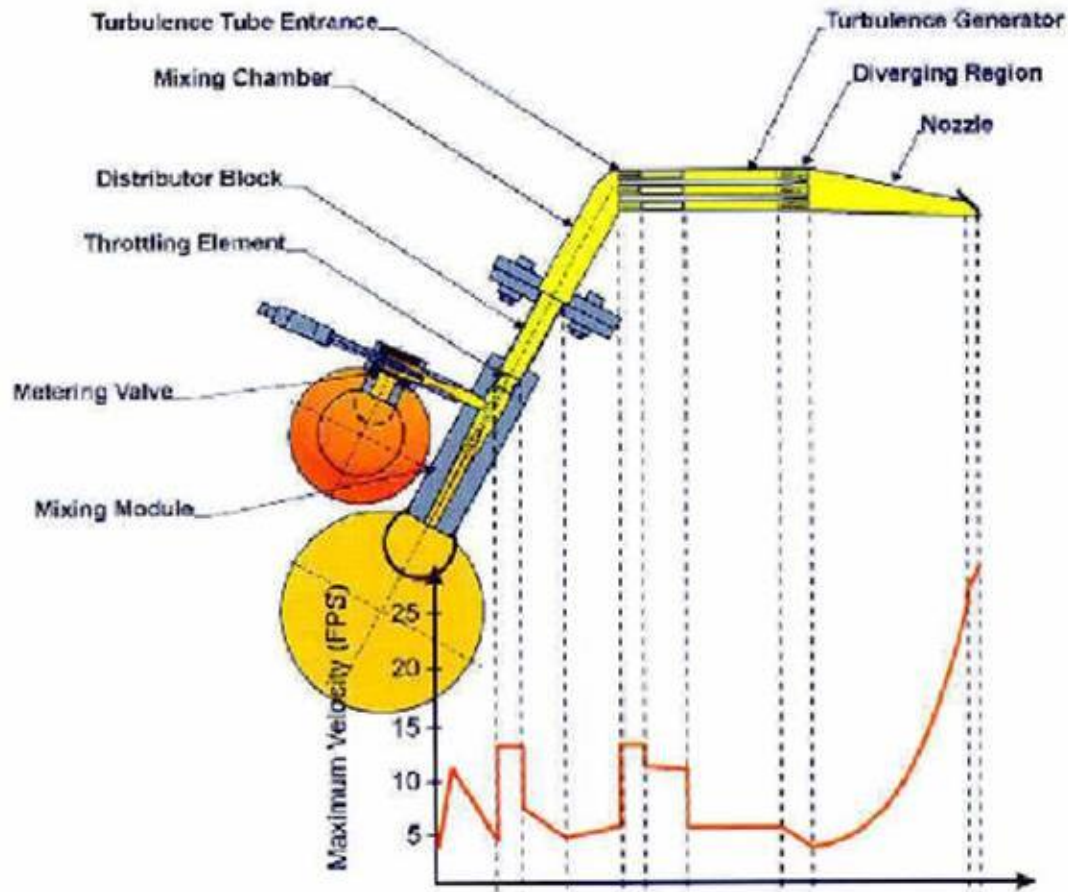
Two views of "Converflow" headbox
(Beloit Corp.).

Caixa de entrada multijato

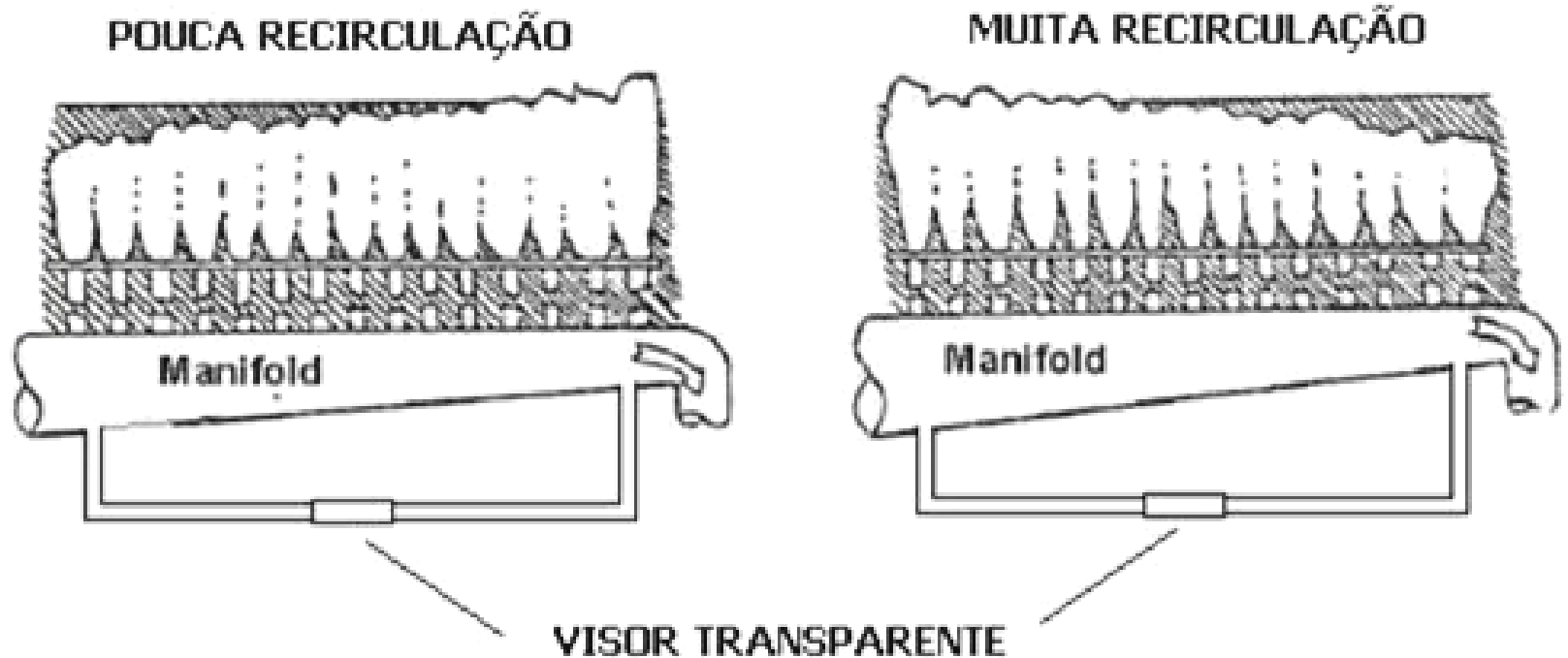


FONTE: OptiFlo II headbox – Metso Paper

Caixa de entrada hidráulica com “Module Jet” - Voith



Recirculação na caixa de entrada



a) Principais características de qualidade do jato:

Jato transversal uniforme de massa.

Mistura Homogênea.

Livre de Pulsações.

Estabilidade.

Livre de Fluxos Transversais.

b) Fatores que influenciam na qualidade do jato:

Distribuição transversal.


Atenuação de pulsos.

Turbulência.

Geometria do Lábio.

Perfil Transversal.

Abertura do lábio



A diagram showing a horizontal rectangle representing a lip opening. To its right, a vertical double-headed arrow indicates its height, labeled 'b'. A green arrow points from this 'b' towards the formula on the right.

$$b = \frac{Q}{\text{Largura} \times V}$$

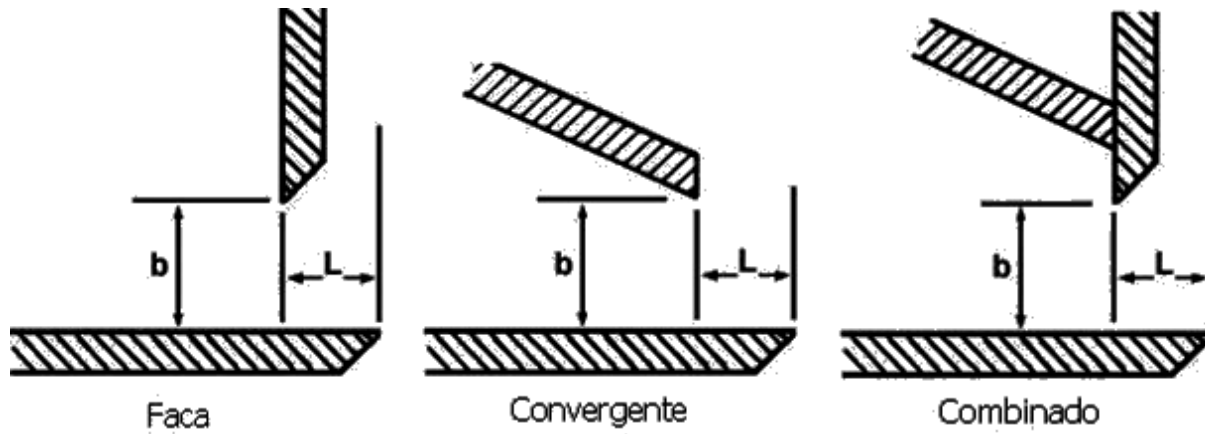
b = Abertura dos lábios (m)

Q = Vazão (m^3/s)

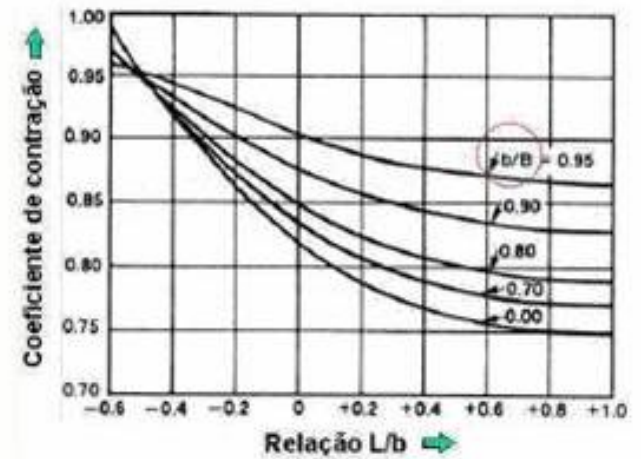
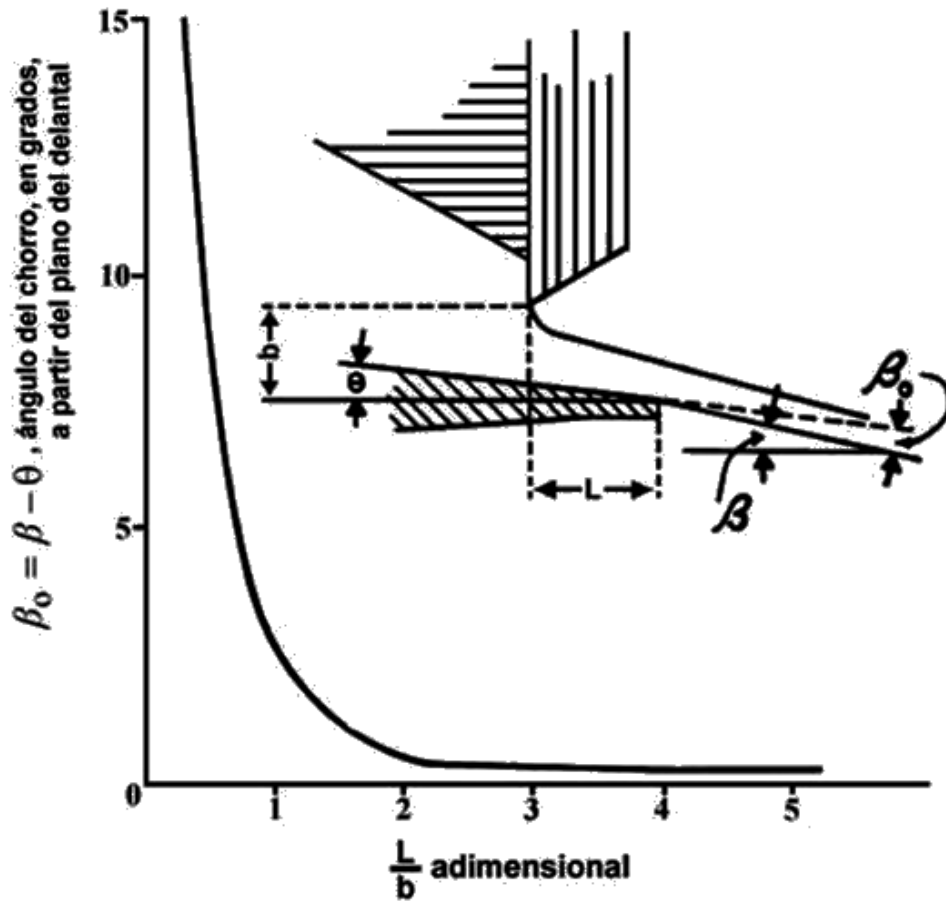
V = Velocidade da máquina (m/s)

Largura = Largura da máquina (m)

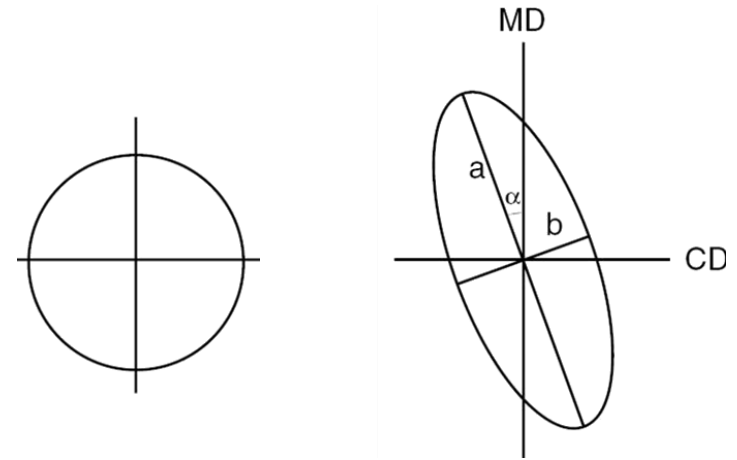
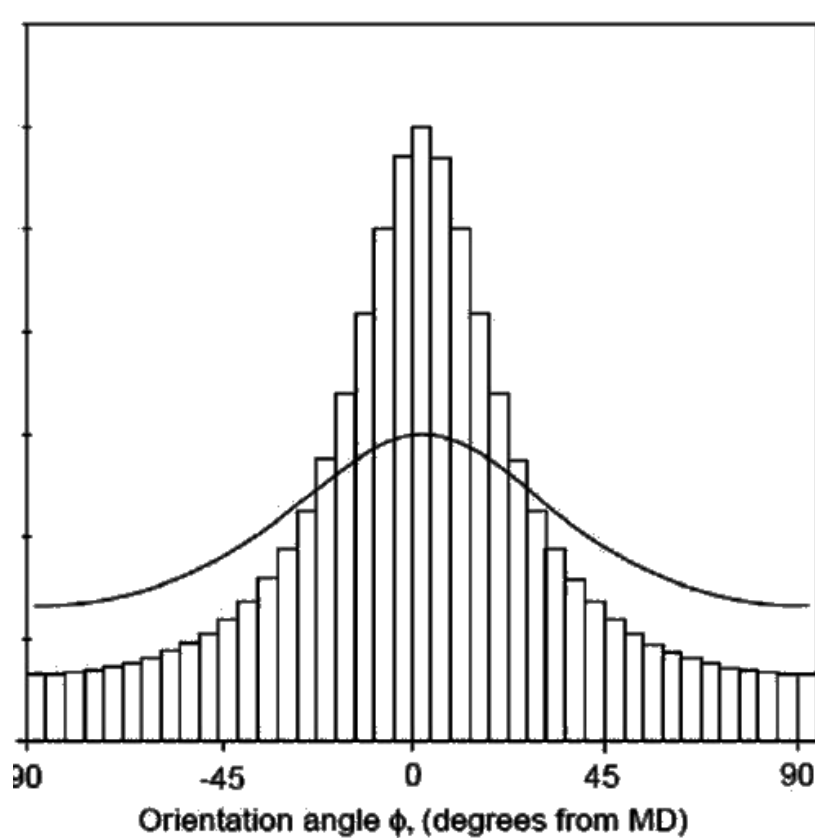
Tipos de lábios e abertura



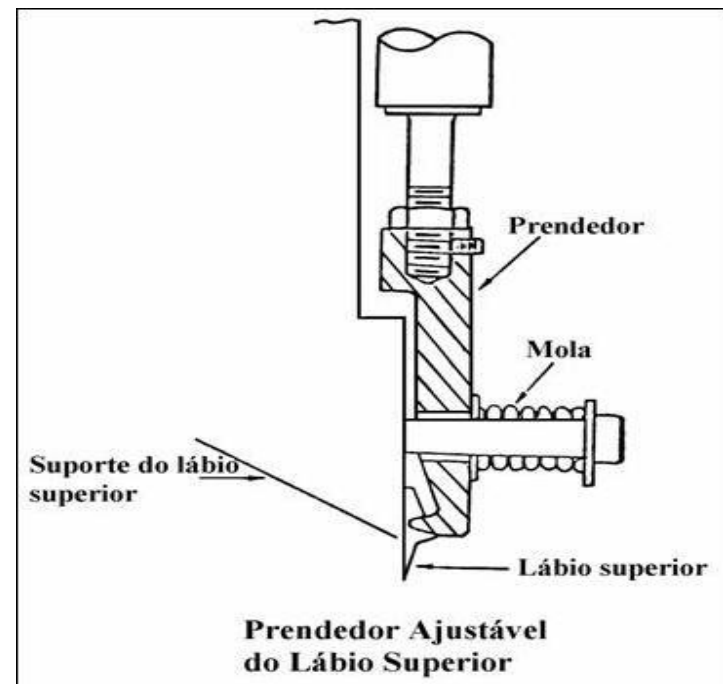
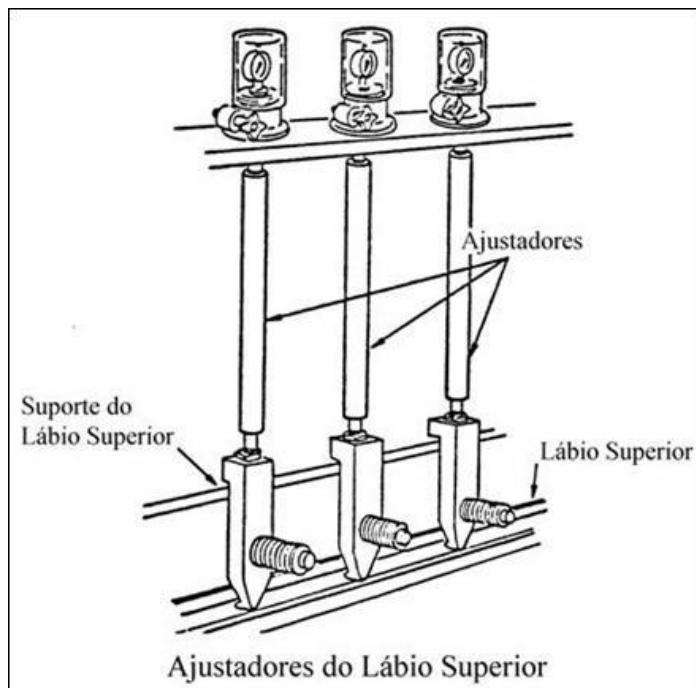
Ângulo do jato



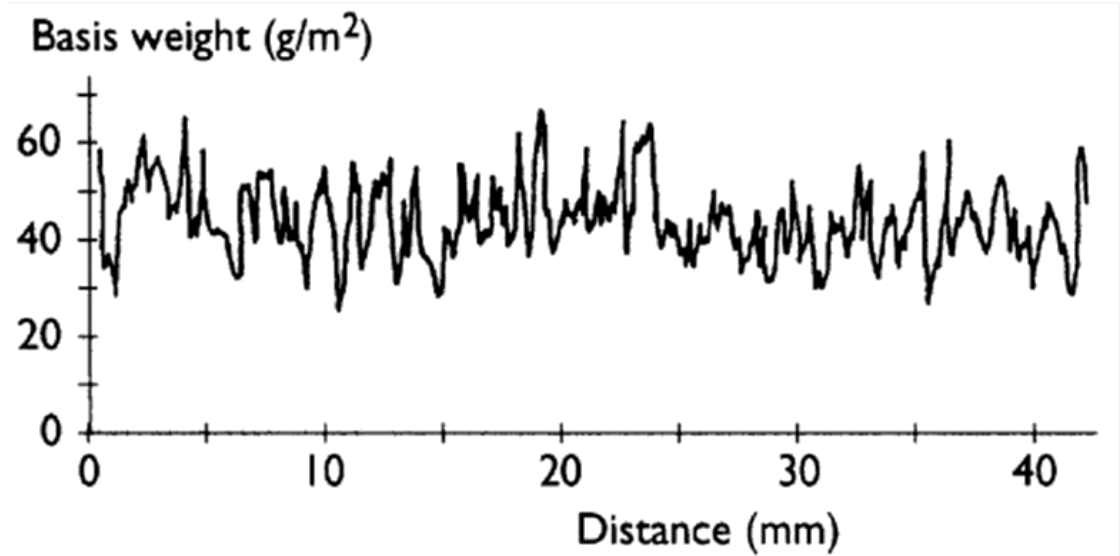
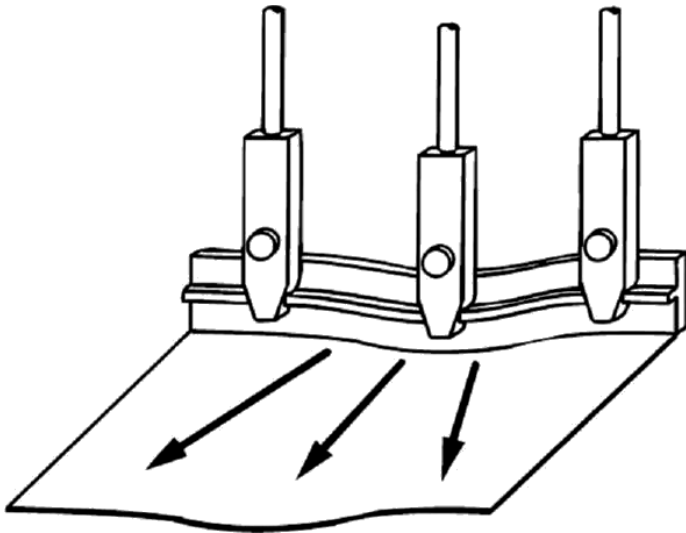
Direcionamento de fibras



Controle de perfil transversal

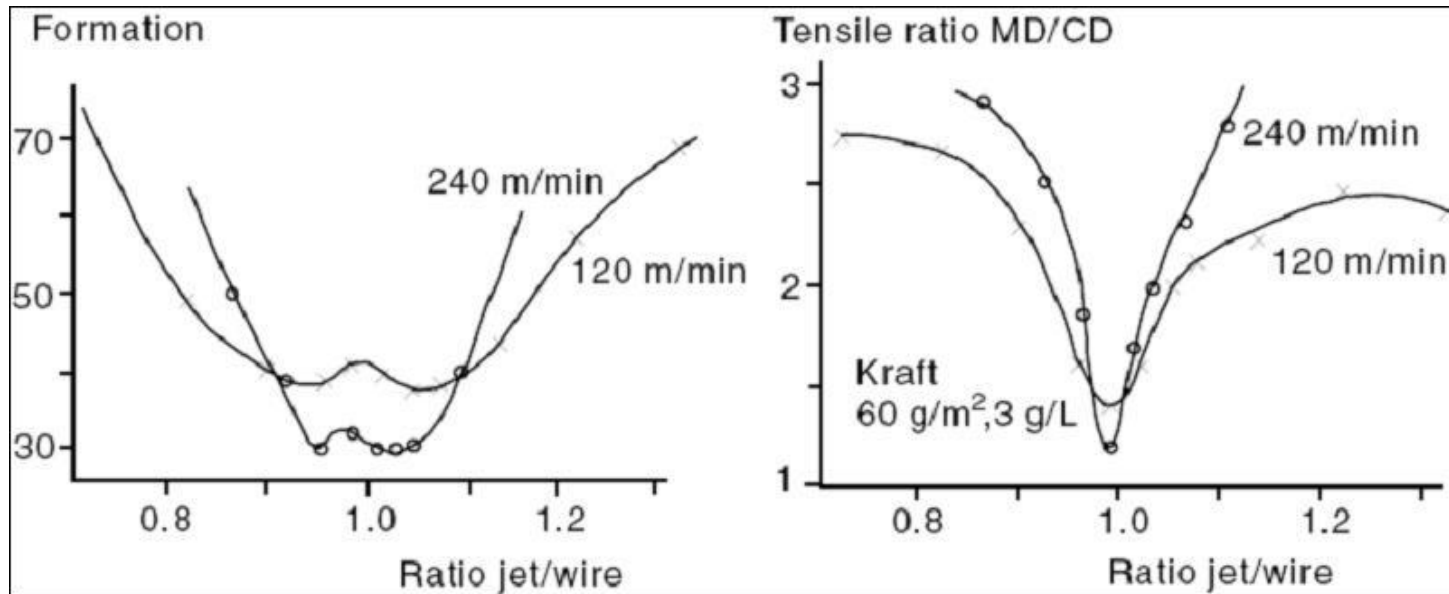


Controle de perfil transversal

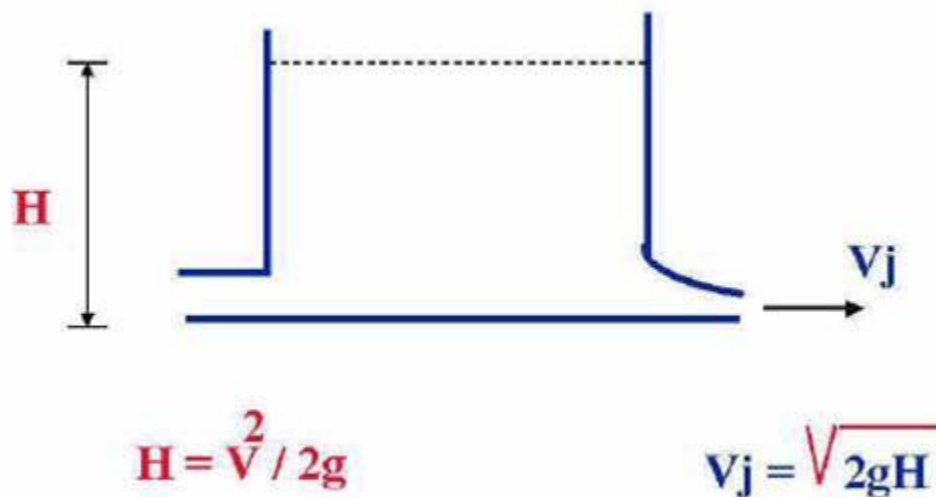


Relação jato / tela

$$R_{jt} = \frac{V_j}{V_t} = \frac{\sqrt{2gH}}{V_t}$$

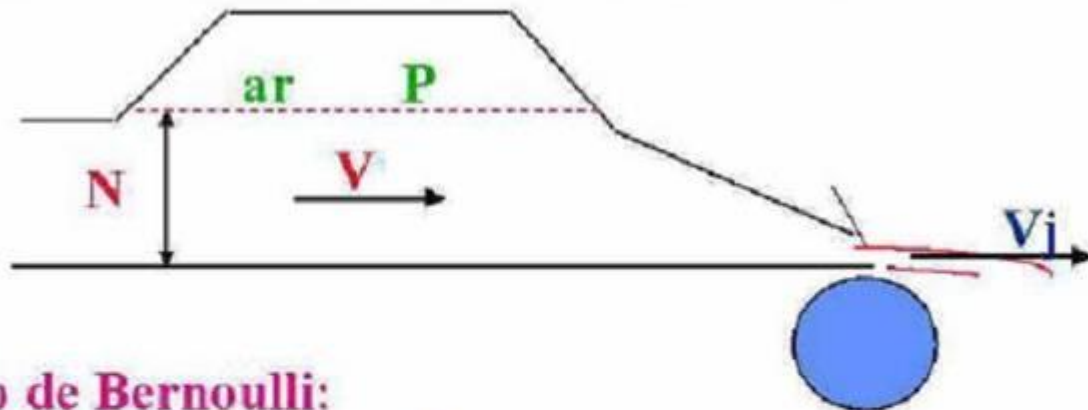


Caixa de entrada do tipo aberta



V (mpm.)	H (m)
60	0.051
120	0.204
180	0.459
240	0.815
300	1.274
360	1.835
900	11.468
1200	20.387

Caixa de Entrada com Colchão de Ar



Equação de Bernoulli:

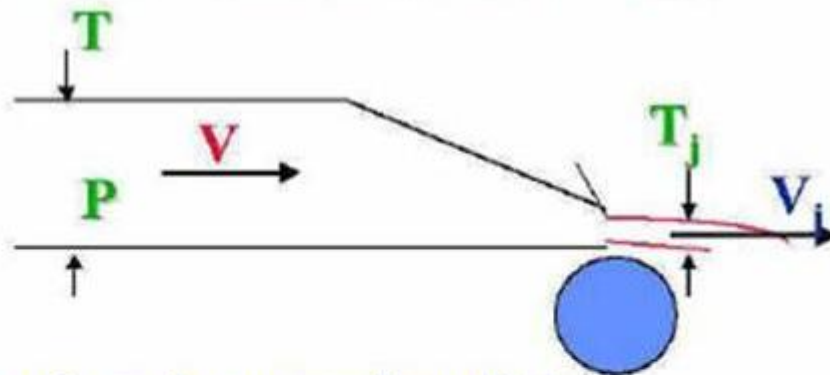
$$P/\gamma + \frac{V^2}{2g} + N = 0 + \frac{V_j^2}{2g} + 0$$

Como $V < 0.5 \text{ m/s}$, pode ser negligenciada $\Rightarrow P/\gamma + N = H$



$$V_j = \sqrt{2gH}$$

Caixa de entrada hidráulica



$V \Rightarrow 1 - 2 \text{ m/s}$, não pode ser negligenciada.

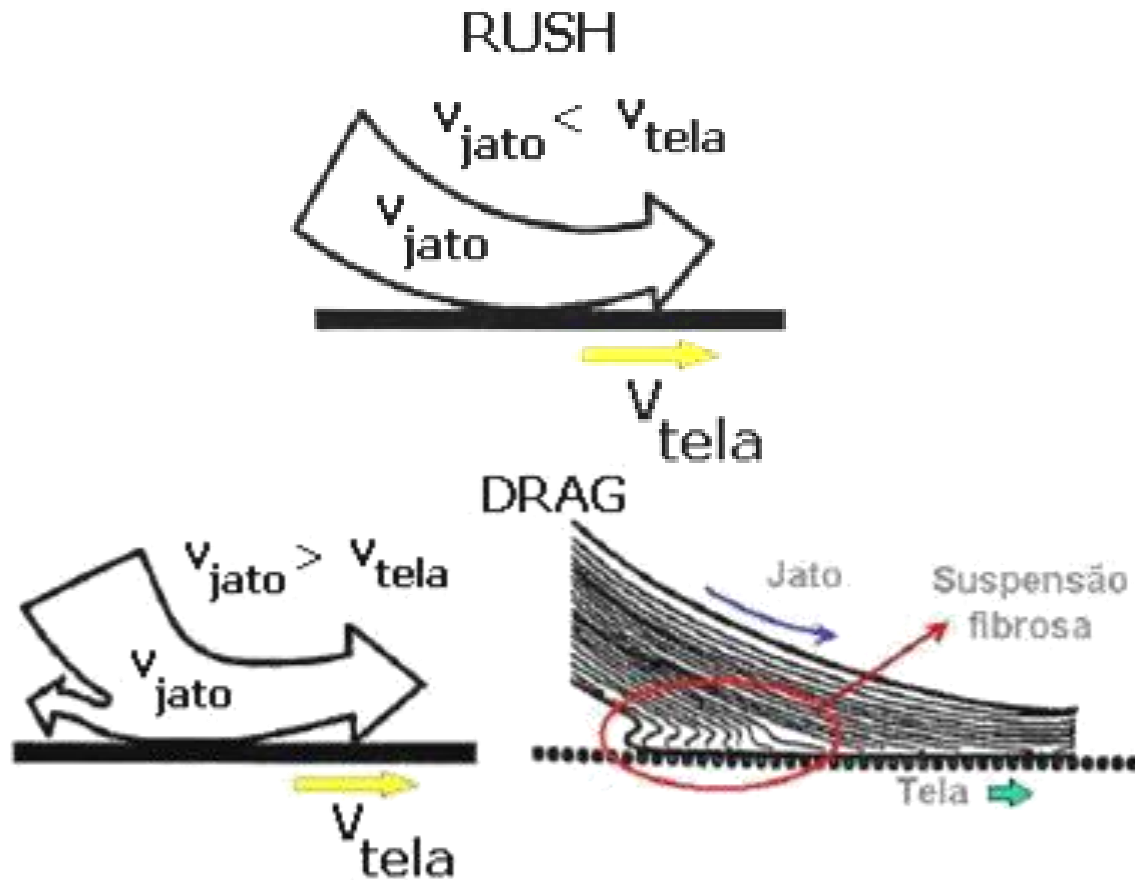
Da equação da continuidade, temos: $VT = V_j T_j \Rightarrow V = V_j T_j / T$

E, γ (peso específico) = d (densidade) $\times g$

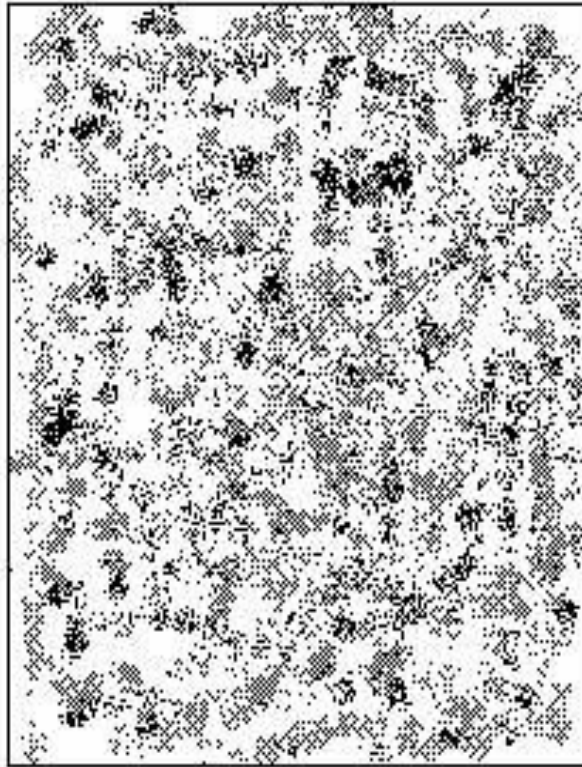
Da equação de Bernoulli, temos:

$$V_j = \sqrt{2P/d(1-T_j/T)^2}$$

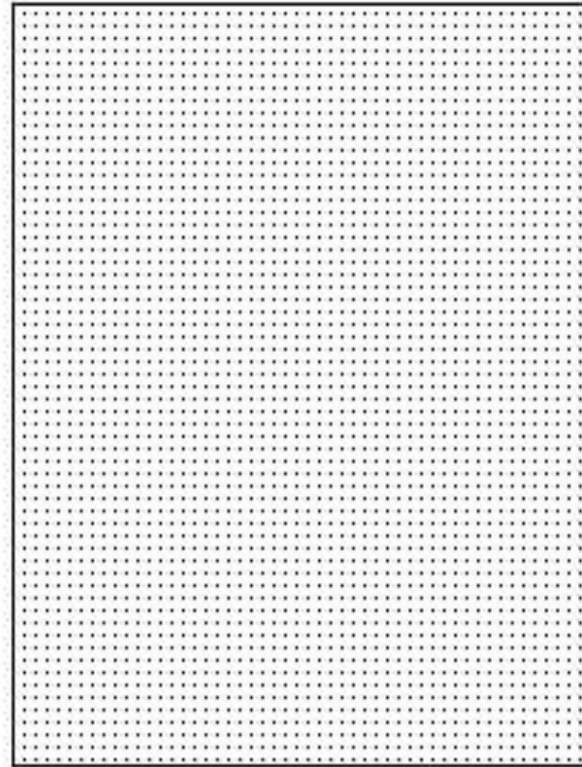
“Rush” e “drag”



Formação da folha

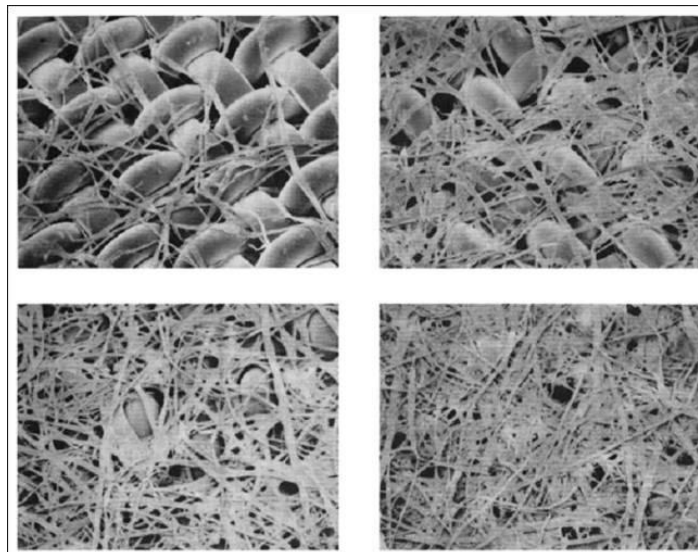


MÁ FORMAÇÃO

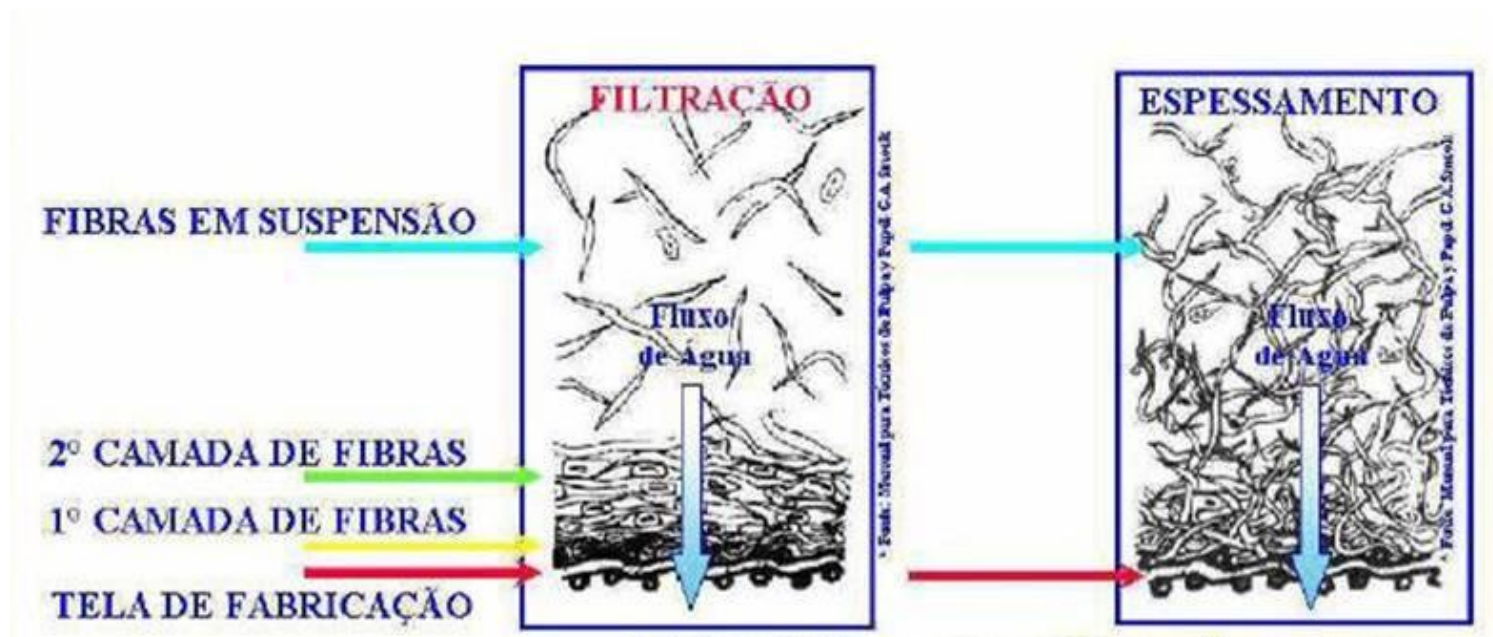


BOA FORMAÇÃO

Processos hidrodinâmicos de formação da folha



Processos hidrodinâmicos de formação da folha



Processos hidrodinâmicos de formação da folha

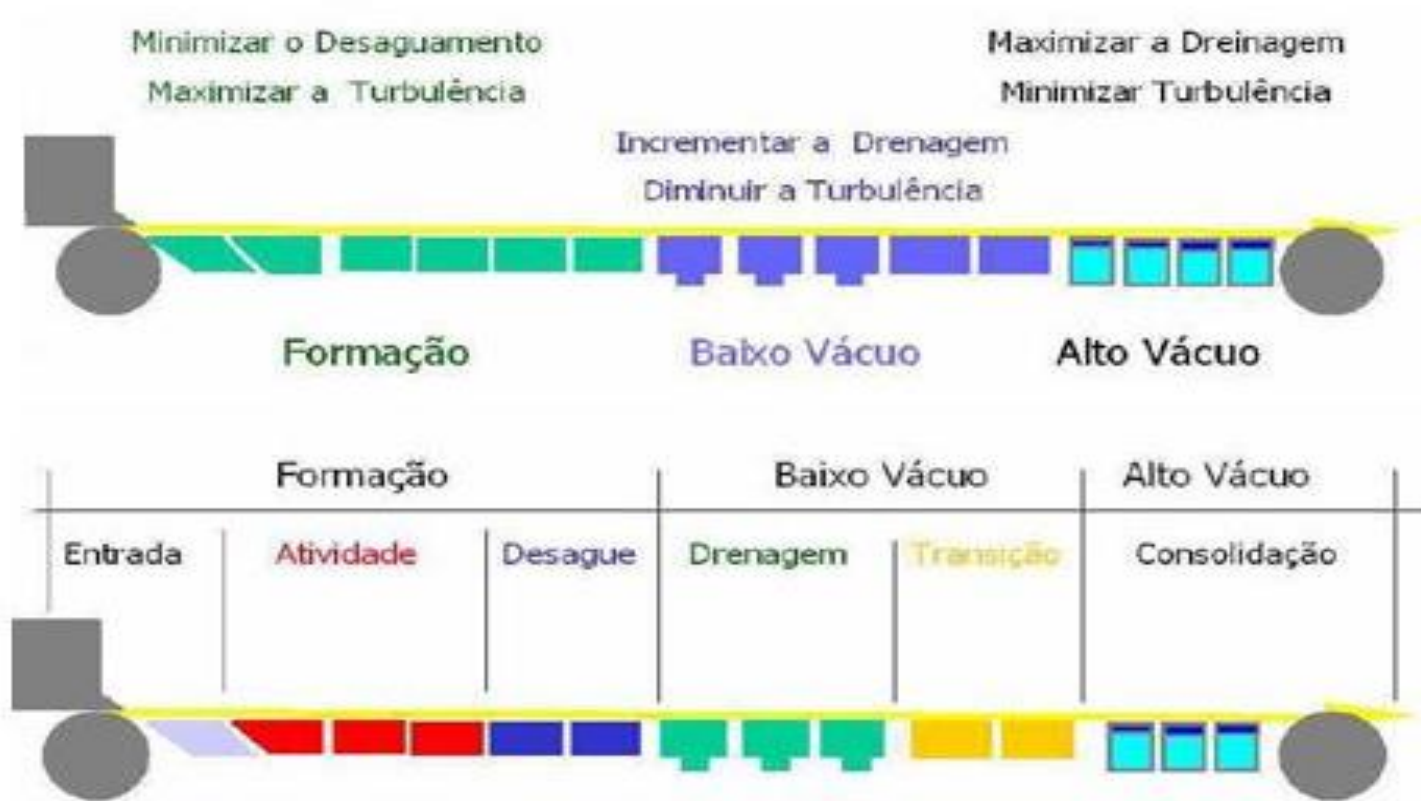


Filtração é o processo de deposição das fibras enquanto podem mover-se independentemente umas das outras.

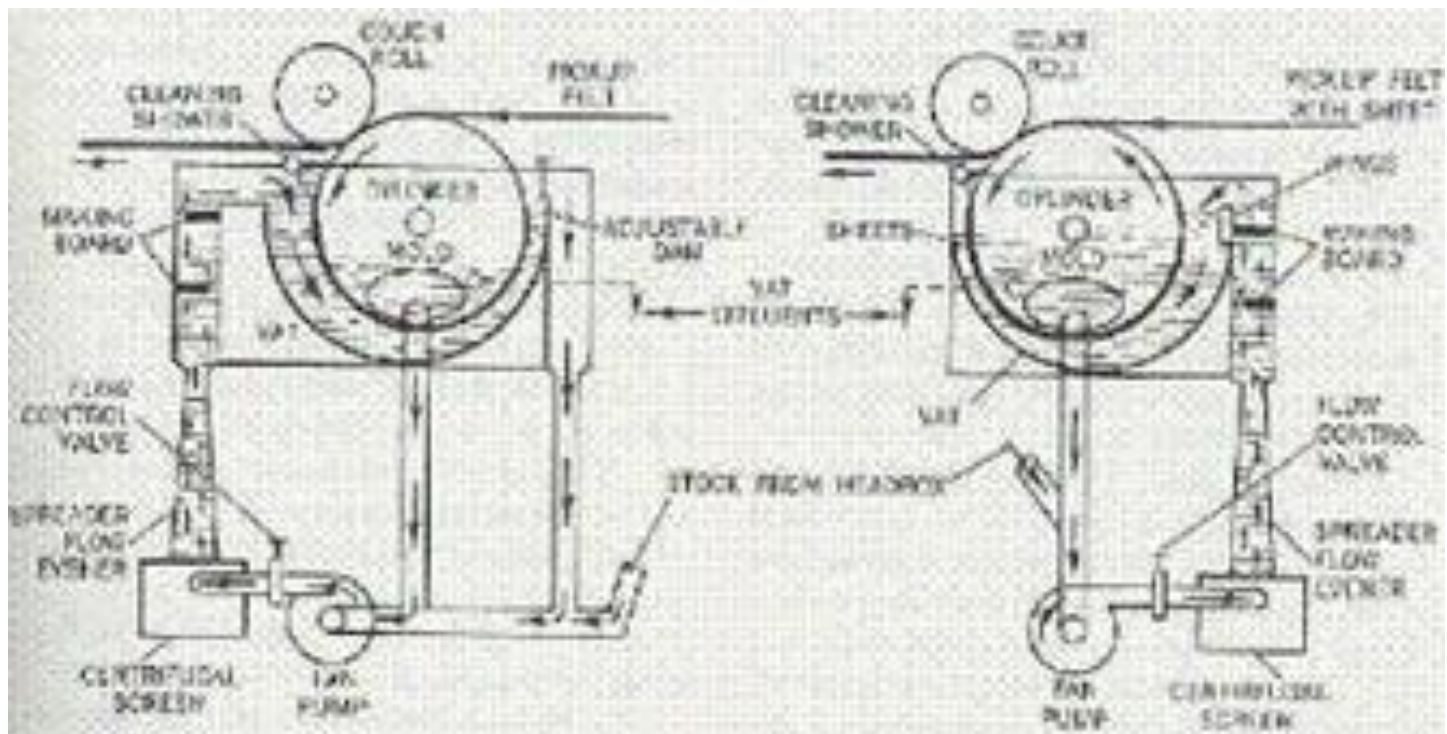
Espessamento é a deposição em forma de capas discretas, quando o movimento das fibras é dependente da interação entre elas.



Processo de formação da folha

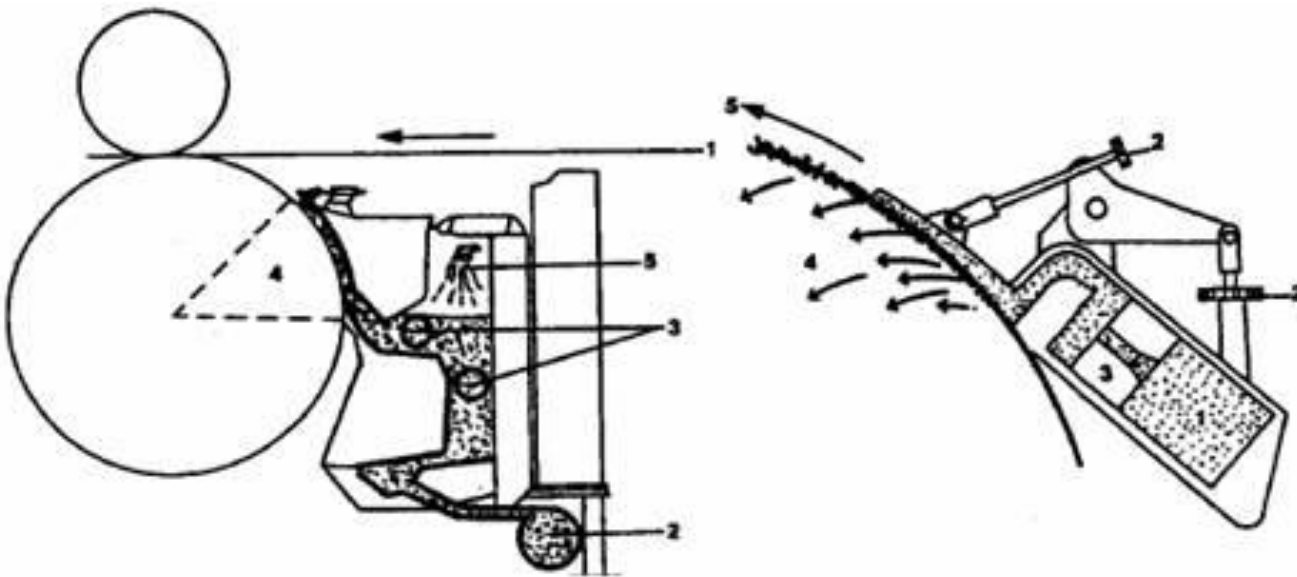


Formador de forma redonda



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Formador de forma redonda



Formador Stevens

Formador BRDA

Mesa plana

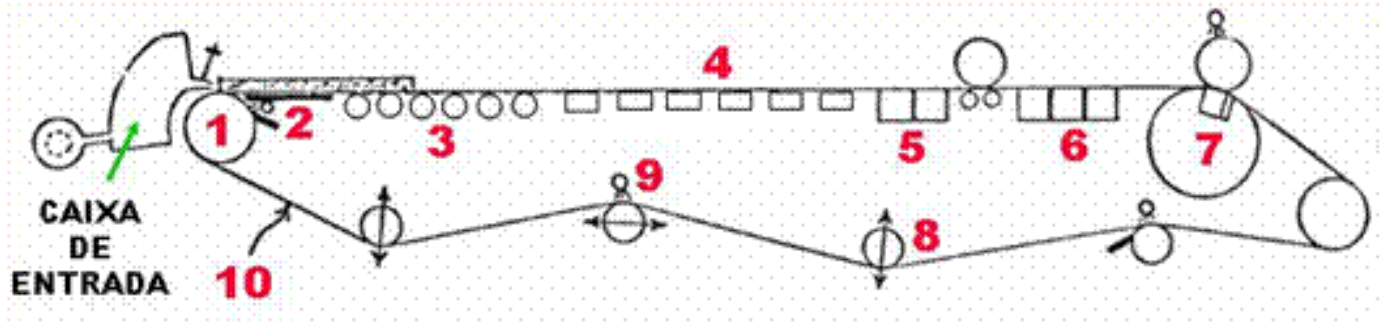
Função:

Promover a formação da folha de papel, sobre uma tela plástica, através do desaguamento controlado da suspensão fibrosa.



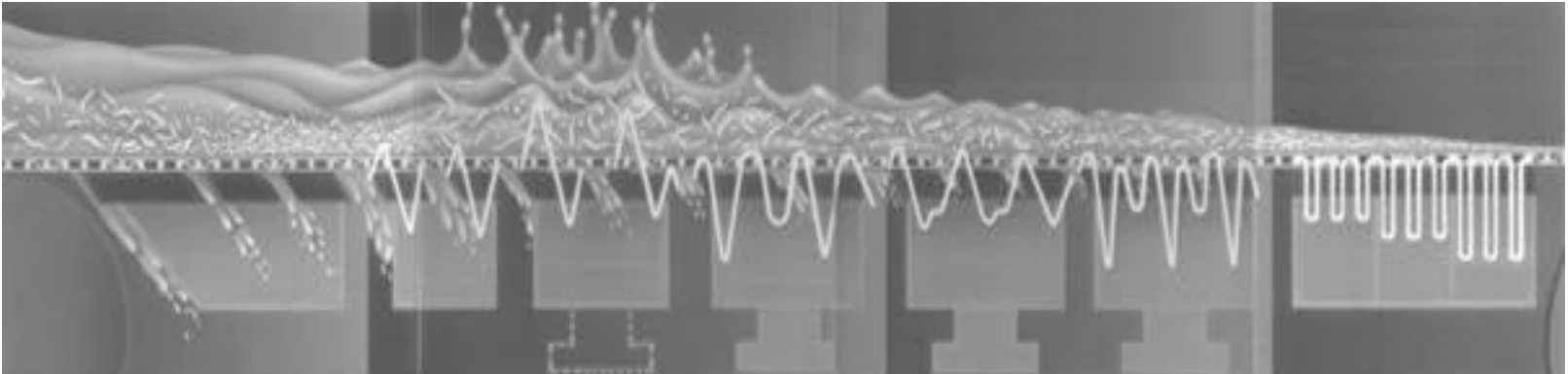
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Mesa plana



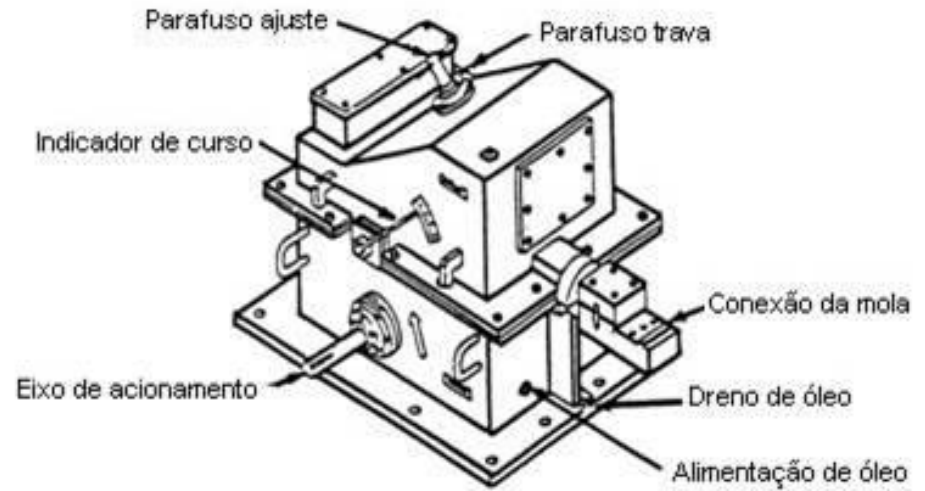
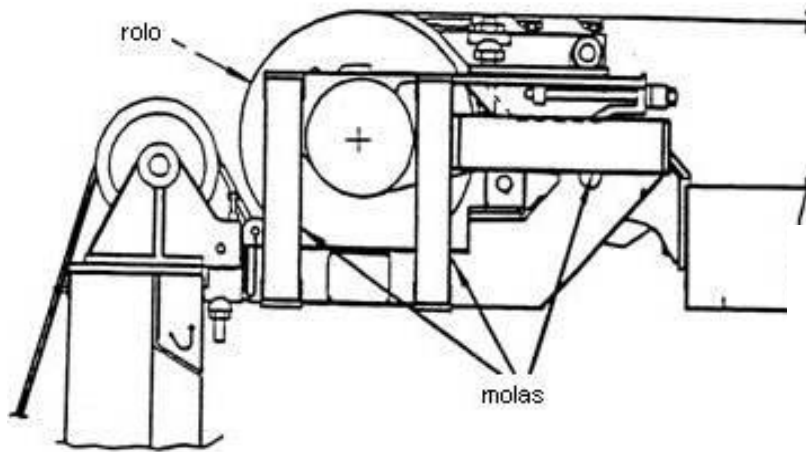
- 1- rolo cabeceira;
- 2- “forming board”;
- 3- rolos desaguadores;
- 4- “foils”;
- 5- “Vacuum foils”;
- 6- caixas de vácuo;
- 7- rolo “couch”;
- 8- rolos guias;
- 9- chuveiros;
- 10- tela formadora.

Perfil da mesa plana (didático)



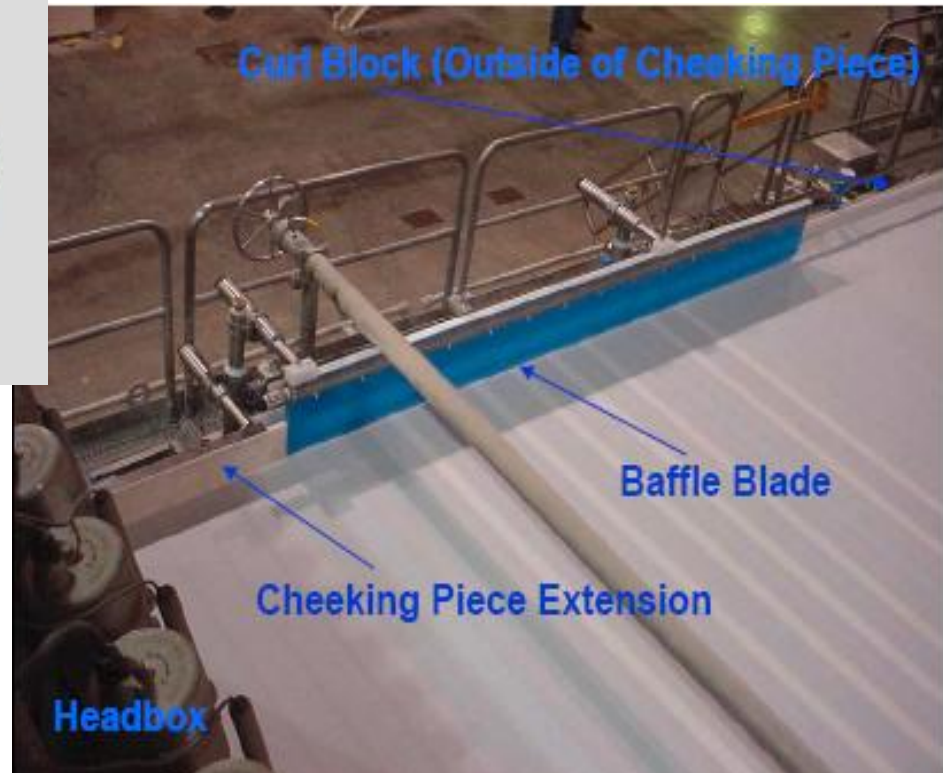
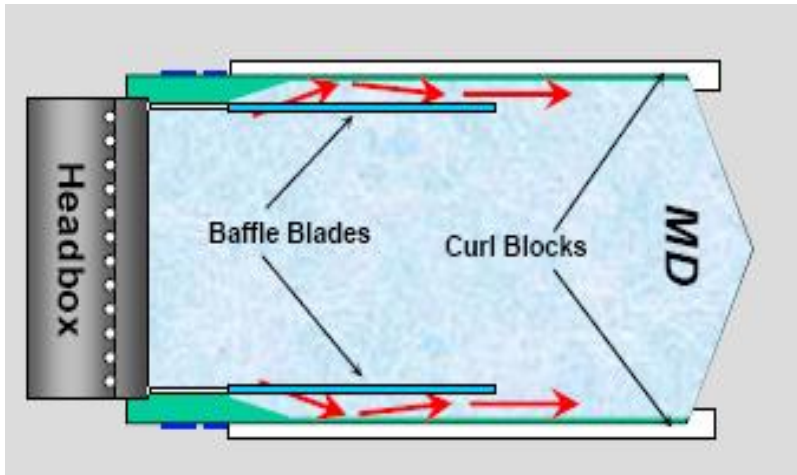
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Rolo sacudidor

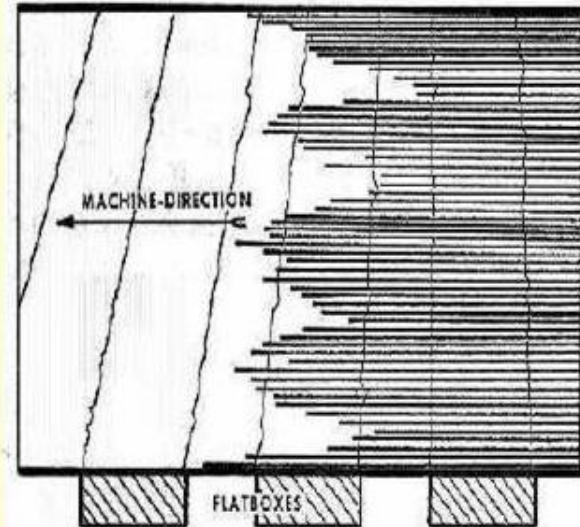
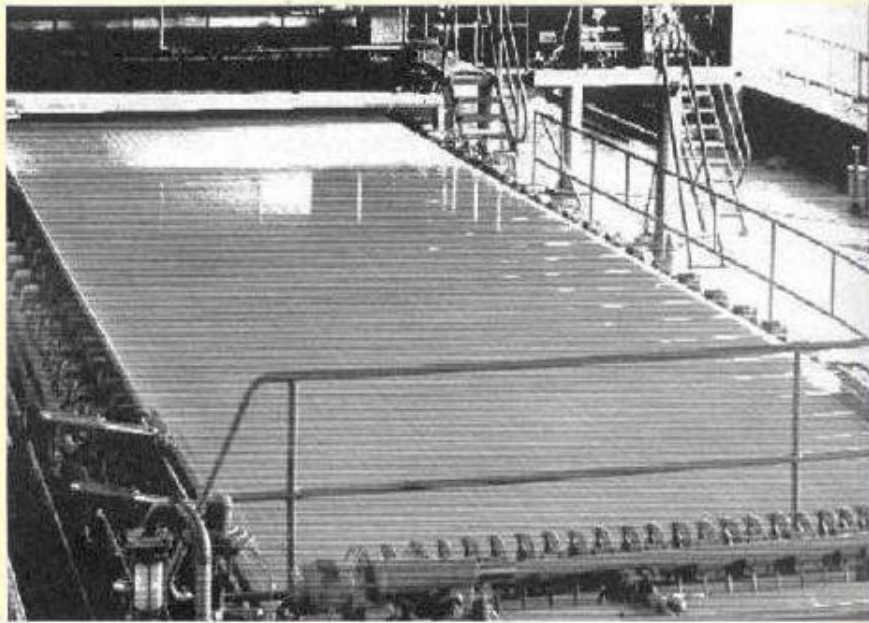


FONTE: Básico de fabricação de papel

Anteparos laterais na mesa plana



Linha úmida



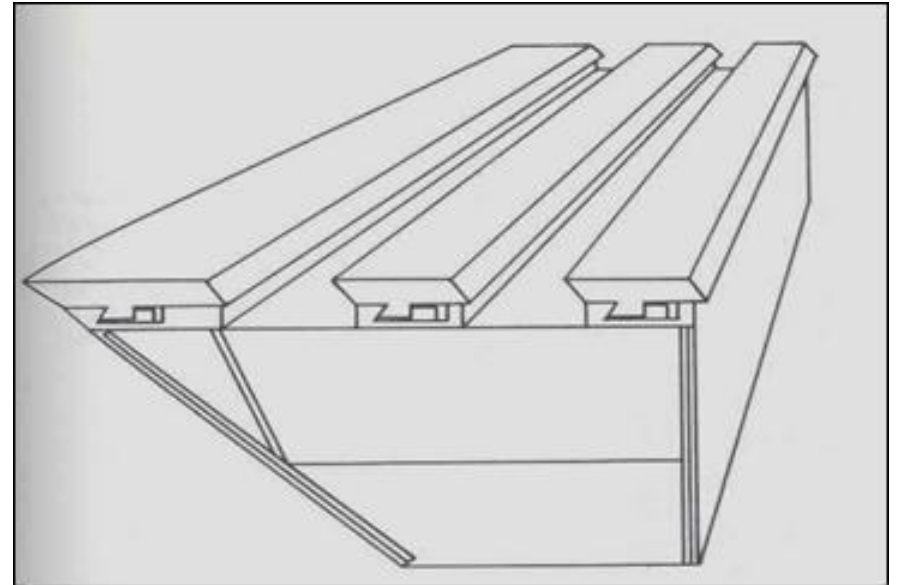
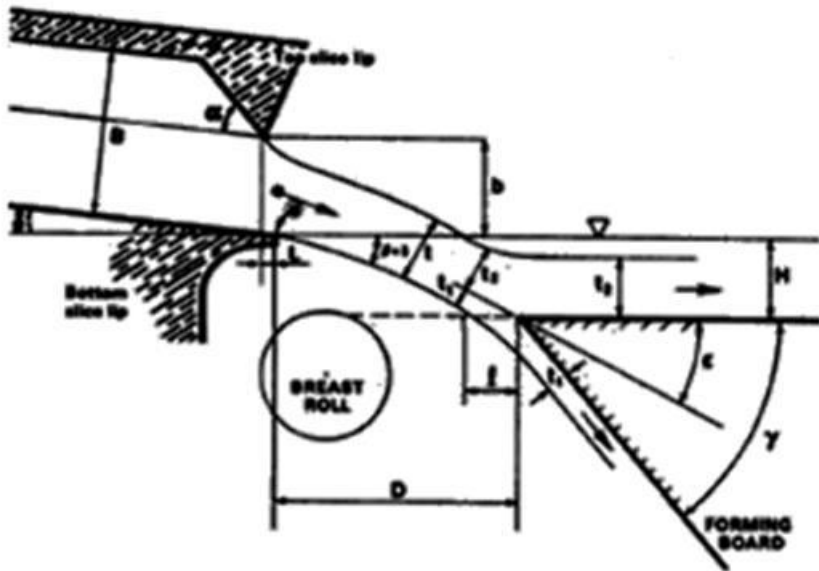
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Visualização do espelho



FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP

“Forming board”

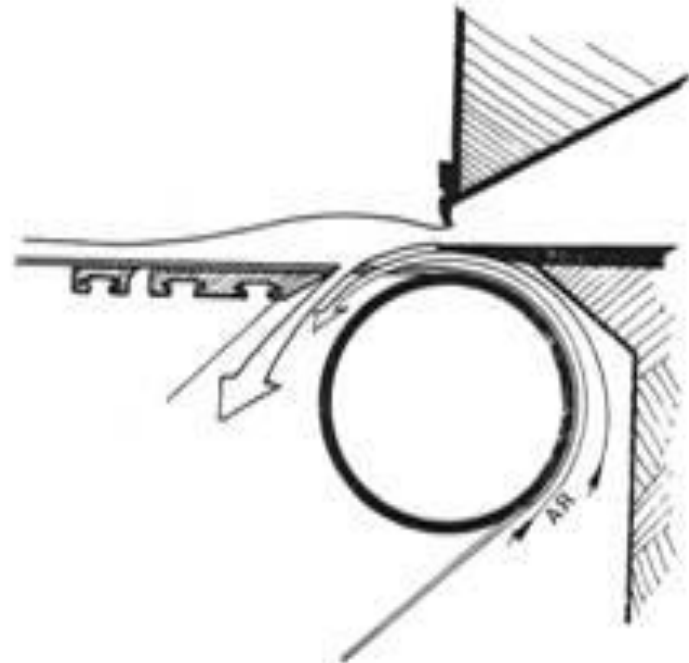
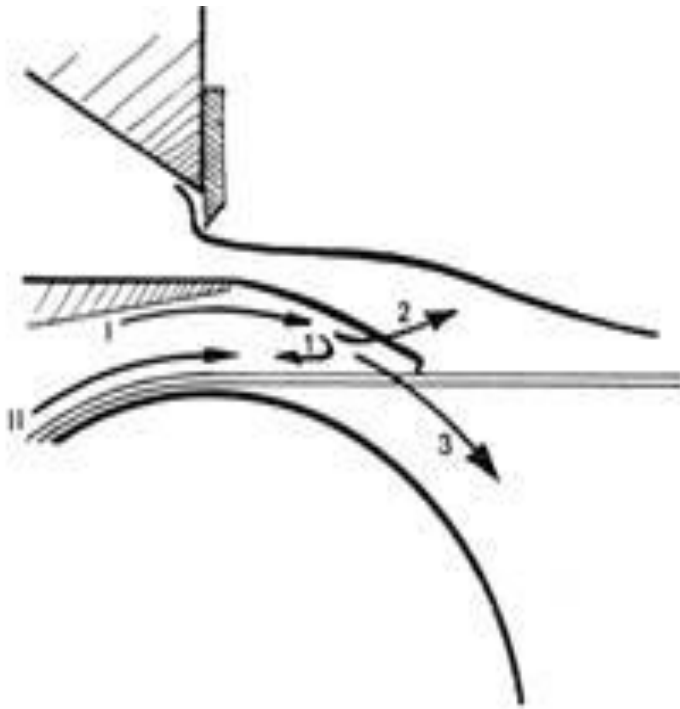


“Forming board”



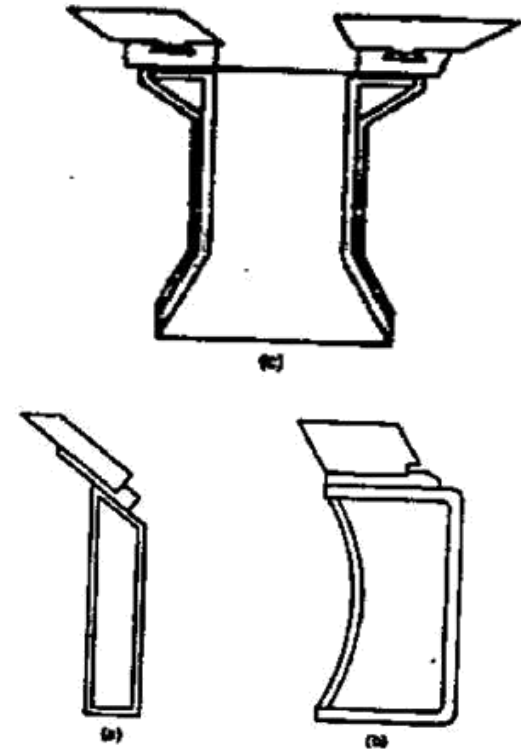
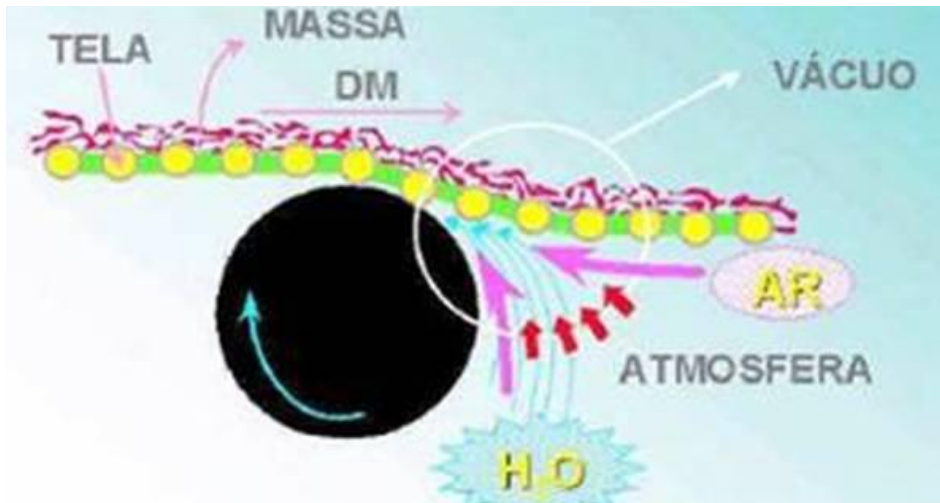
FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP

“Forming board”

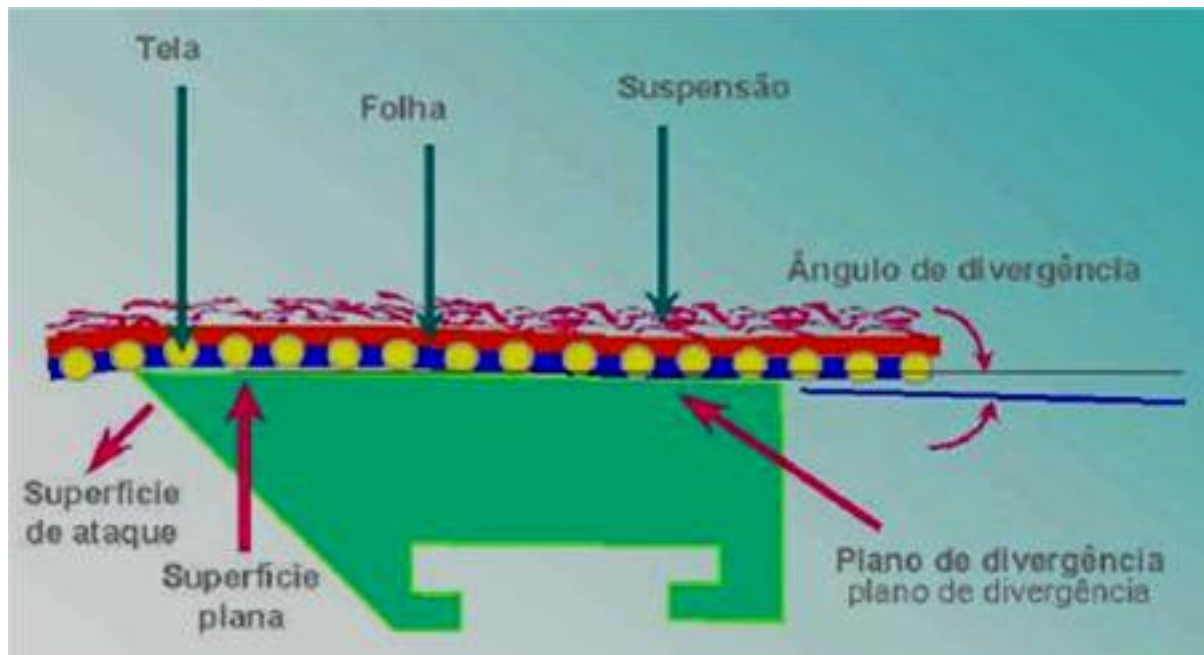


FONTE: Básico de fabricação de papel

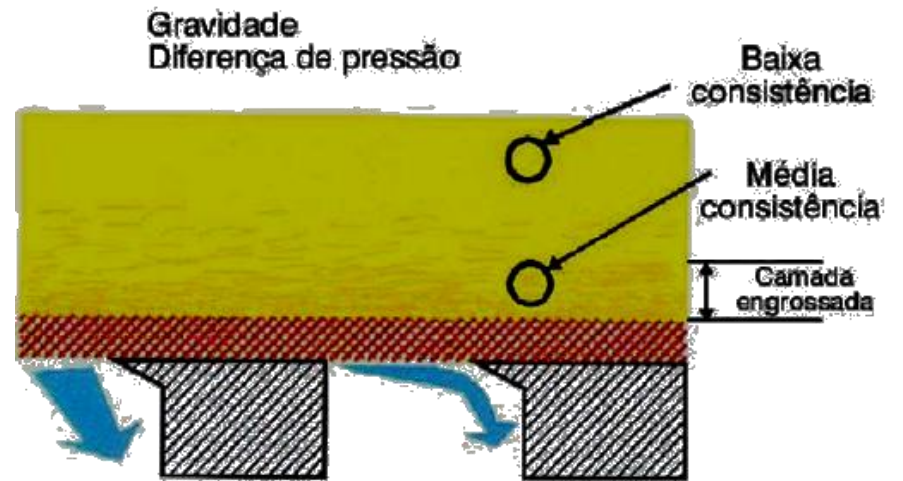
Rolos desaguadores



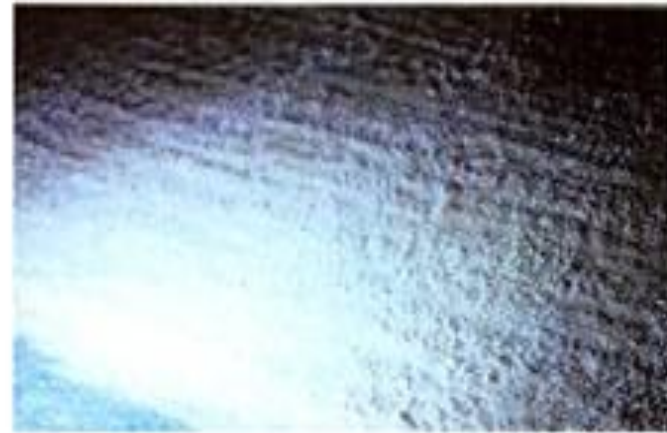
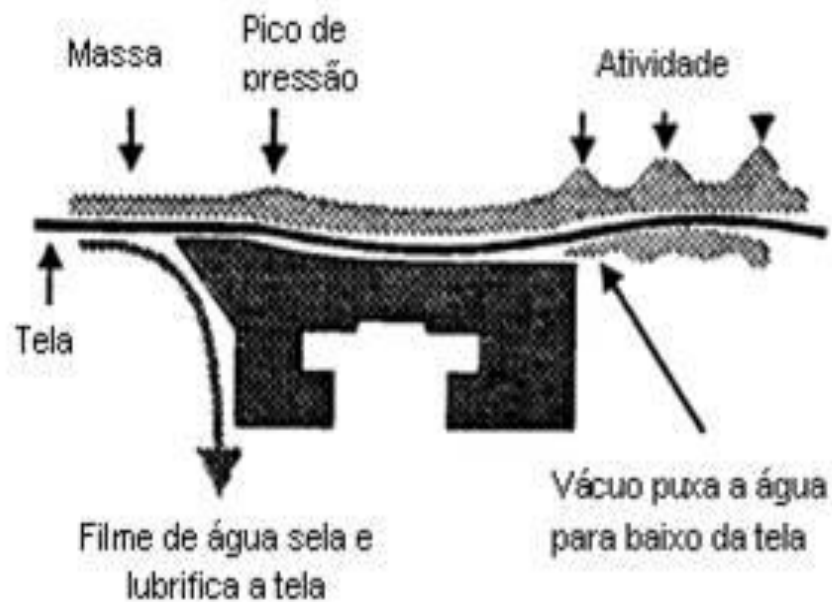
“Hidrofoils”



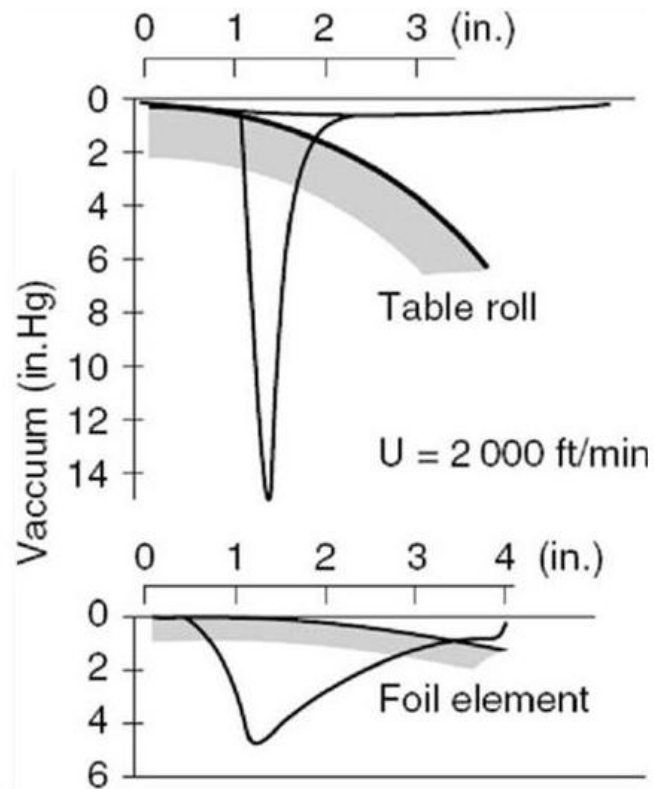
“Hidrofoils”



Geração de atividade na mesa plana

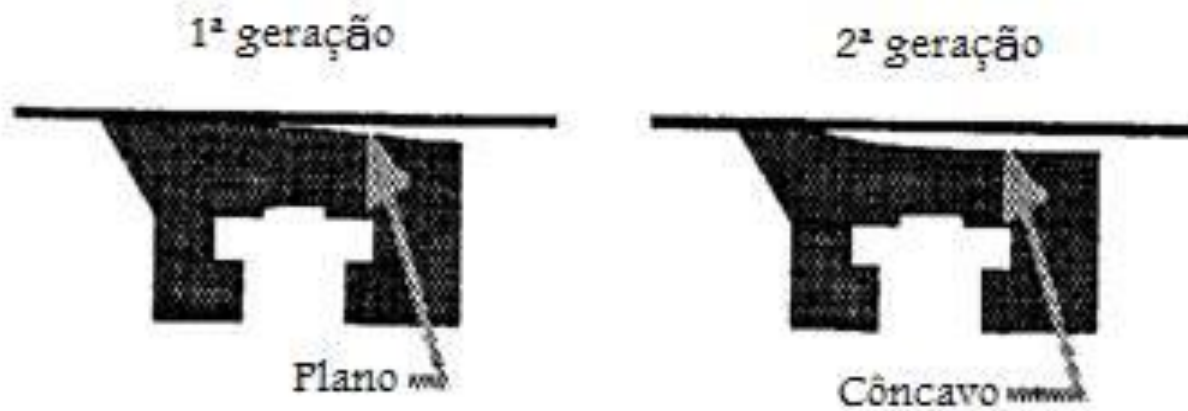


Rolos desaguadores x “hidrofoils”

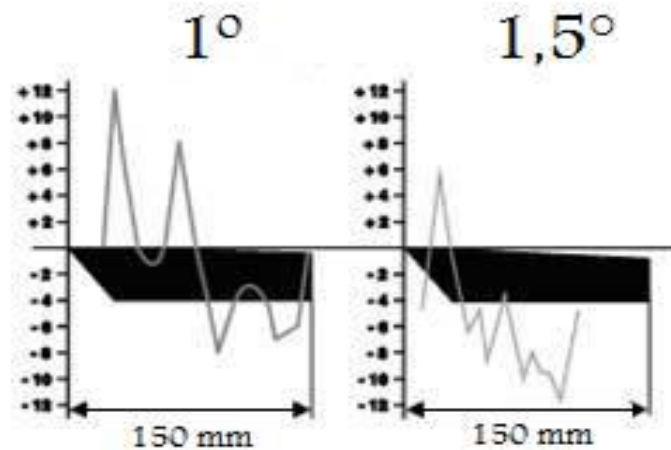
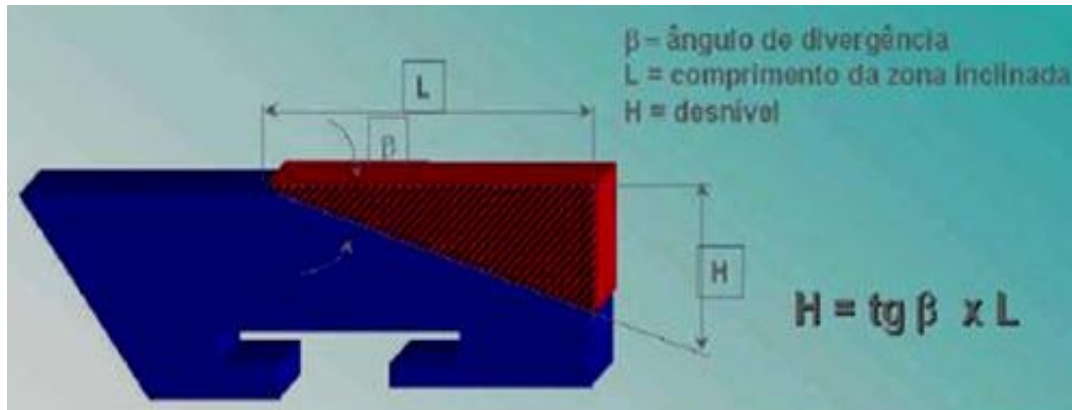


FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP

Gerações de “foils”

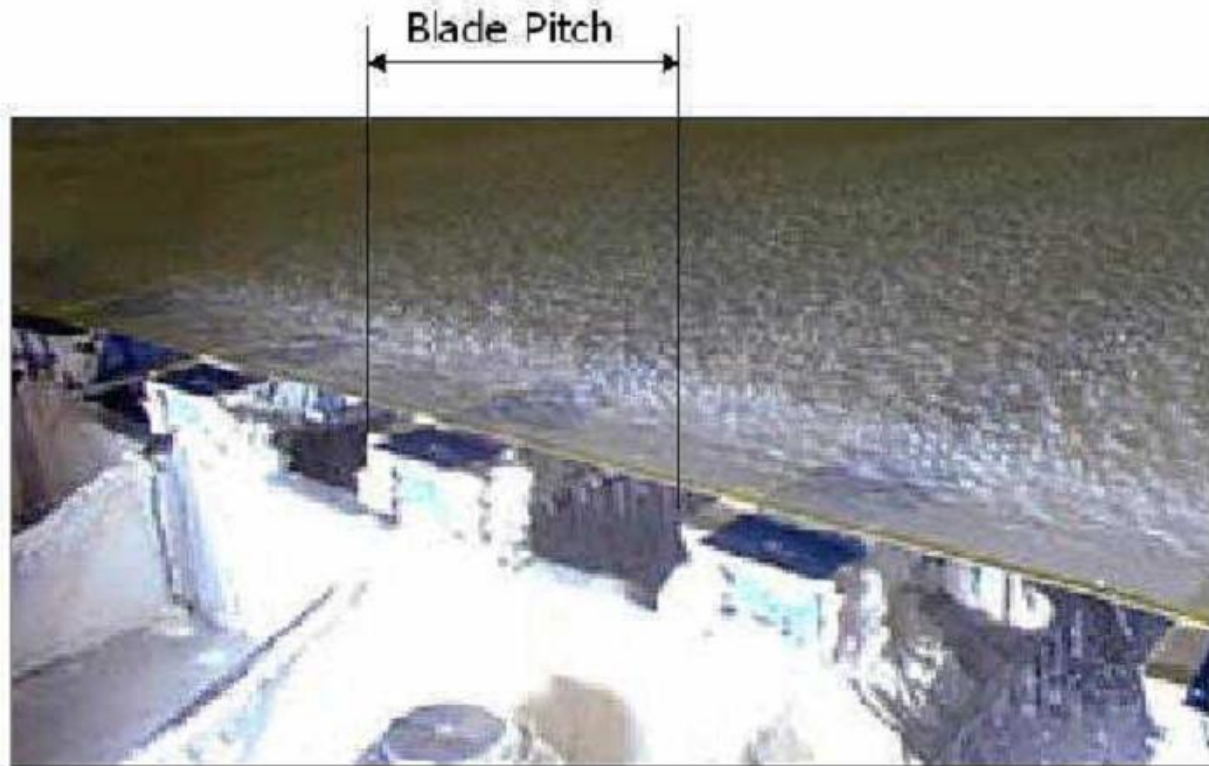


Ângulo do “foil”



FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP

Distância entre “foils”



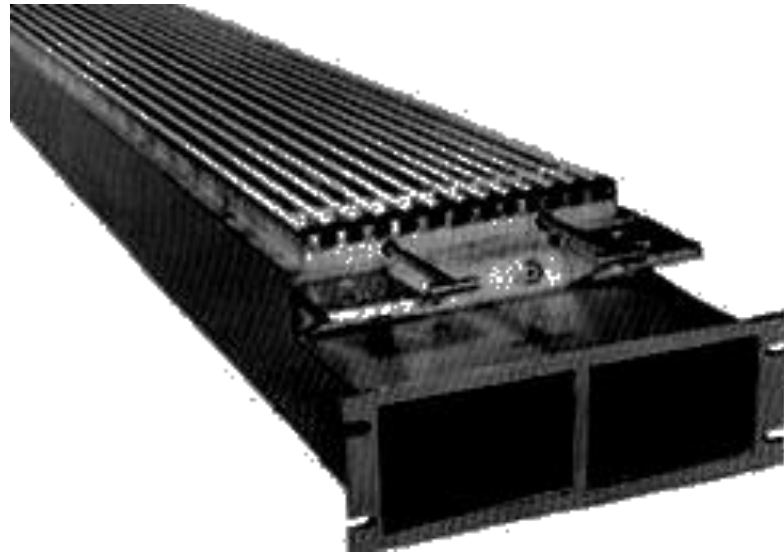
$$\text{Frequência (Hz)} = \frac{\text{velocidade da tela (mpm)}}{0.06 \times \text{espaçamento entre foils (mm)}}$$

Nunca menor do que 35 Hz
Padrão moderno de 80-120 Hz
Máximo para Fourdrinier 140Hz

“Vacuum foils”

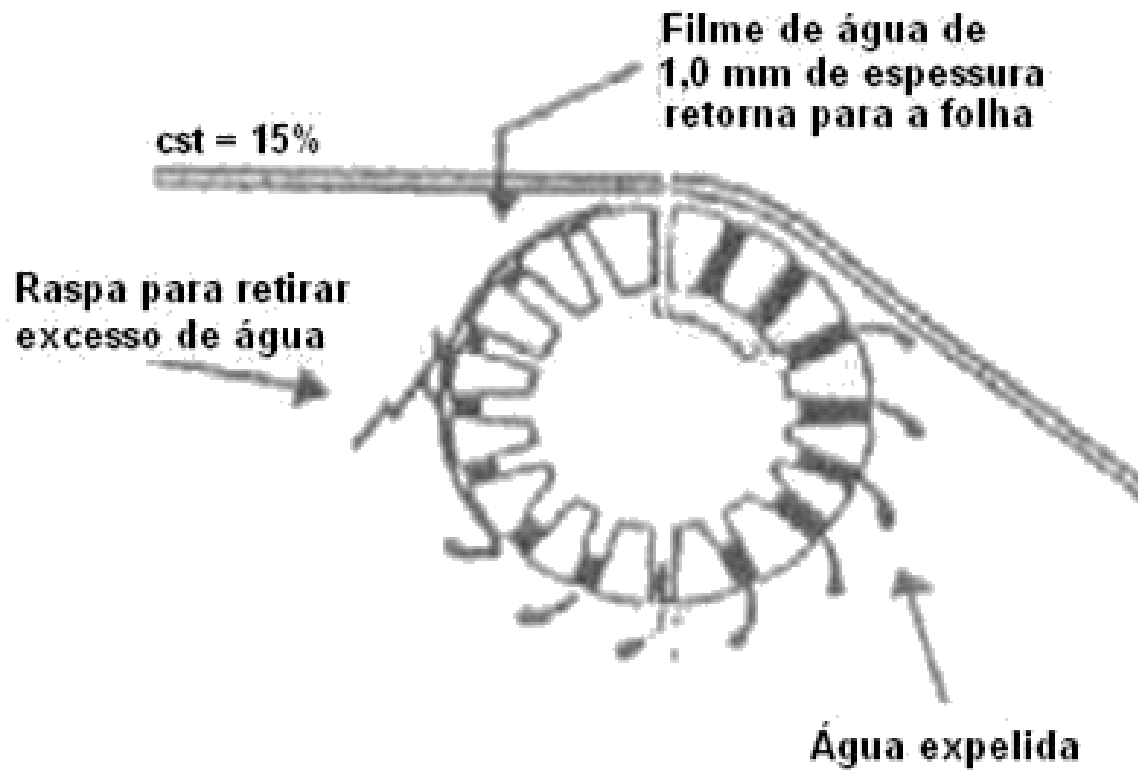


Caixas de alto vácuo

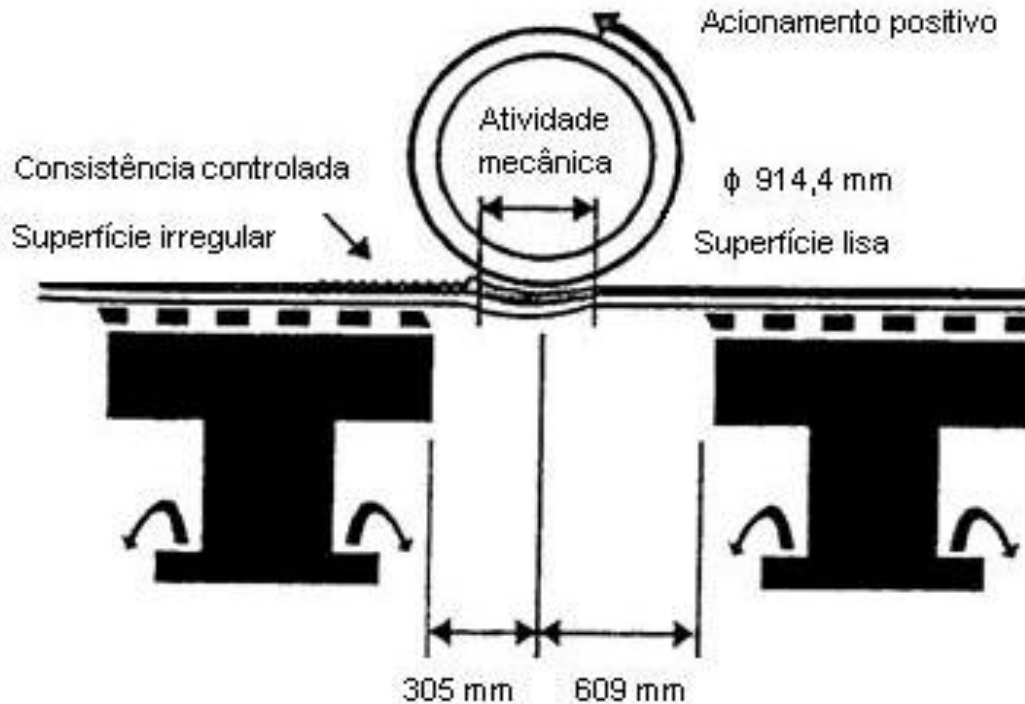


FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Rolo “couch”



Rolo bailarino



$$D = \frac{V * 1000}{R * \pi}$$

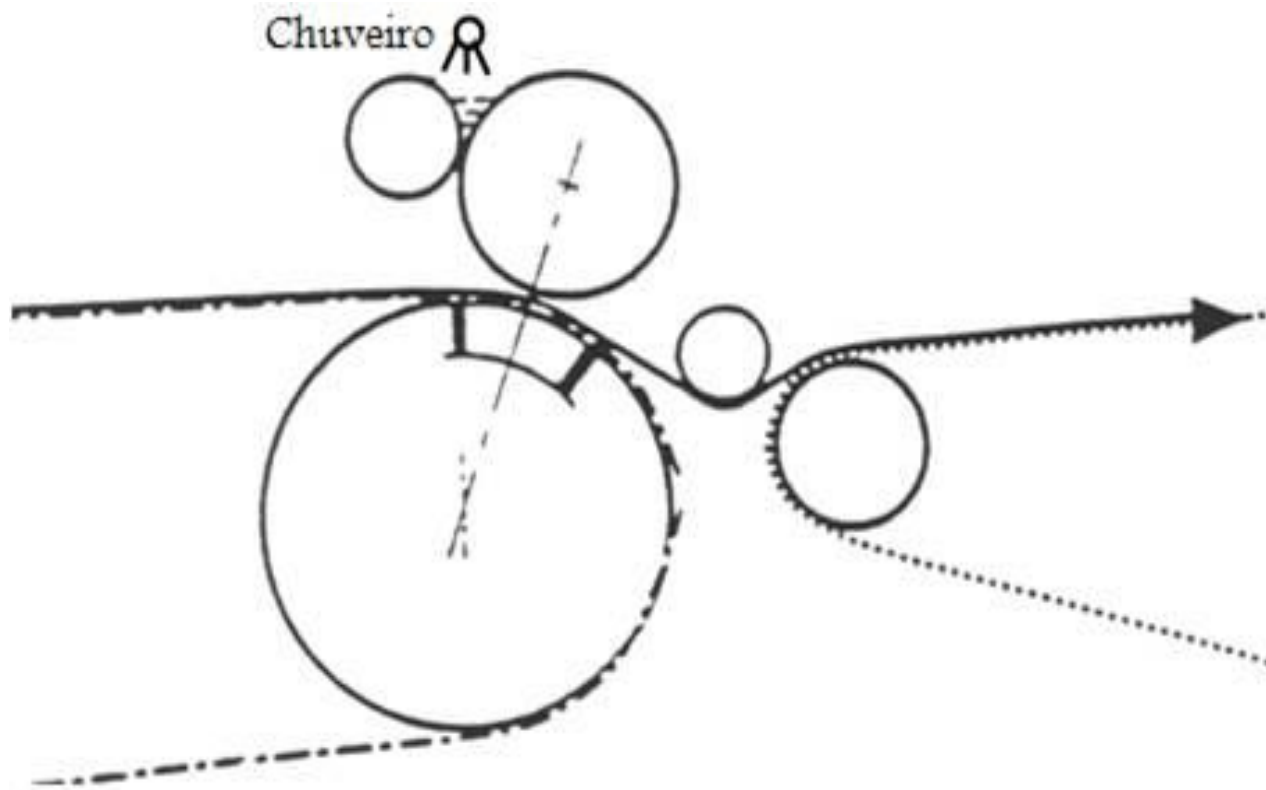
Onde:

D: diâmetro do bailarino (mm)

V: velocidade (m/min)

R: rotação (RPM)

Rolo “lumbreaker”



FONTE: Básico de fabricação de papel

Dupla tela

Formadores de Tela Dupla (D. Webster, 1953)

Princípios para desaguamento:

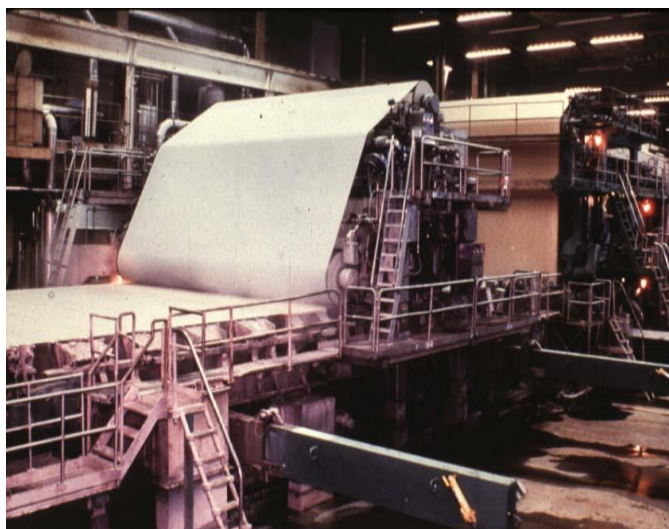
Pressão nas telas sobre a manta fibrosa;

Elementos de drenagem sob as telas.

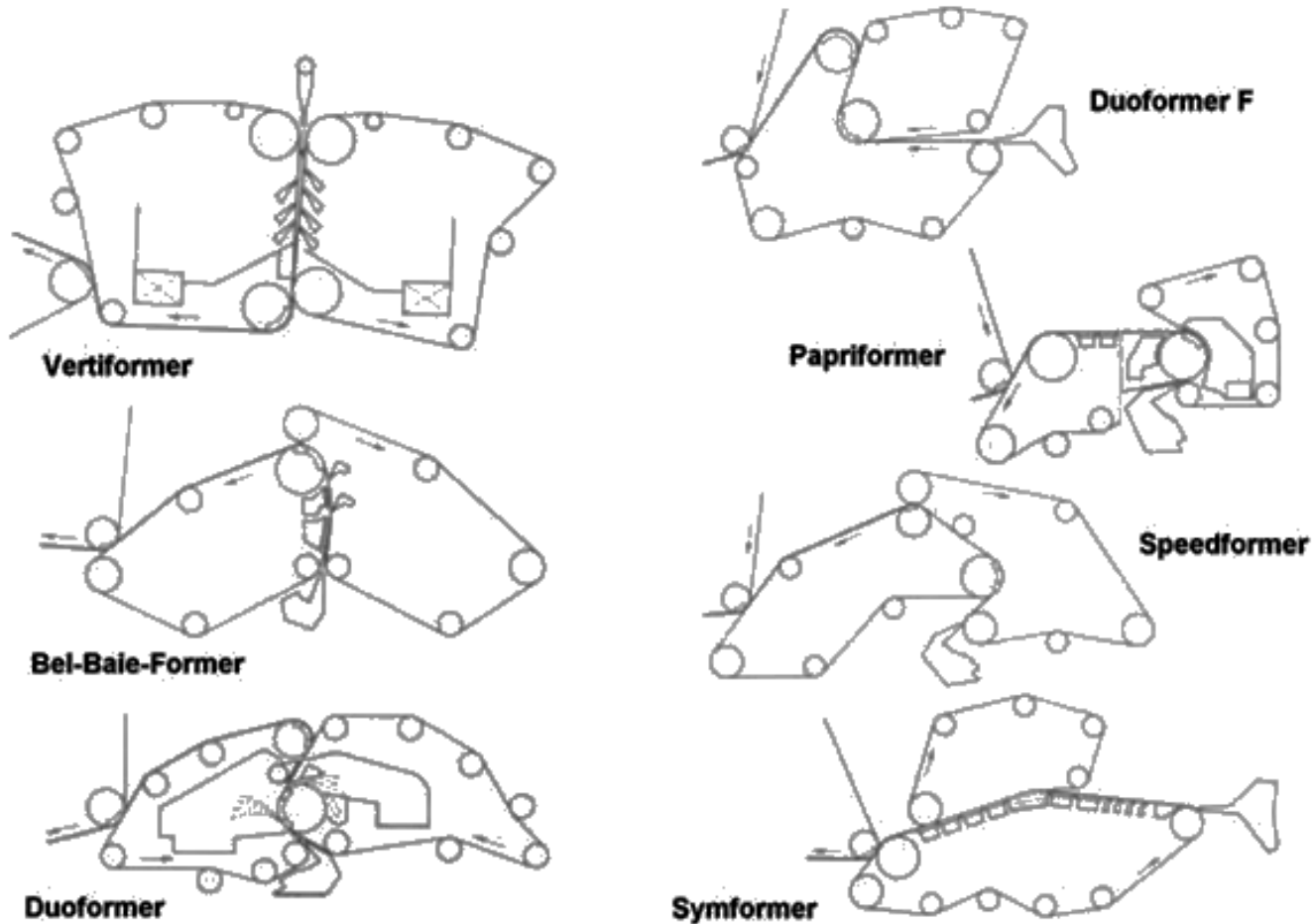
Princípios para formação:

Turbulência

Cisalhamento

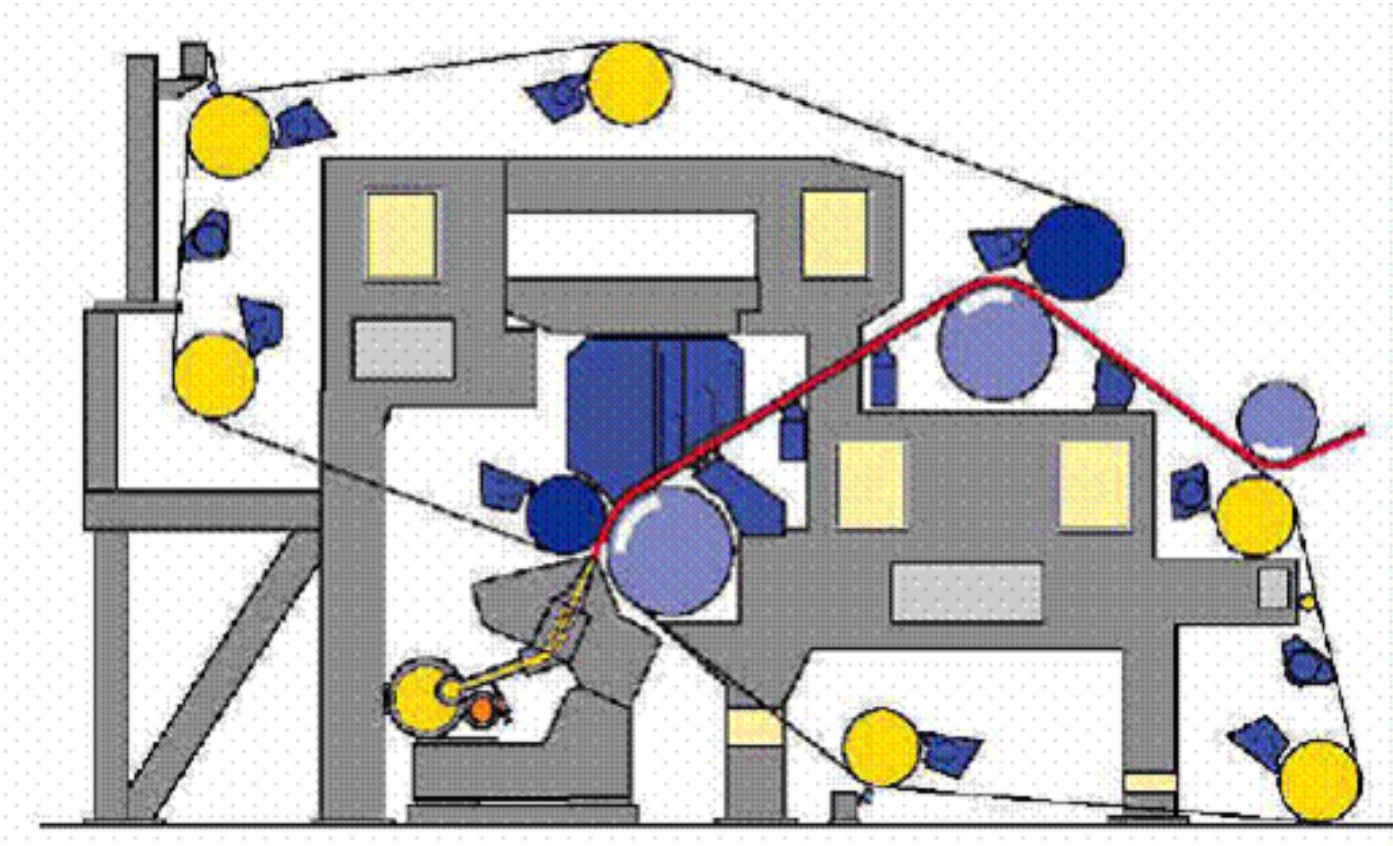


Tipos de formadores de dupla tela



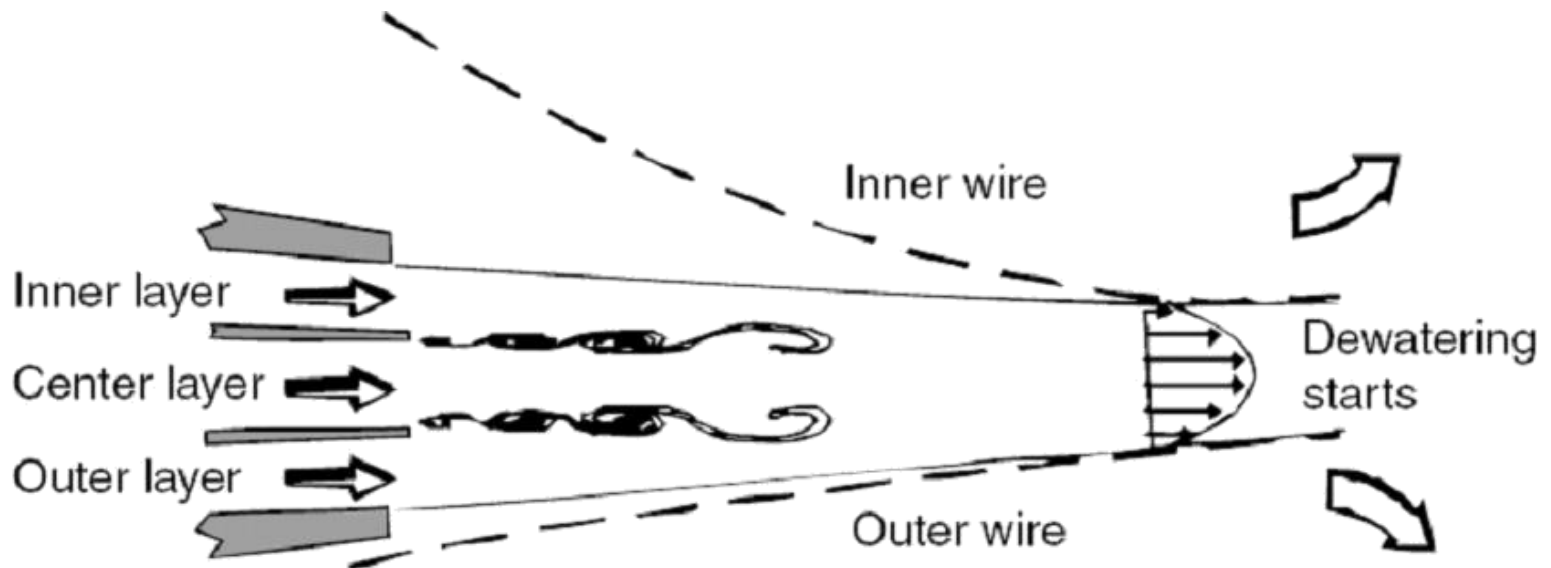
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

DuoFormer TQ



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

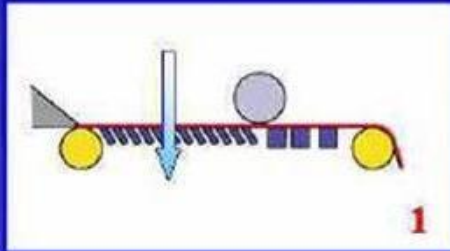
O jato entre duas telas



Dupla tela

One wire

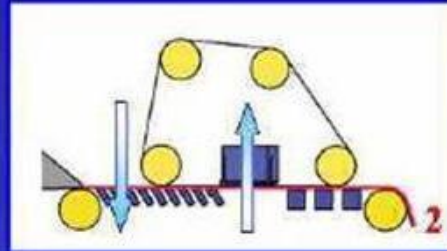
Fourdrinier



$$V_{\max} \leq 1200 \text{ m/min}$$

One wire in the beginning
second wire added later

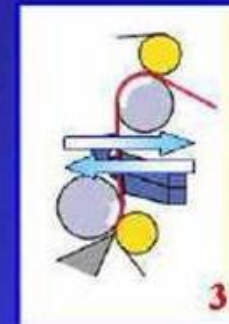
Hybrid former



$$V_{\max} \leq 1200 \text{ m/min}$$

Two wires from
the beginning

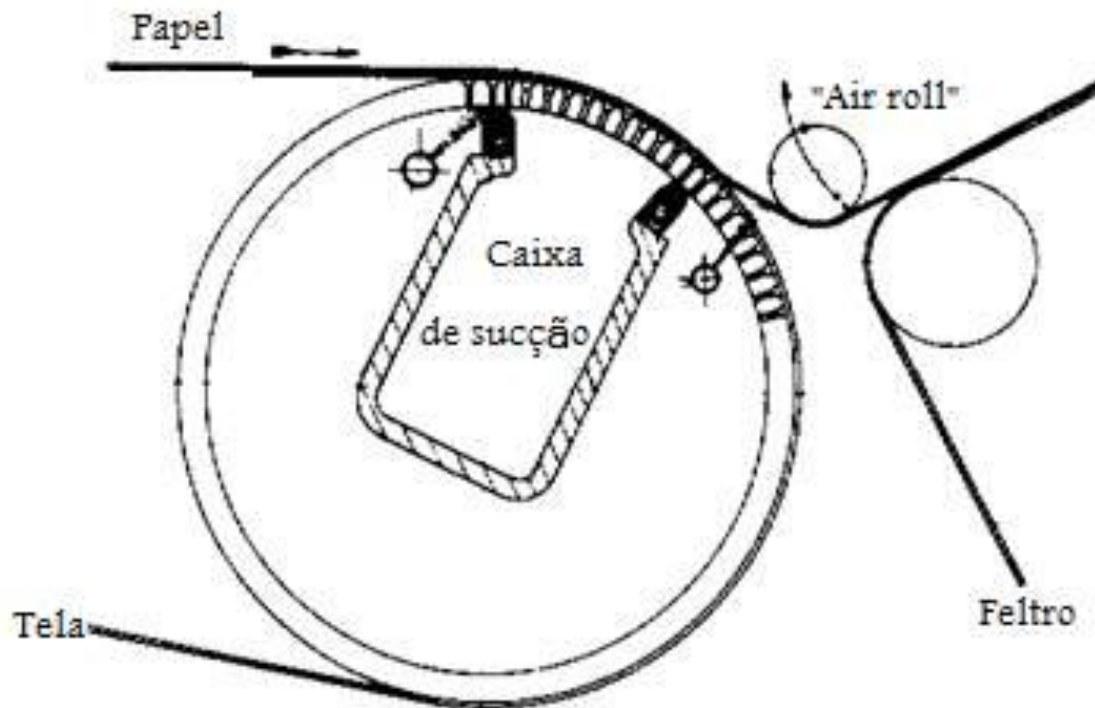
Gap former



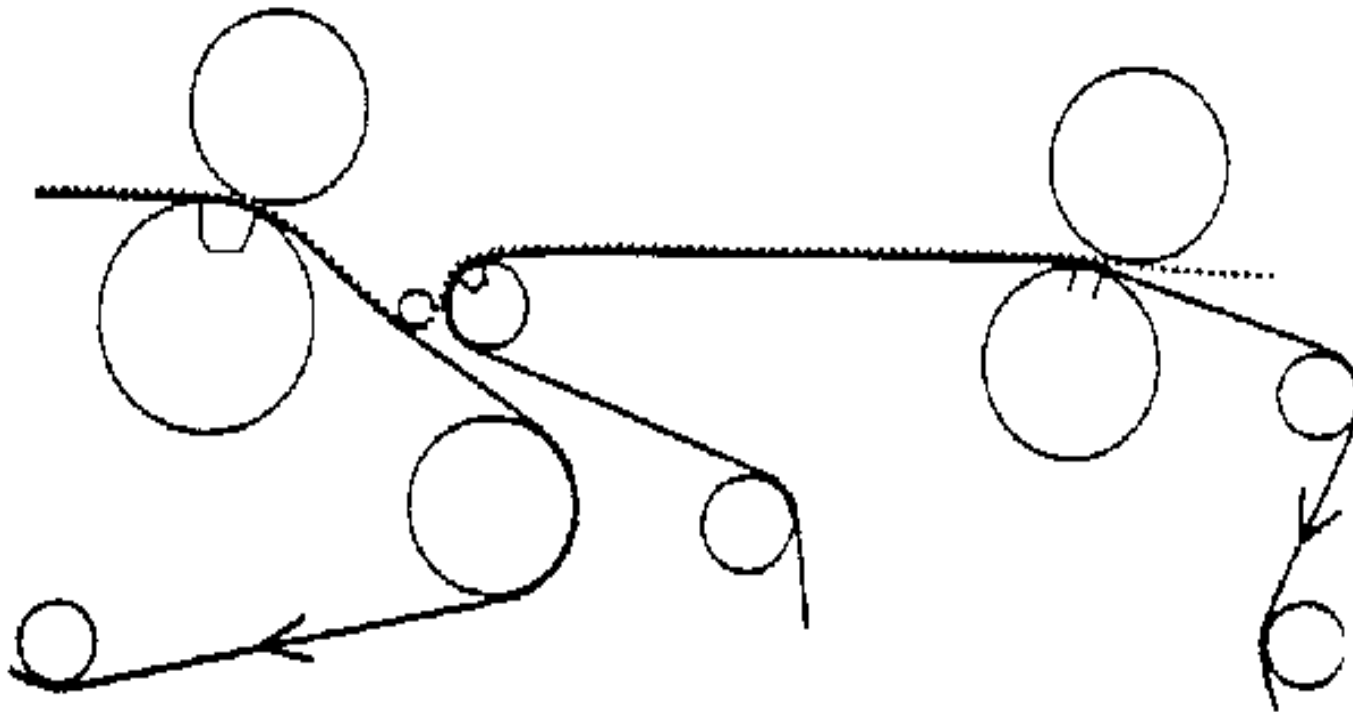
$$V_{\max \text{ hoje}} \leq 2000 \text{ m/min}$$

futuro ?

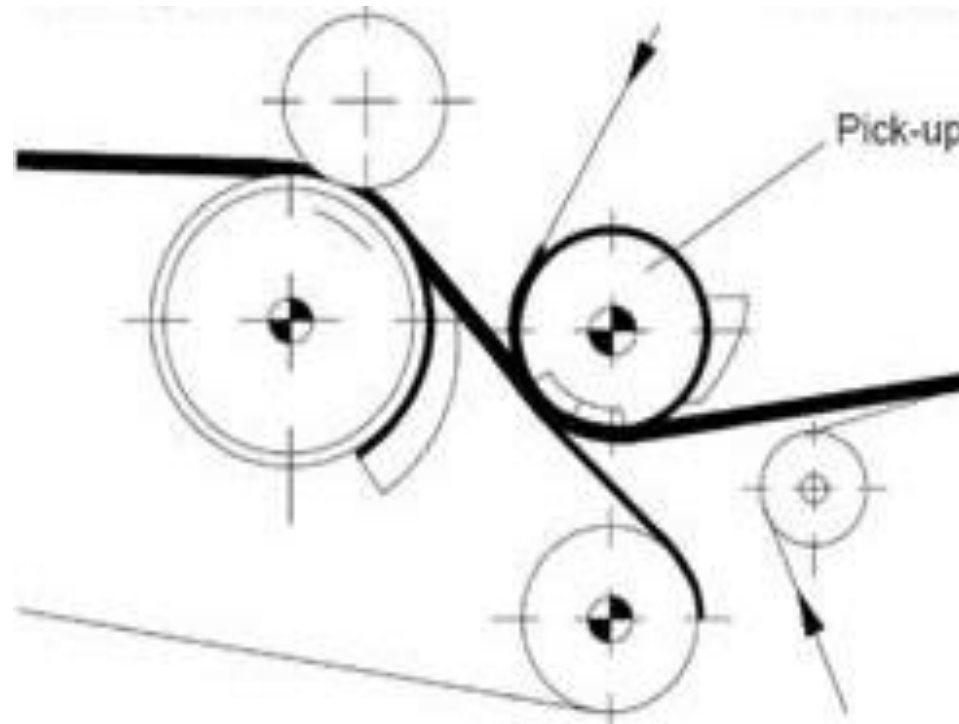
Transferência da folha sem suporte para a seção de prensas



Transferência da folha para a seção de prensas quando o “lumpbreaker” é usado



Transferência com rolo “pick-up”



8. Prensagem

Teor de umidade de alguns tipos de papéis

Tipo de papel	Antes da prensagem	Depois da prensagem
Papel imprensa	90%	69%
Papel “kraft”	90%	70%
Papel para imprimir e escrever	82%	68%
Cartão para embalagens de alimentos	81%	66%

Prensagem

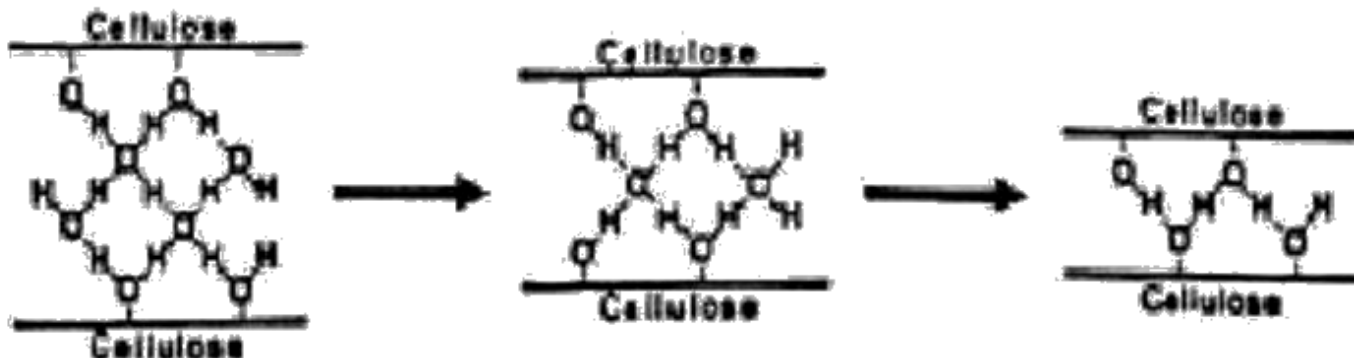
“O incremento de 1 % no teor seco final da folha nas prensas, resulta na economia de vapor de 4 a 5 % ou o equivalente em aumento de velocidade”.

O cálculo abaixo elucidado o exposto anteriormente para uma folha com incremento de teor seco de 40 para 41 % e 5 % de umidade na enroladeira.

$M1$ (kg água evaporada / kg de papel produzido) = $95/40 - 1 = 1,38$

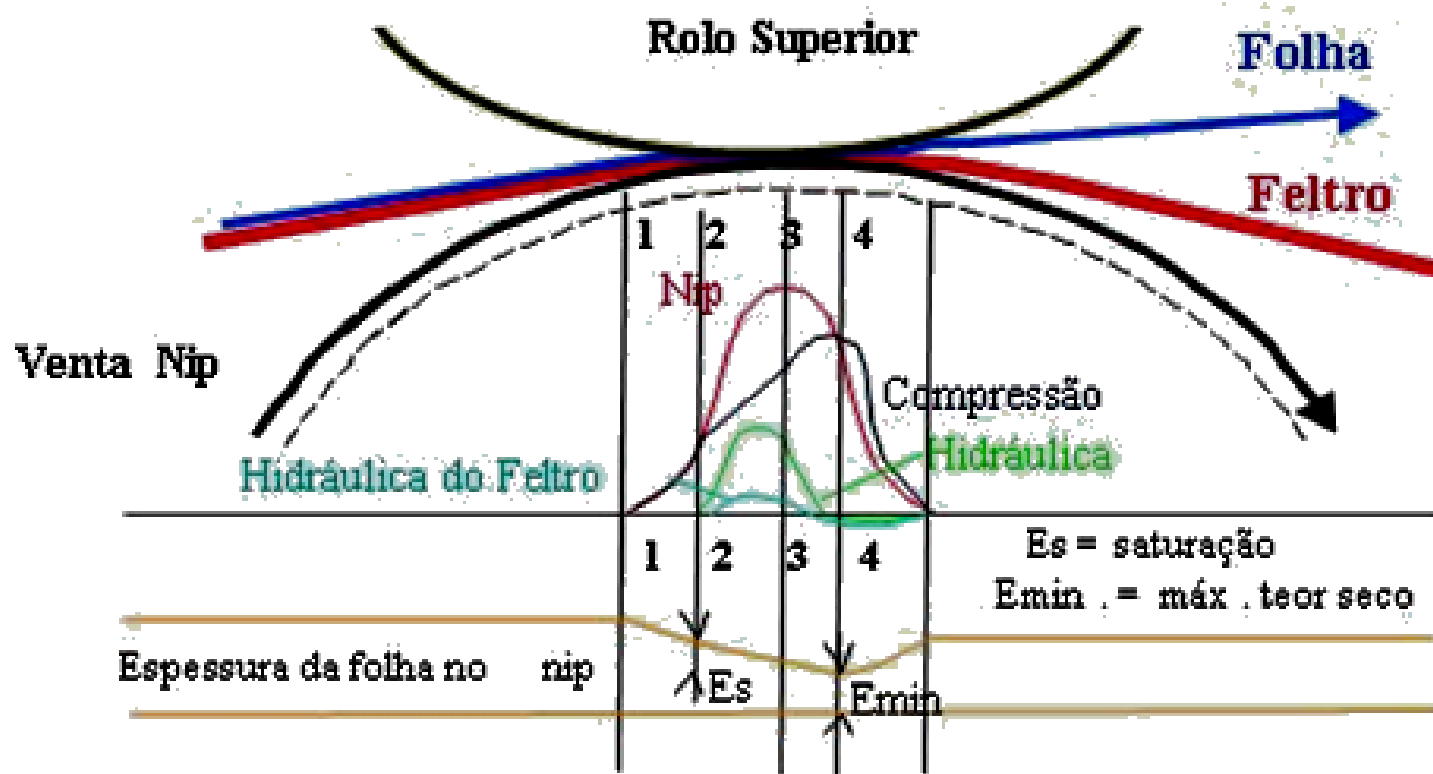
$M2$ (kg água evaporada / kg de papel produzido) = $95/41 - 1 = 1,32$

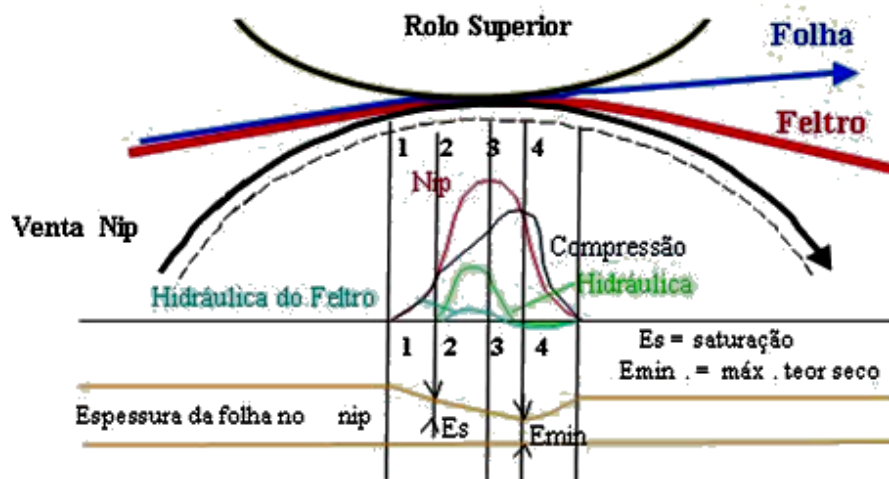
Diferença na quantidade de água a ser evaporada = $1,38/1,32 = 4,5 \%$



FONTE: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” - ABTCP

Teoria da prensagem





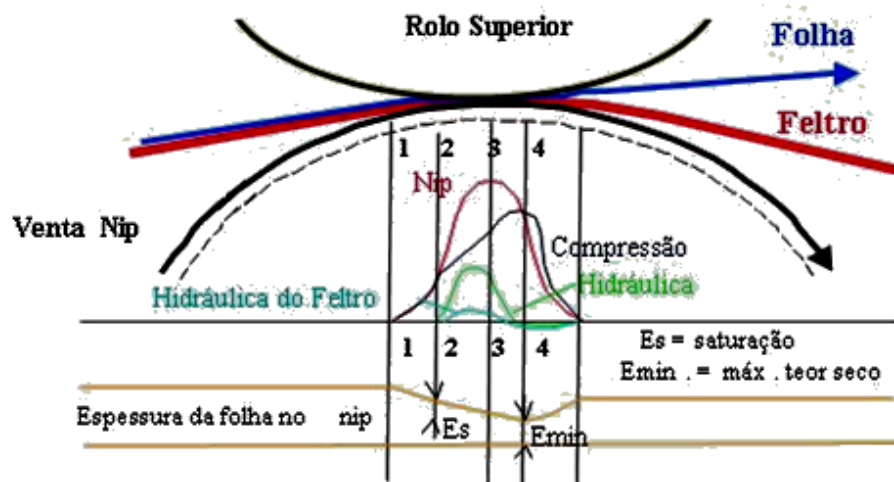
Etapa 1 :

Início - Contato entre Papel e Rolo

Final - Folha Saturada

Características da Etapa :

- Feltro não saturado
- Desaguamento muito pequeno
- Estrutura fibrosa não comprimida



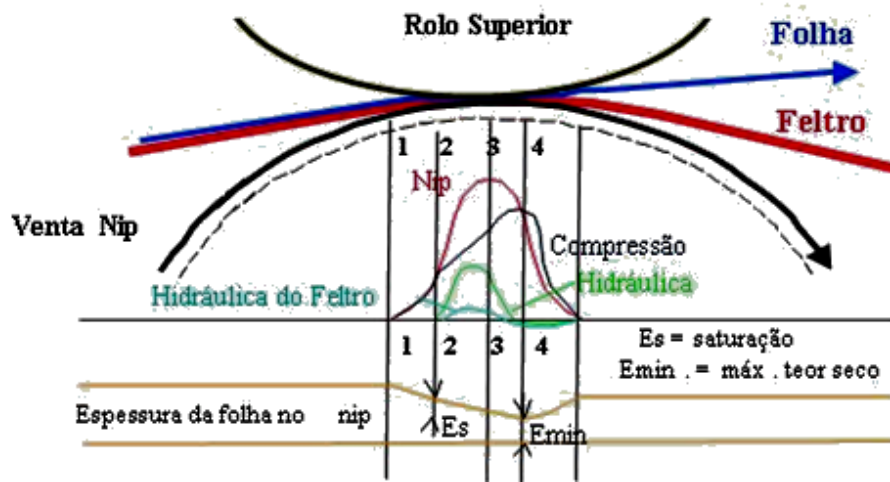
Etapa 2 :

Início - Folha Saturada

Final - Ponto de Pressão Máxima

Características da Etapa :

- Aparecimento de Pressão Hidráulica na folha
- Fluxo de água da folha para o Feltro
- Saturação do Feltro
- Fluxo de água do Feltro para os espaços vazios abaixo do Feltro



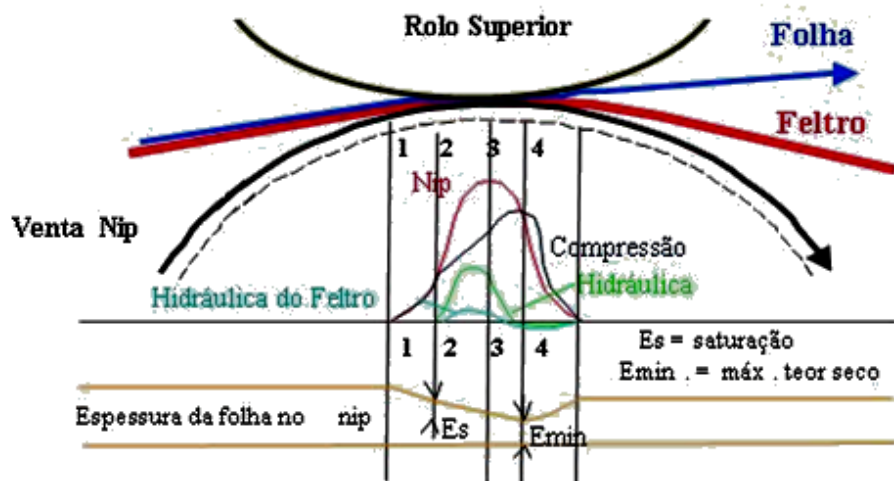
Etapa 3 :

Início - Ponto de Pressão Máxima

Final- Início da expansão do feltro e da Folha

Características da Etapa :

- Máxima Pressão Estrutural da folha de papel
- Pressão Hidráulica na folha vai a zero
- Inexistência de Fluxo de Água
- Ponto de máximo teor seco do papel no NIP (H_M)



Etapa 4 :

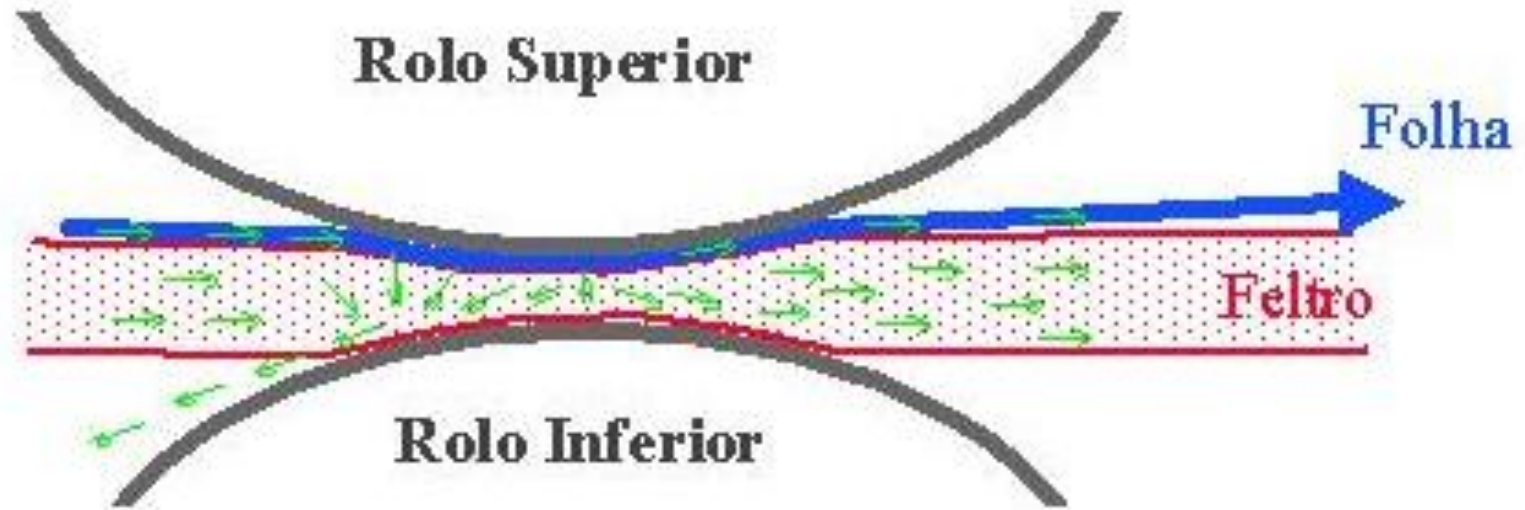
Início - Início da expansão do feltro e da Folha

Final - Final do contato feltro - folha

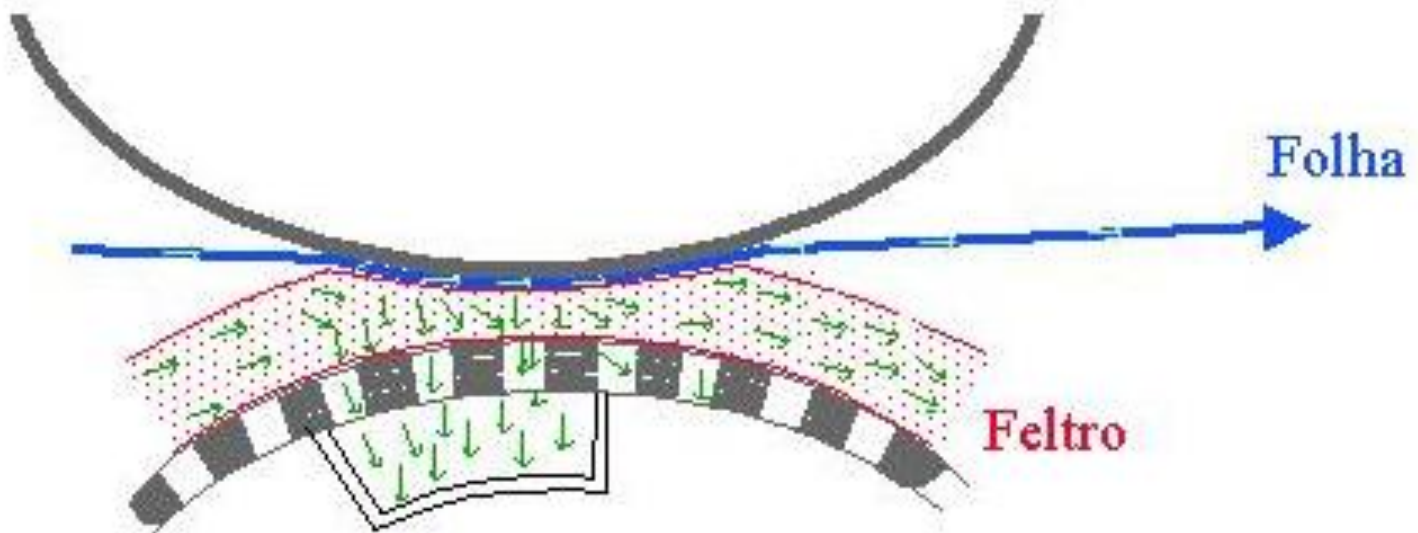
Características da Etapa :

- Pressão Hidráulica "negativa" (vácuo) na folha e feltro
- Reabsorção de Água pela Folha
- Retorno à situação de não saturação
- Separação entre Feltro e Folha

Fluxo horizontal



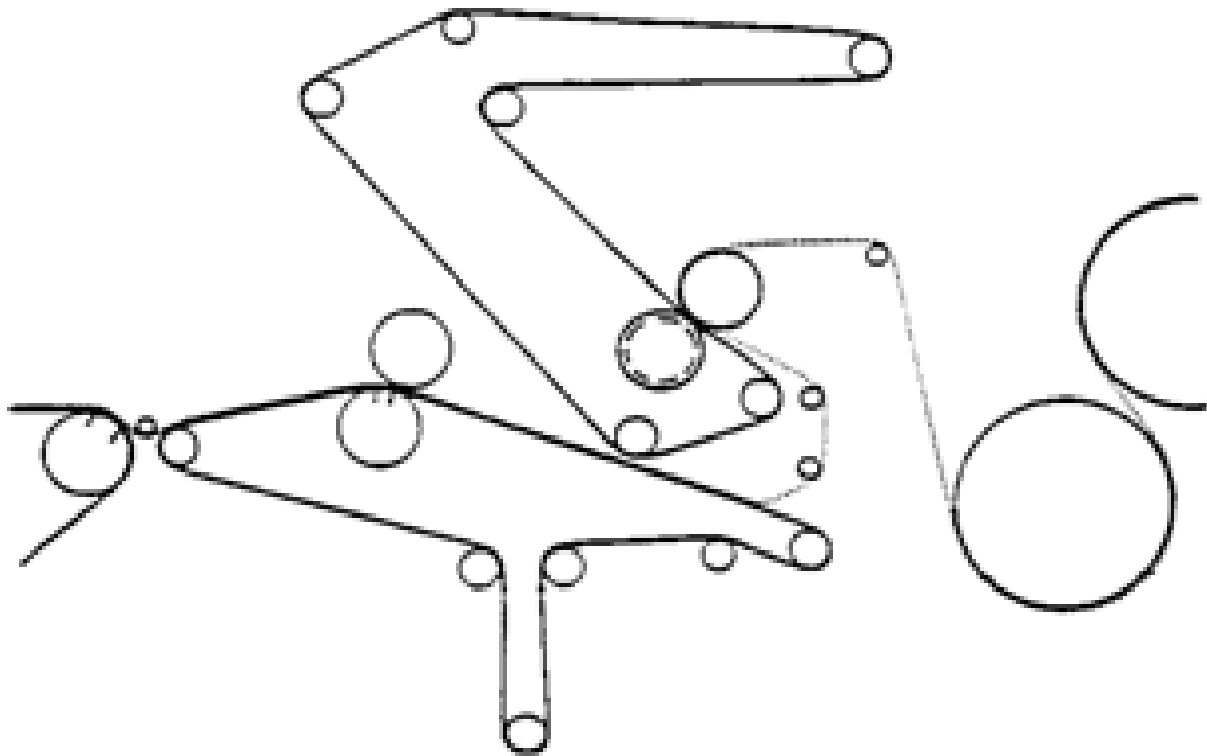
Fluxo vertical



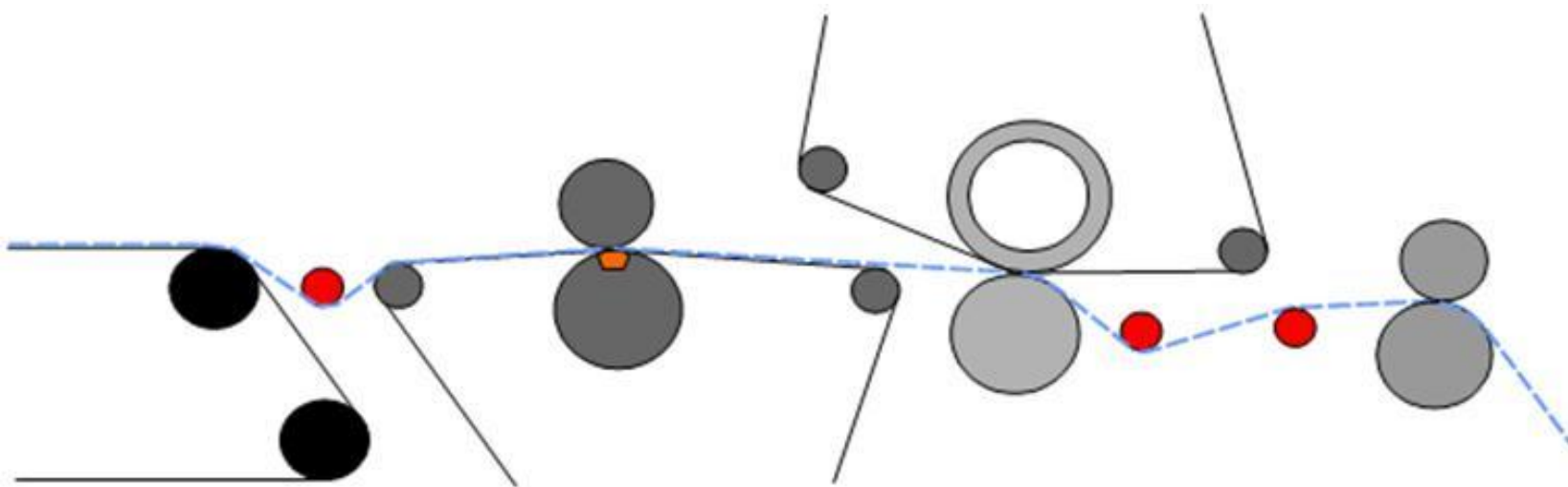
Custos aproximados de desaguamento em uma MP

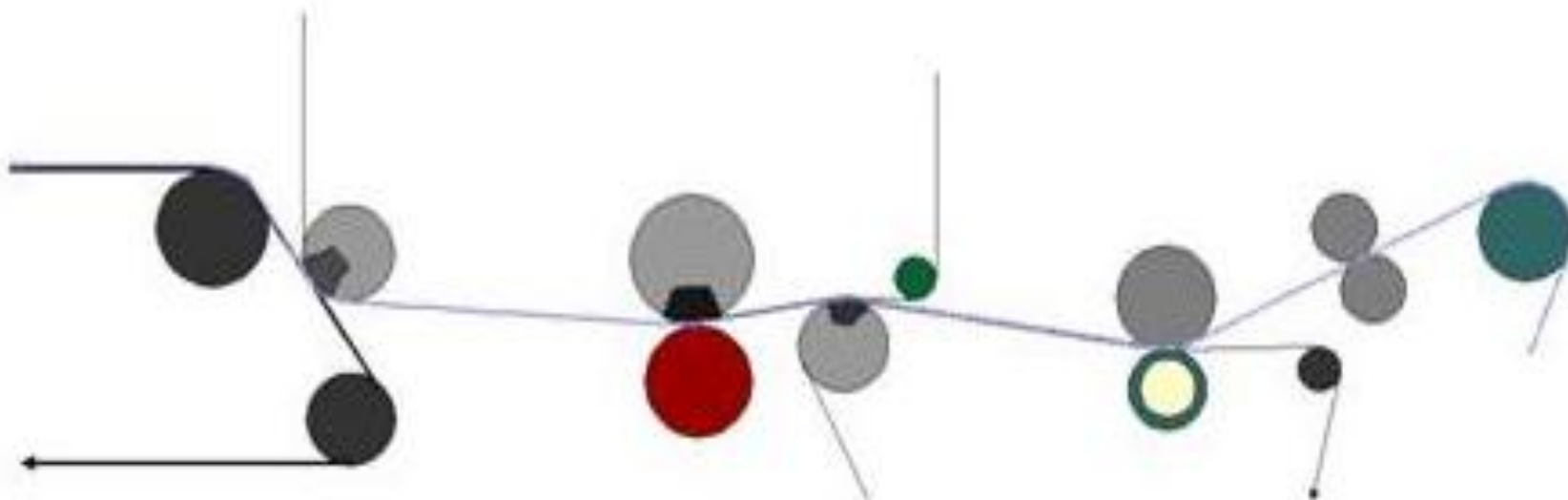
Seções da máquina	Custo de desaguamento	Proporção do desaguamento
Formação	~10%	95-97%
Prensagem	~12%	2-4%
Secagem	~78%	1%

Prensa reversa



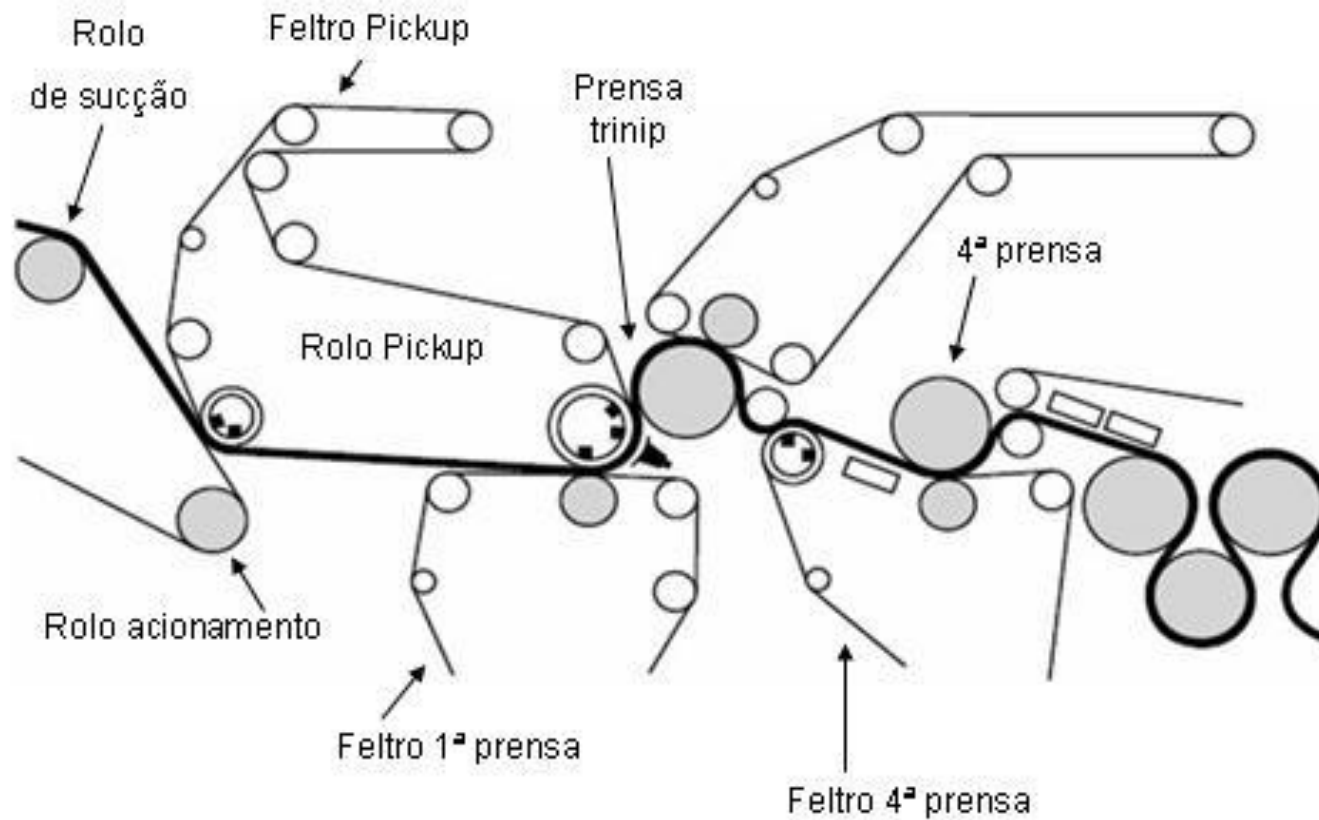
Prensa inversa



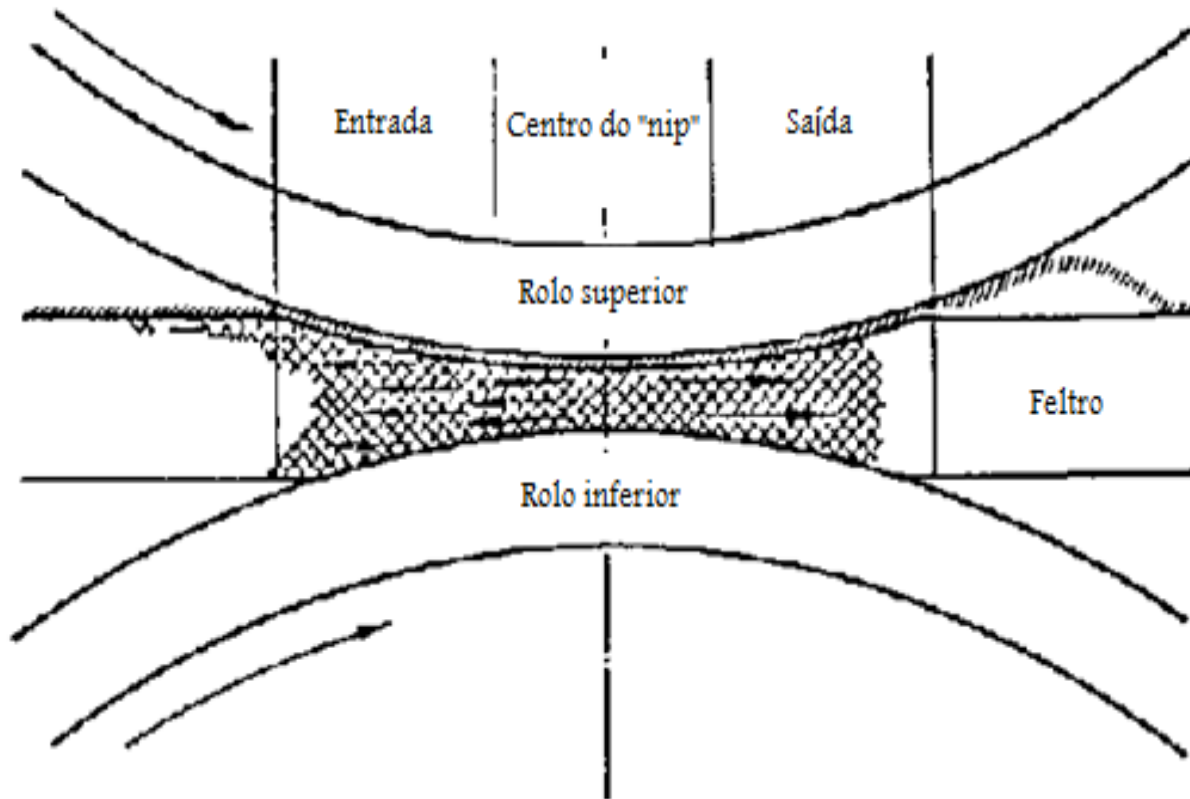


FONTE: Apostila "Básico de fabricação de papel" - ABTCP

Prensa bi-nip

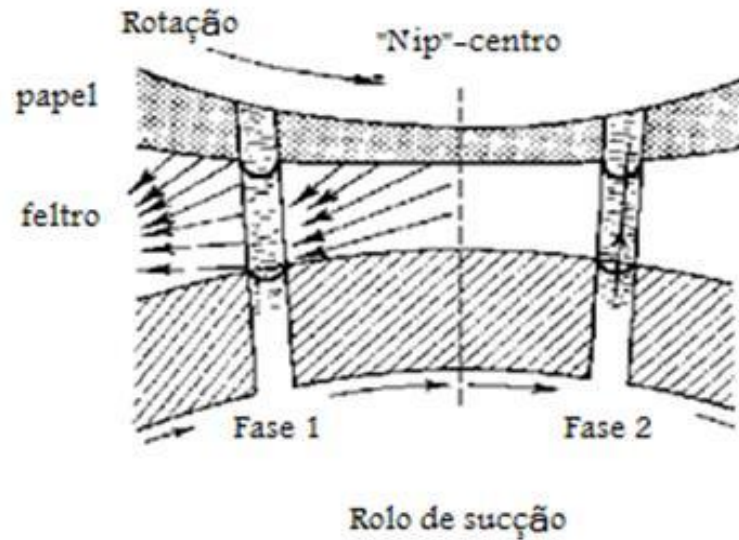
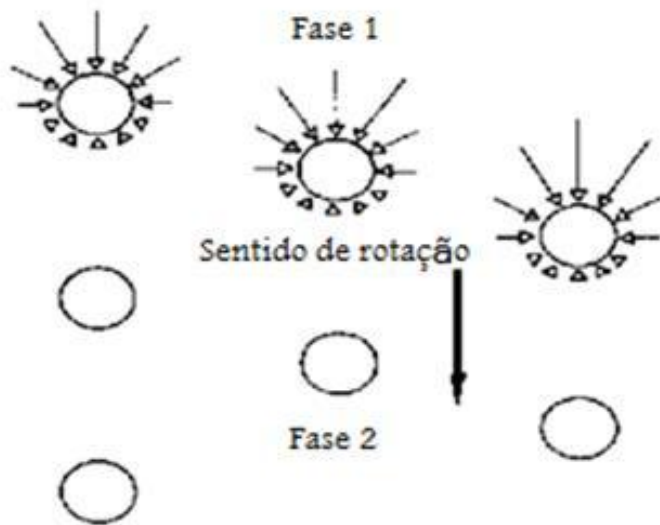


Prensa plana

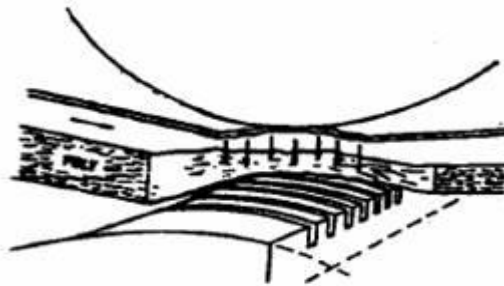
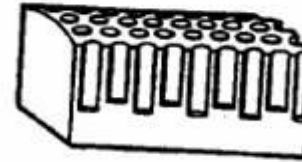
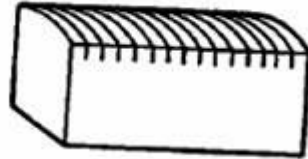


FONTE: Apostila "Básico de fabricação de papel" - ABTCP

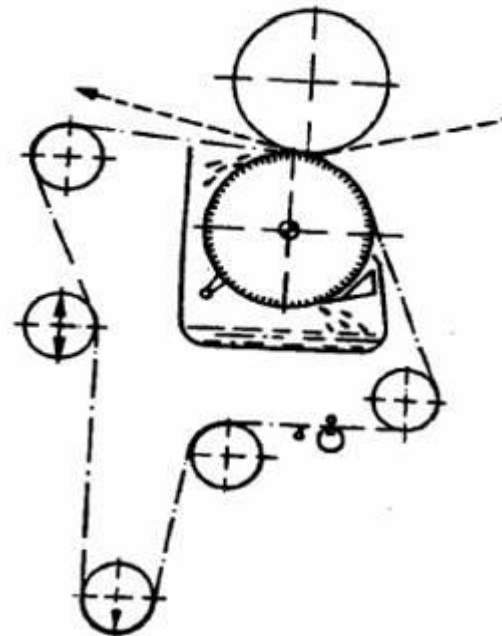
Prensa de sucção



Prensas “venta nip” e de furos cegos

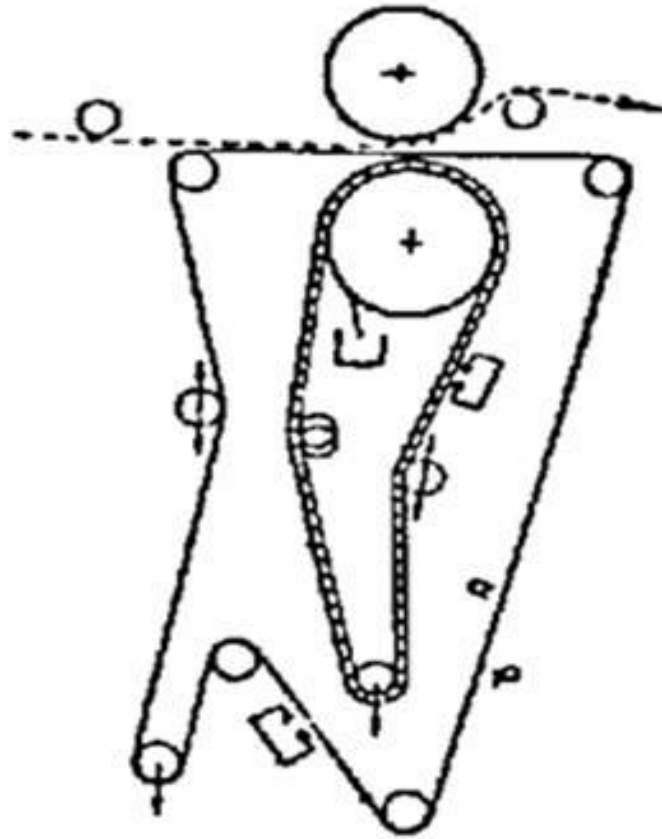


Prensa ranhurada

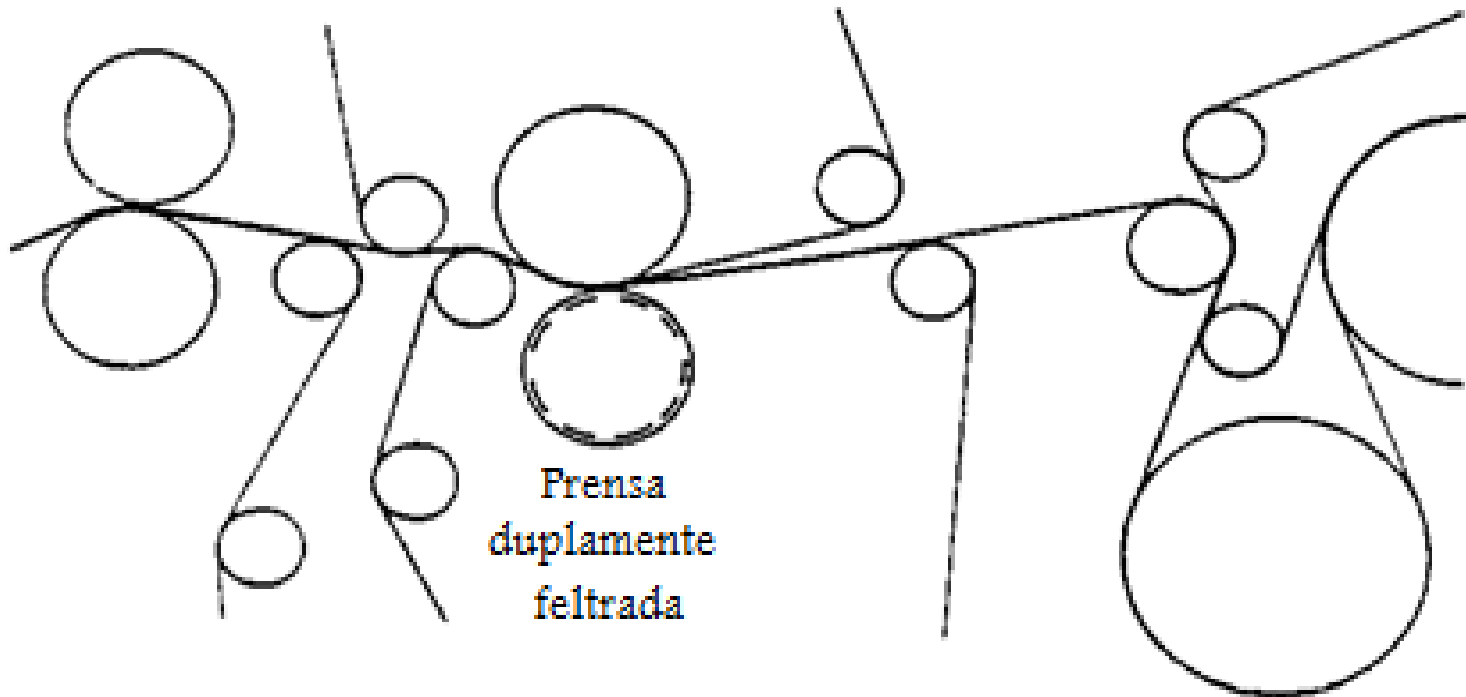


Prensa de furo cego

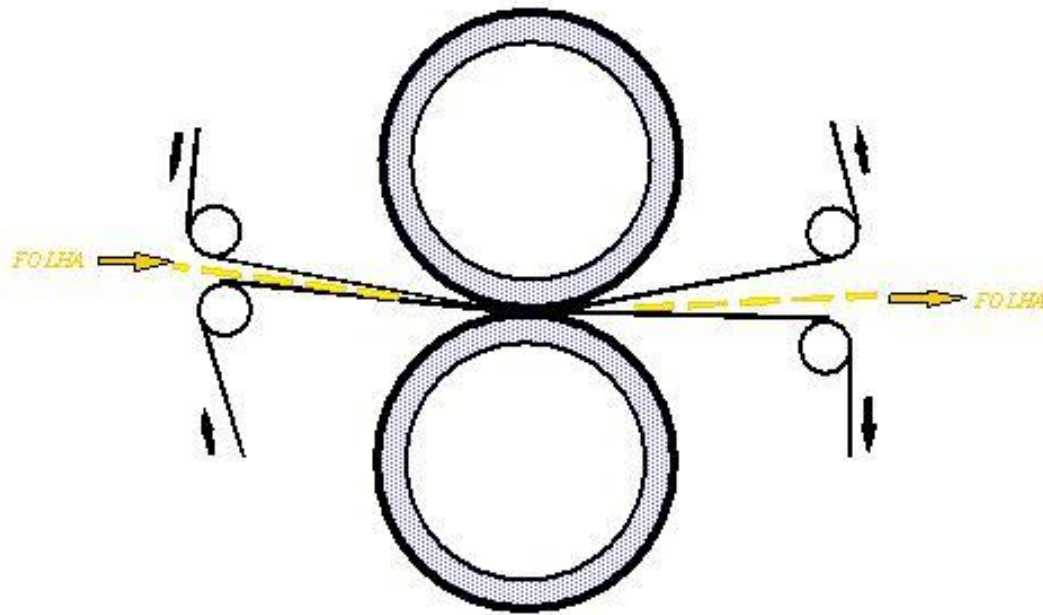
Prensa “fabric”



Prensa duplamente feltrada

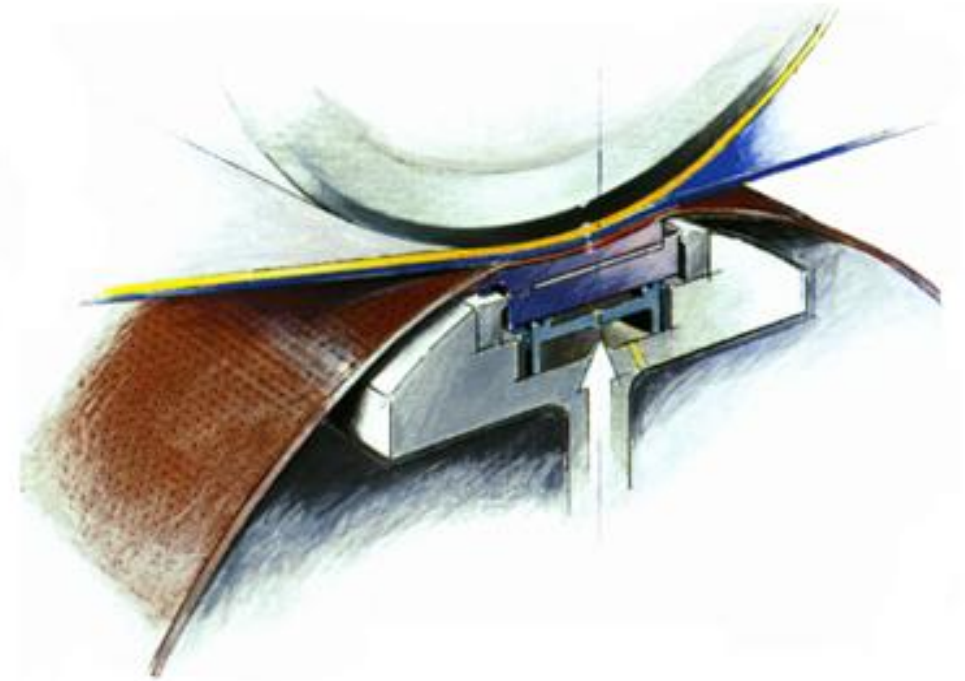
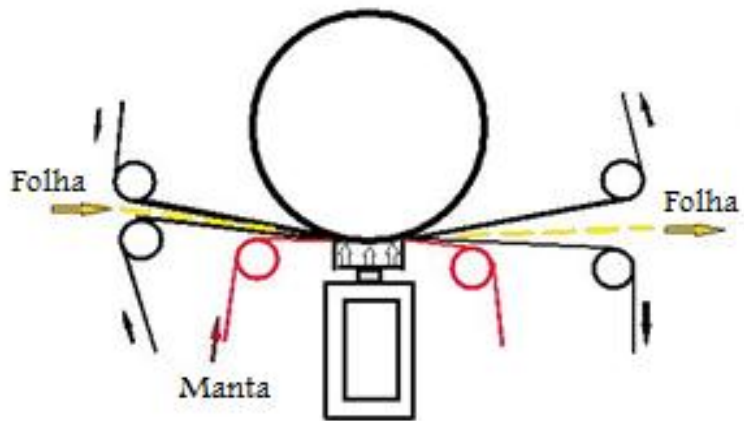


Prensa de alta impulso

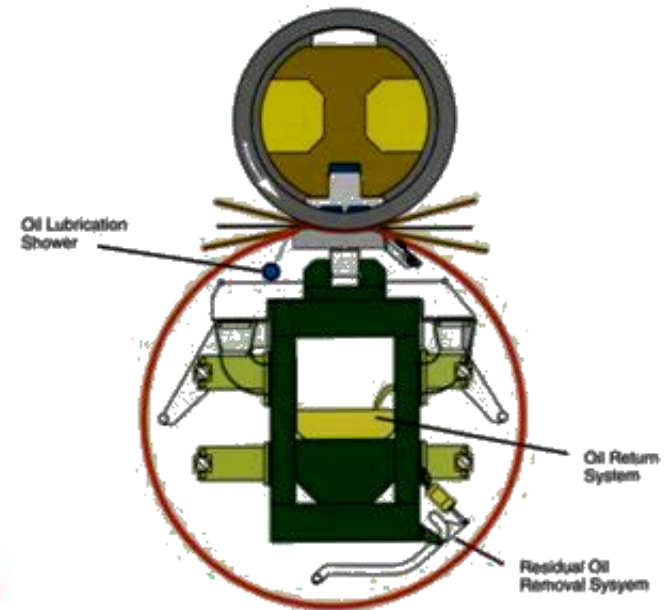
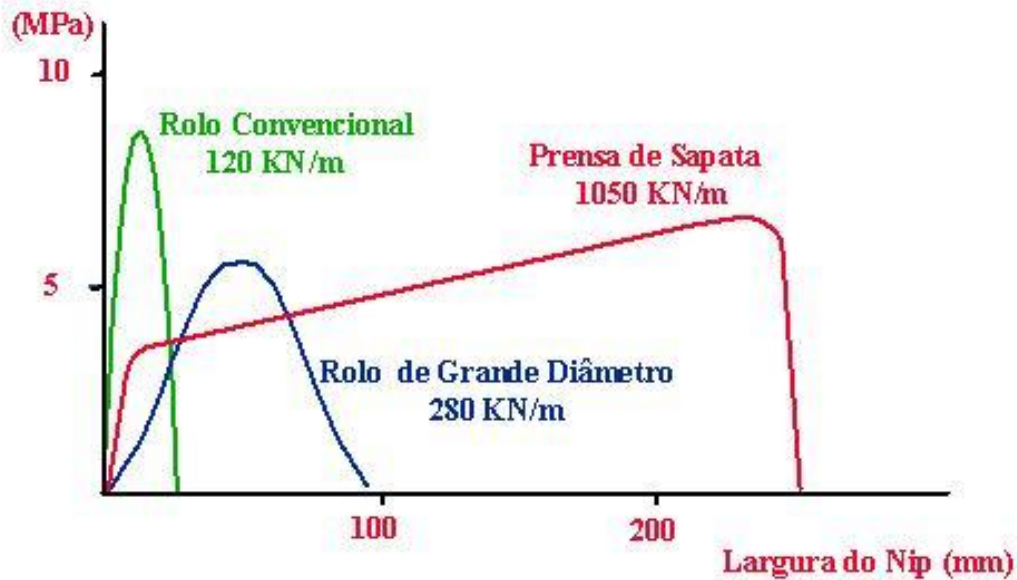


FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

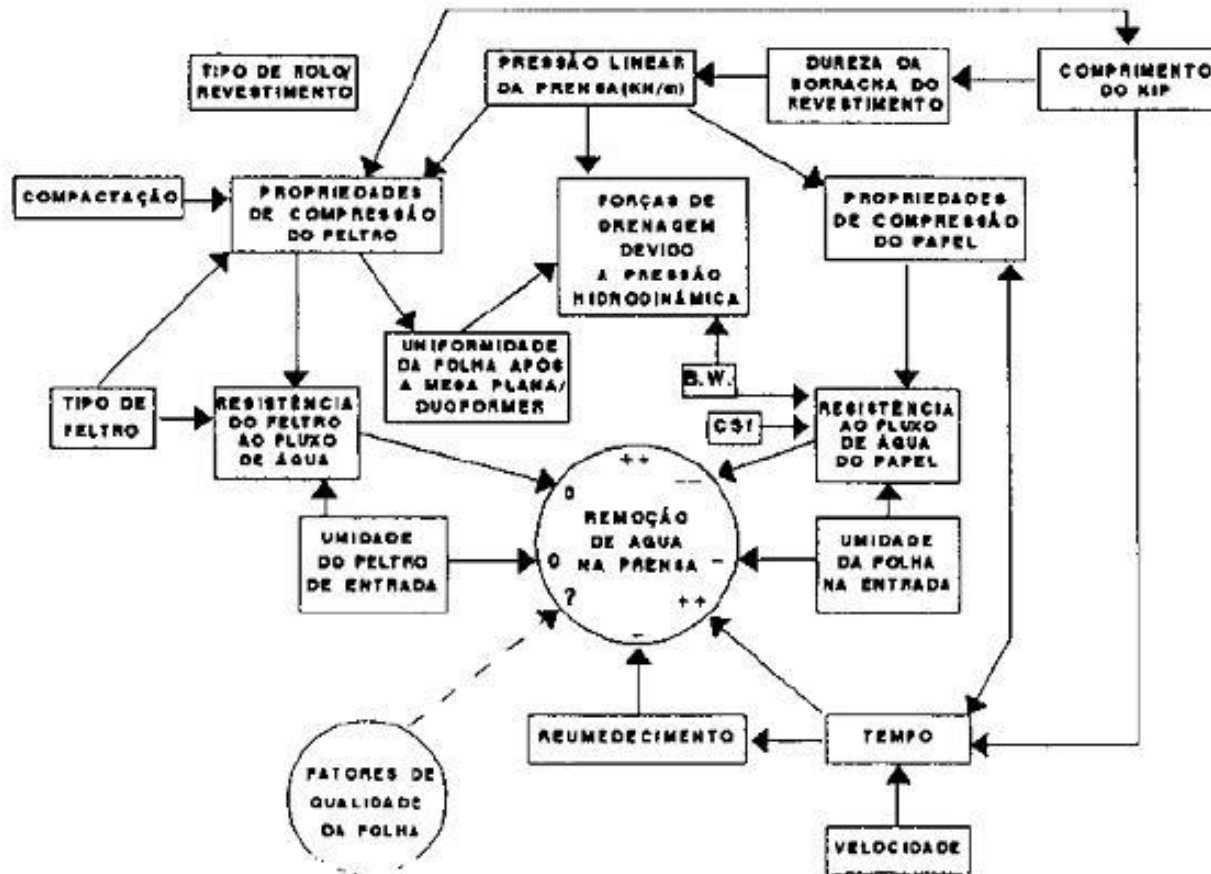
Prensa de “nip” extendido (prensa sapata)



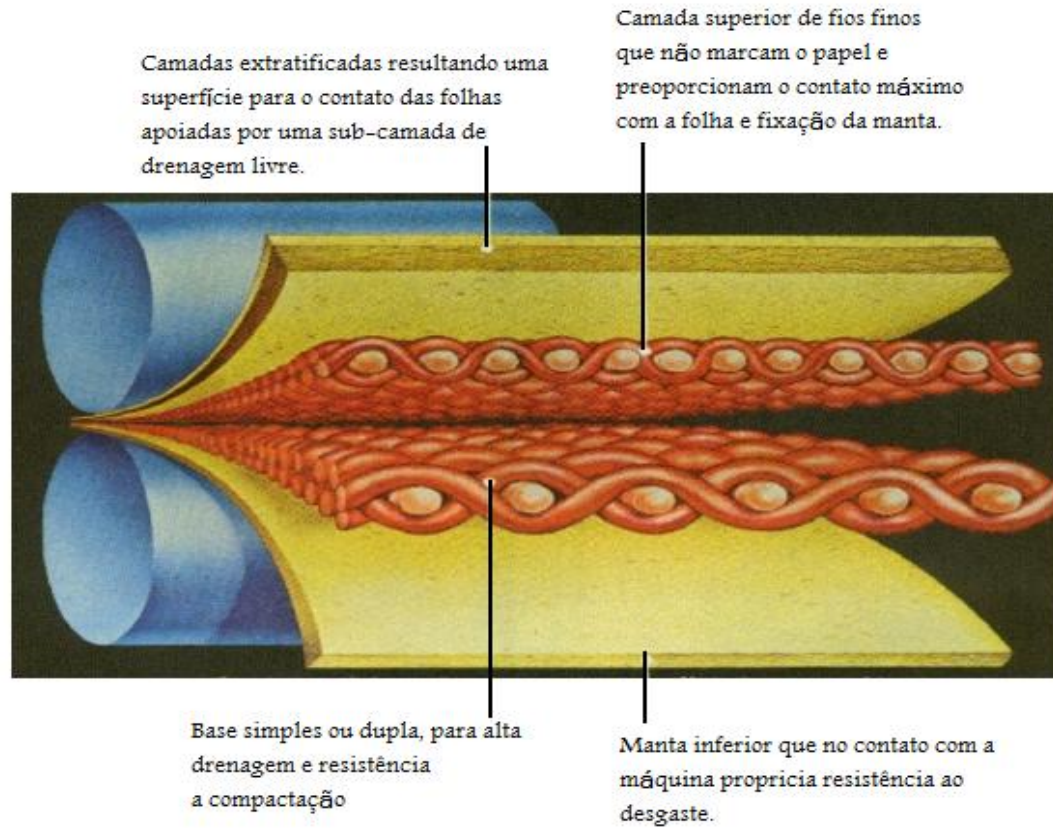
Prensa de “nip” extendido (prensa sapata)



Fatores que influenciam a prensagem da folha

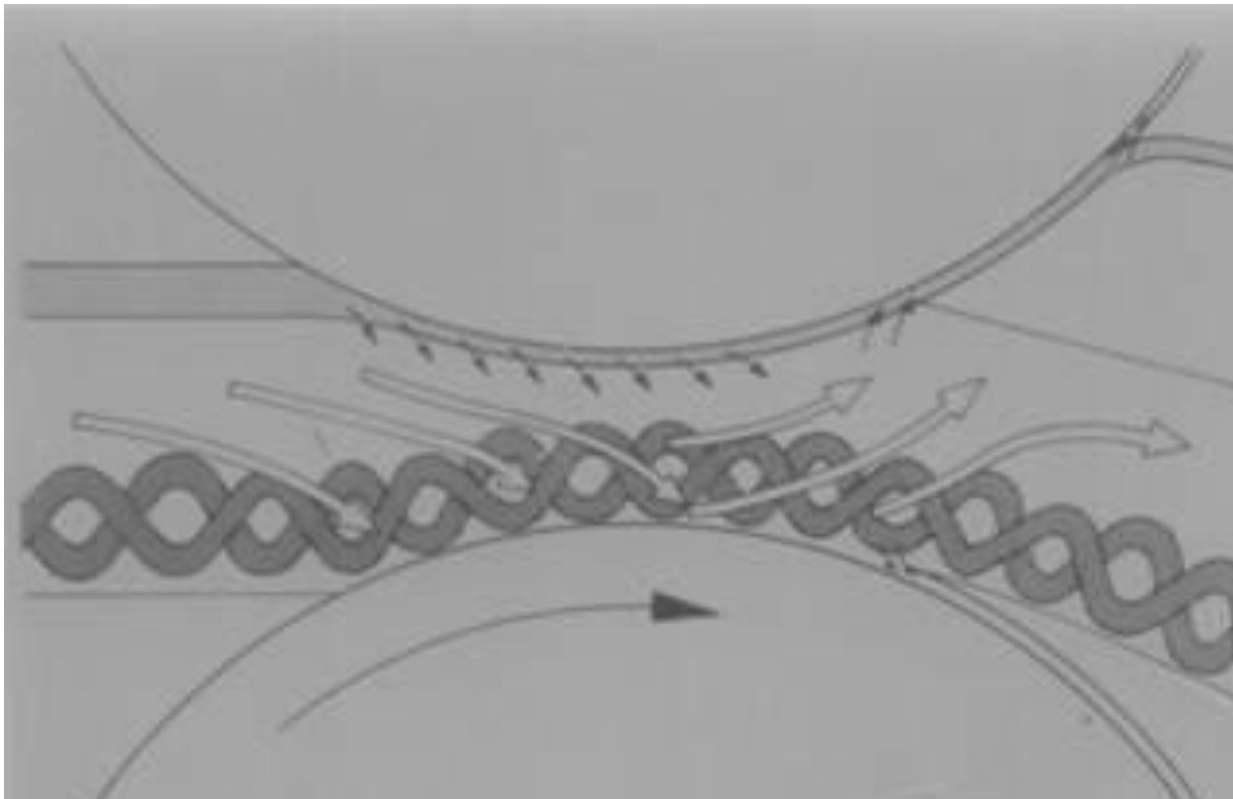


Feltros úmidos



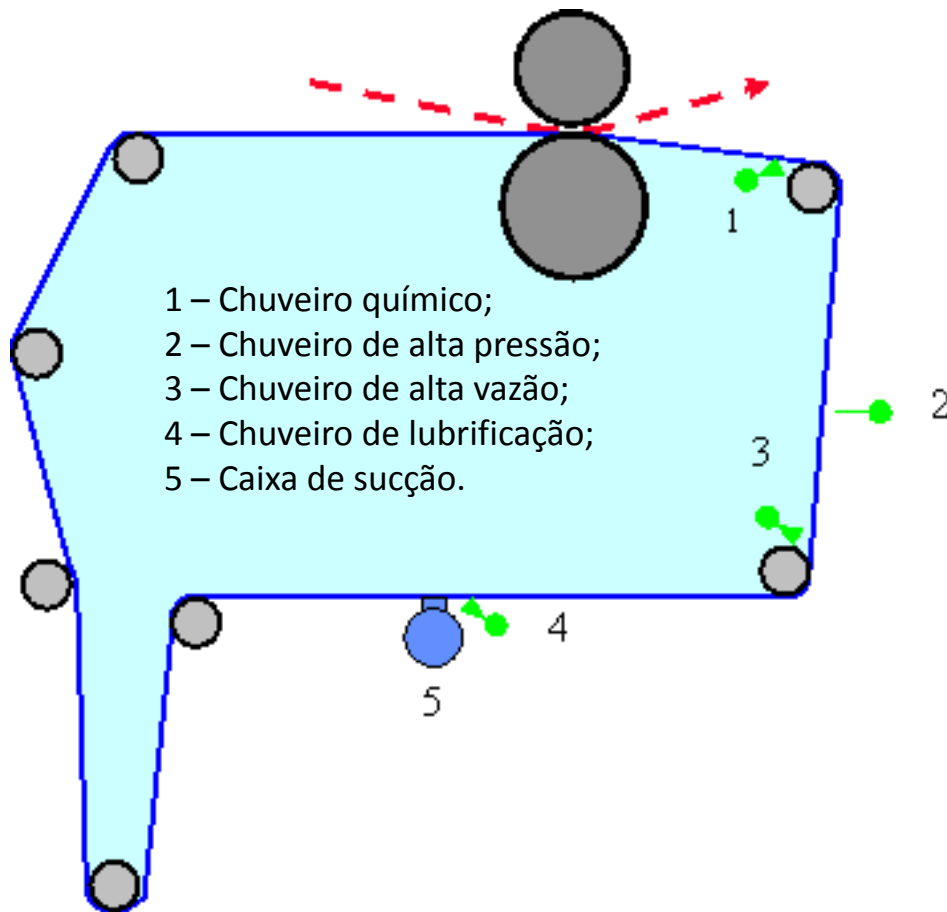
FONTE: Apostila “Básico de fabricação de papel” - ABTCP

Feltros úmidos



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Condicionamento de feltros



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

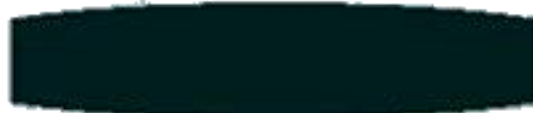
Abaulamento (“bombé”) dos rolos das prensas



Impressão uniforme



Falta de “bombé”

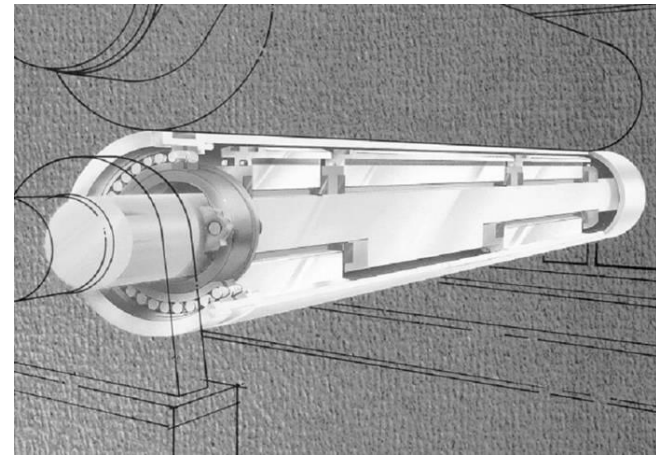
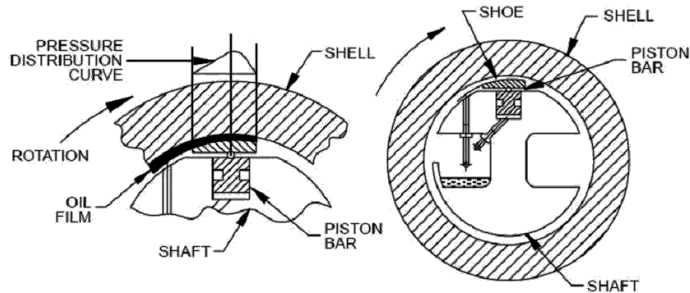
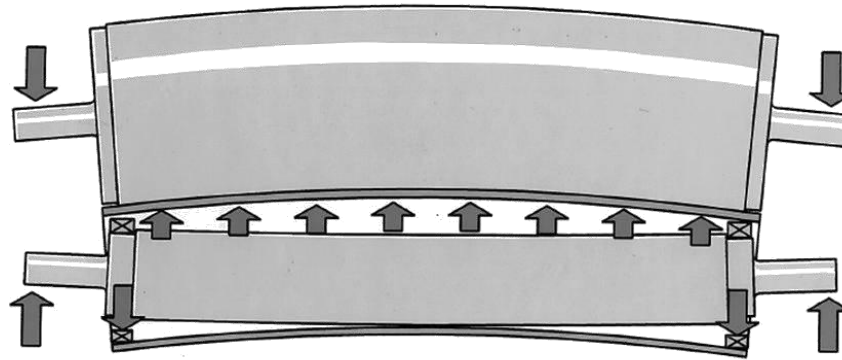


Excesso de “bombé”



Aplicação irregular de carga
pela prensa

Abaulamento (“bombé”) dos rolos das prensas



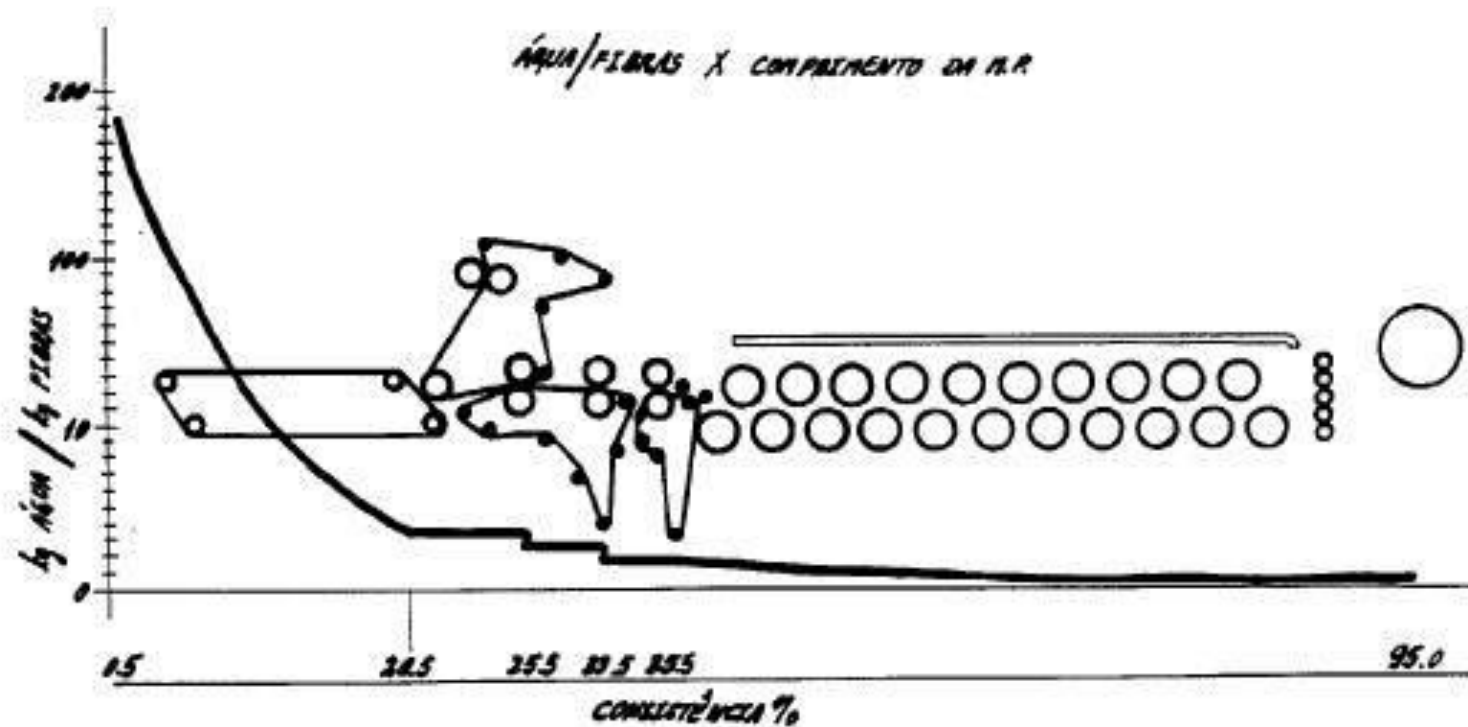
9. Secagem

Tabela de vapor saturado

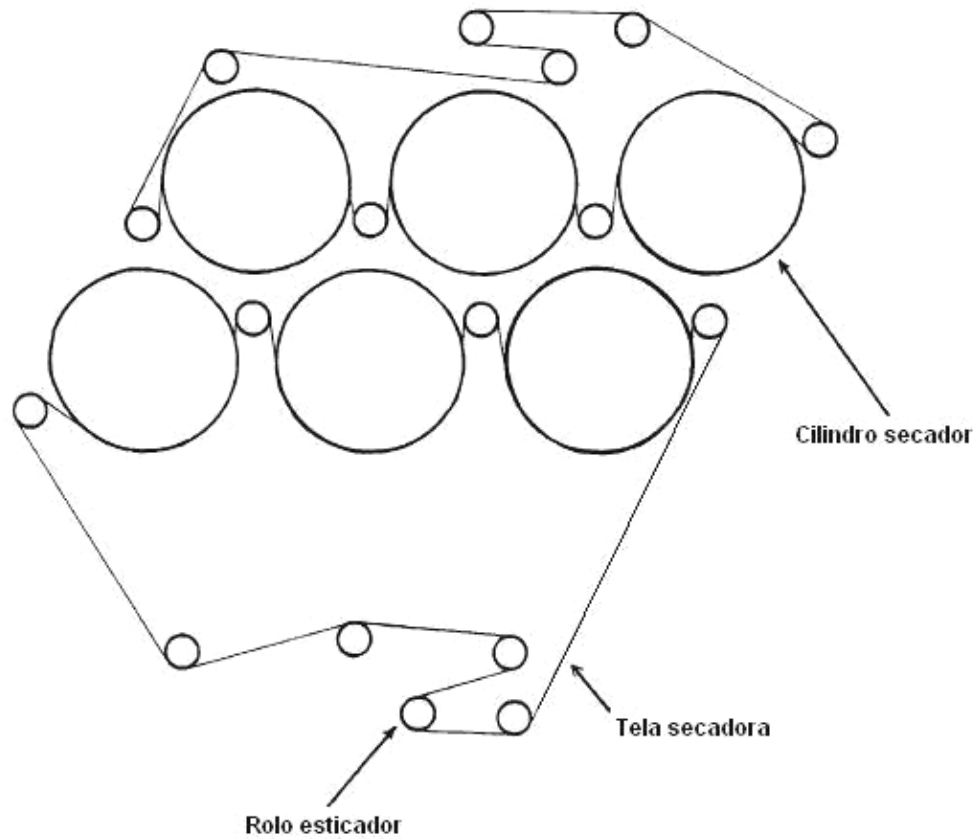
1	2	3	4	5	6	7
Pressão Relativa	Pressão Absoluta	Temperatura	Volume Específico	Calor Sensível	Calor Total	Calor Latente
bar	bar	°C	m ³ /kg	kcal/kg	kcal/kg	kcal/kg
0,01	6,7	131,7	6,7	600,1	593,0	
0,015	12,7	89,64	12,8	602,8	590,0	
0,02	17,2	68,27	17,2	604,8	587,4	
0,025	20,8	55,28	20,8	606,4	585,6	
0,03	23,8	46,53	23,8	607,7	583,9	
0,04	28,6	35,46	28,6	609,8	581,1	
0,05	32,5	28,73	32,5	611,5	578,9	
0,06	35,8	24,19	35,8	612,9	577,1	
0,08	41,2	18,45	41,1	615,12	574,1	
0,10	45,4	14,95	45,4	617,0	571,6	
0,12	49,1	12,60	49,0	618,5	569,5	
0,15	53,6	10,21	53,5	620,5	567,0	
0,20	59,7	7,795	59,6	623,1	563,5	
0,25	64,6	6,322	64,5	625,1	560,6	
0,30	68,7	5,328	68,6	626,8	558,2	
0,35	72,2	4,614	72,2	628,2	556,0	
0,40	75,4	4,069	75,4	629,5	554,1	
0,50	80,9	3,301	80,8	631,6	550,8	
0,60	85,5	2,783	85,4	633,4	548,0	
0,70	89,5	2,409	89,4	634,9	545,5	
0,80	92,9	2,125	92,9	636,2	543,2	
0,90	96,2	1,904	96,2	637,4	541,2	
1,0	99,1	1,725	99,1	638,5	539,4	
0,1	1,1	101,8	1,578	639,4	537,6	
0,2	1,2	104,2	1,455	640,3	536,0	
0,3	1,3	106,6	1,350	641,2	534,5	
0,4	1,4	108,7	1,259	642,0	533,1	
0,5	1,5	110,8	1,180	642,8	531,9	
0,6	1,6	112,7	1,111	643,5	530,6	
0,8	1,8	116,3	0,995	644,7	528,2	
1,0	2,0	119,6	0,902	645,8	525,9	
1,2	2,2	122,6	0,826	646,9	524,0	
1,4	2,4	125,5	0,7616	648,0	522,1	
1,6	2,6	128,1	0,7066	649,1	520,4	
1,8	2,8	130,5	0,6592	650,2	518,7	
2,0	3,0	132,9	0,6166	650,3	516,9	
2,2	3,2	135,1	0,5817	651,0	515,8	
2,4	3,4	137,2	0,5495	651,7	514,3	
2,6	3,6	139,2	0,5208	652,4	512,8	
2,8	3,8	141,1	0,4951	653,1	511,3	
3,0	4,0	142,9	0,4706	653,4	509,8	
3,5	4,5	147,2	0,4224	654,6	506,7	
4,0	5,0	151,1	0,3816	655,8	503,7	
4,5	5,5	154,7	0,3497	656,8	501,2	
5,0	6,0	158,1	0,3213	657,8	498,5	

FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Consistência ao longo da MP

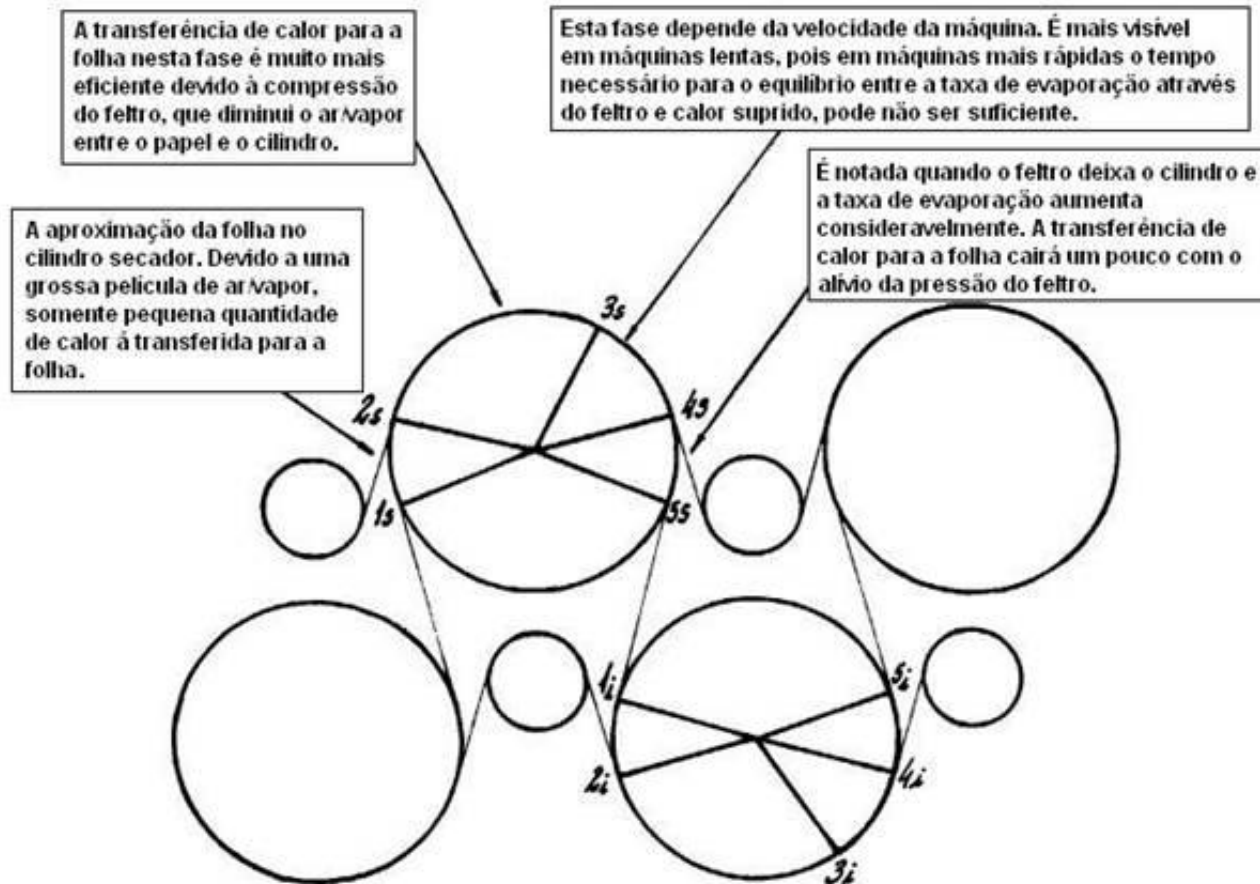


Cilindros secadores

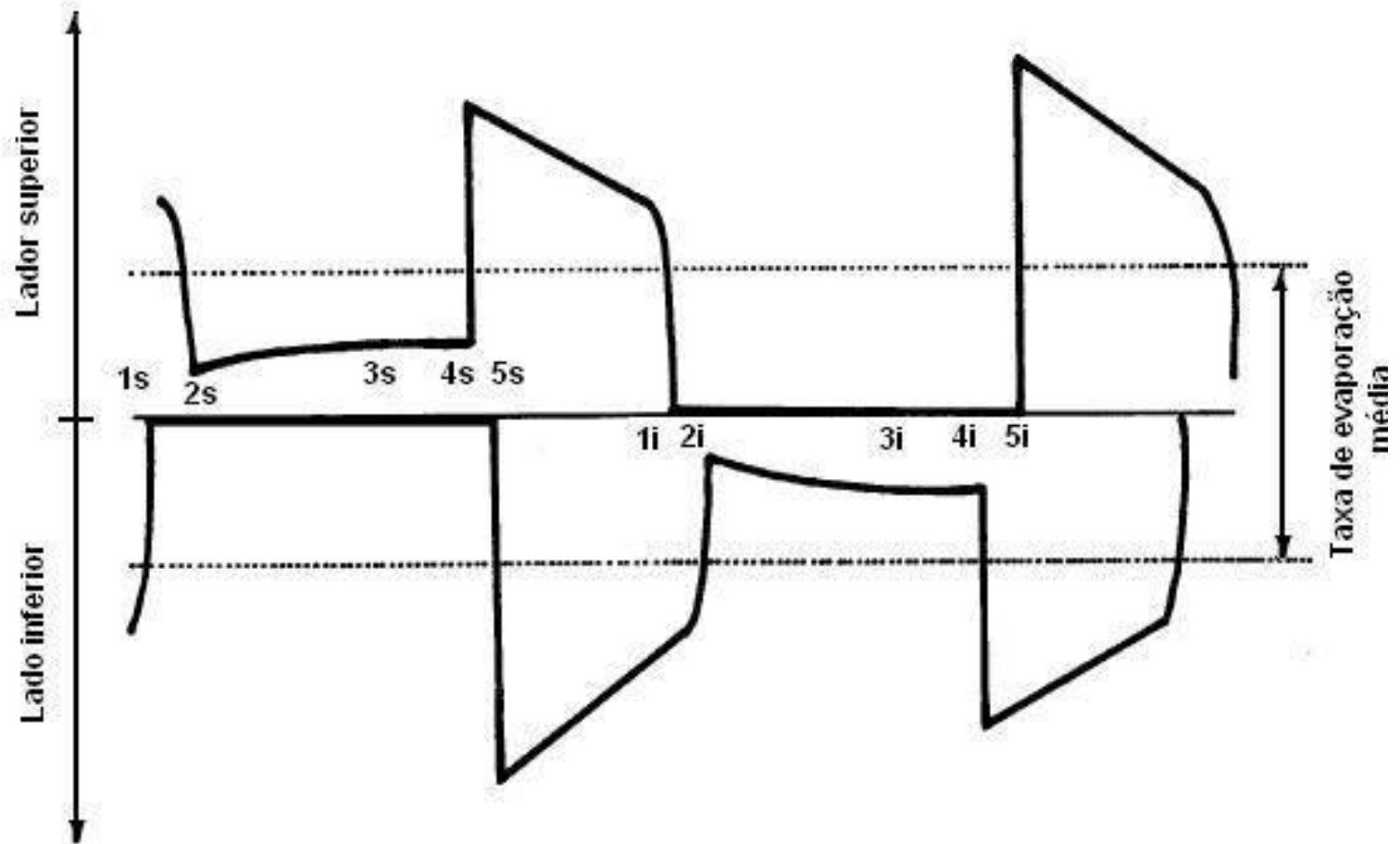


FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

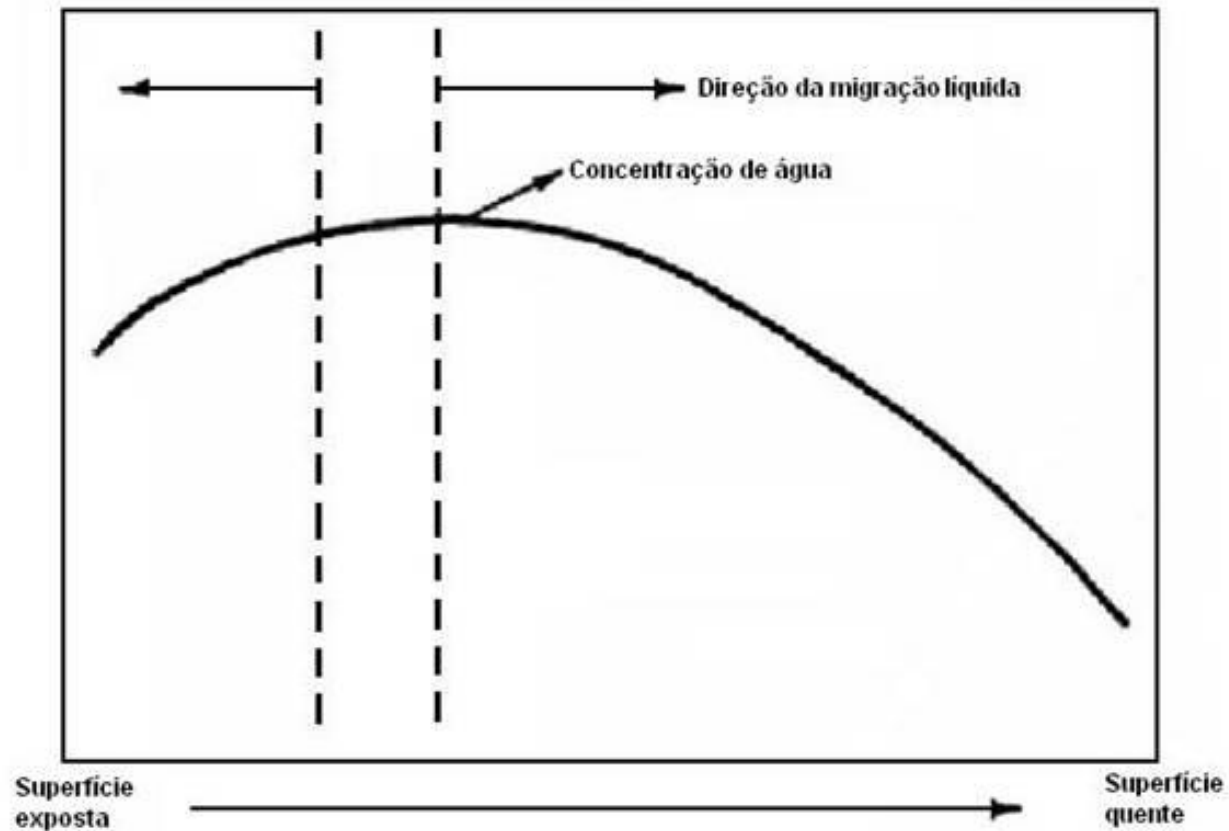
Ciclo completo de secagem



Taxa de evaporação

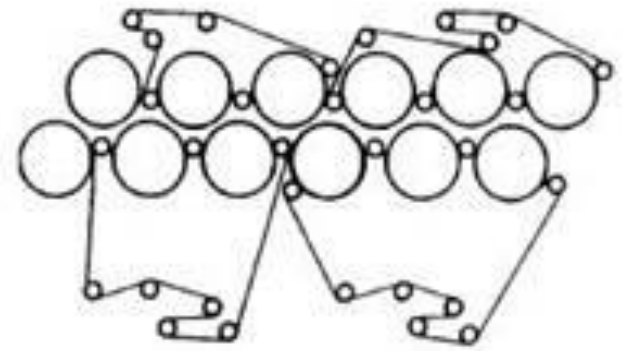
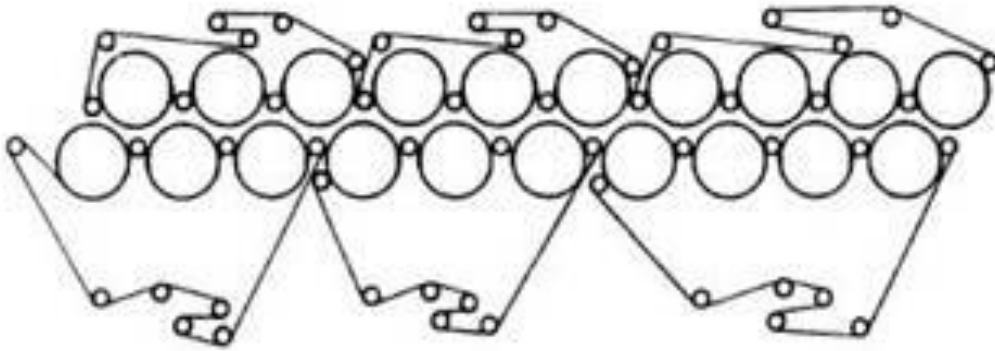


Deslocamento da umidade dentro da folha

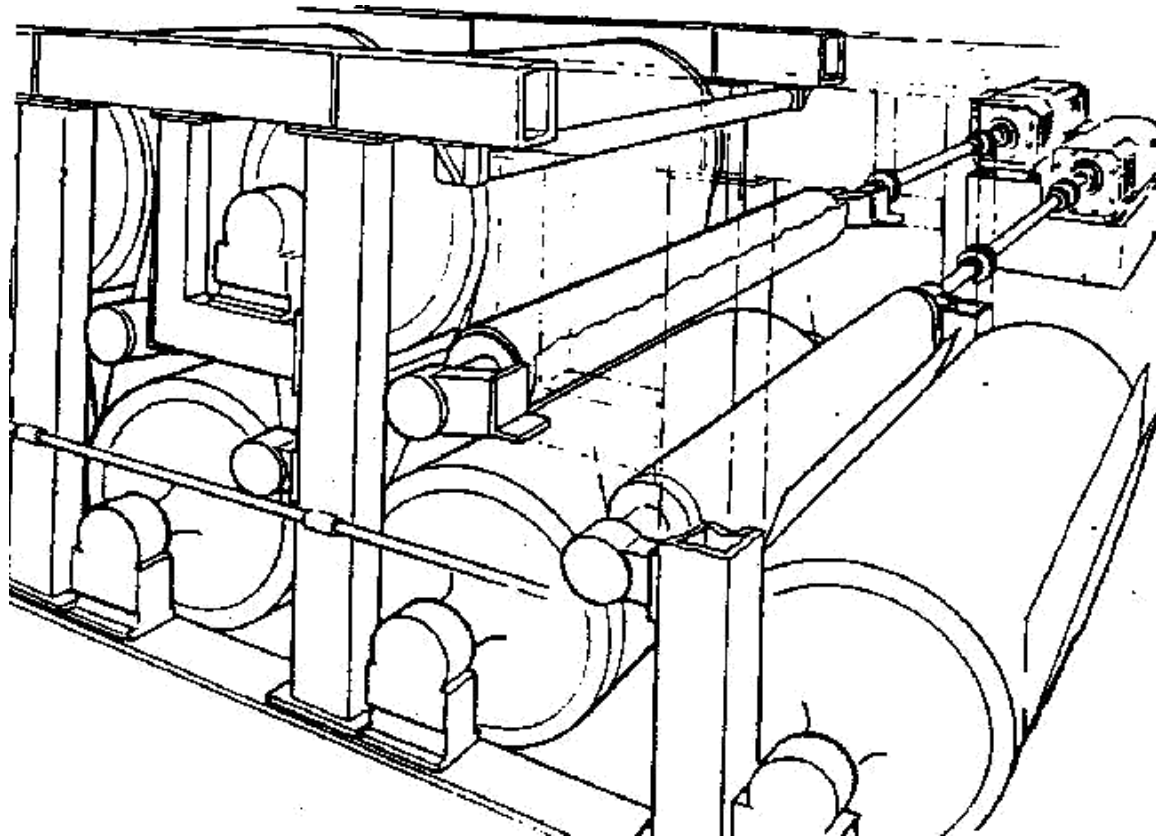


FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Secagem com multicilindros

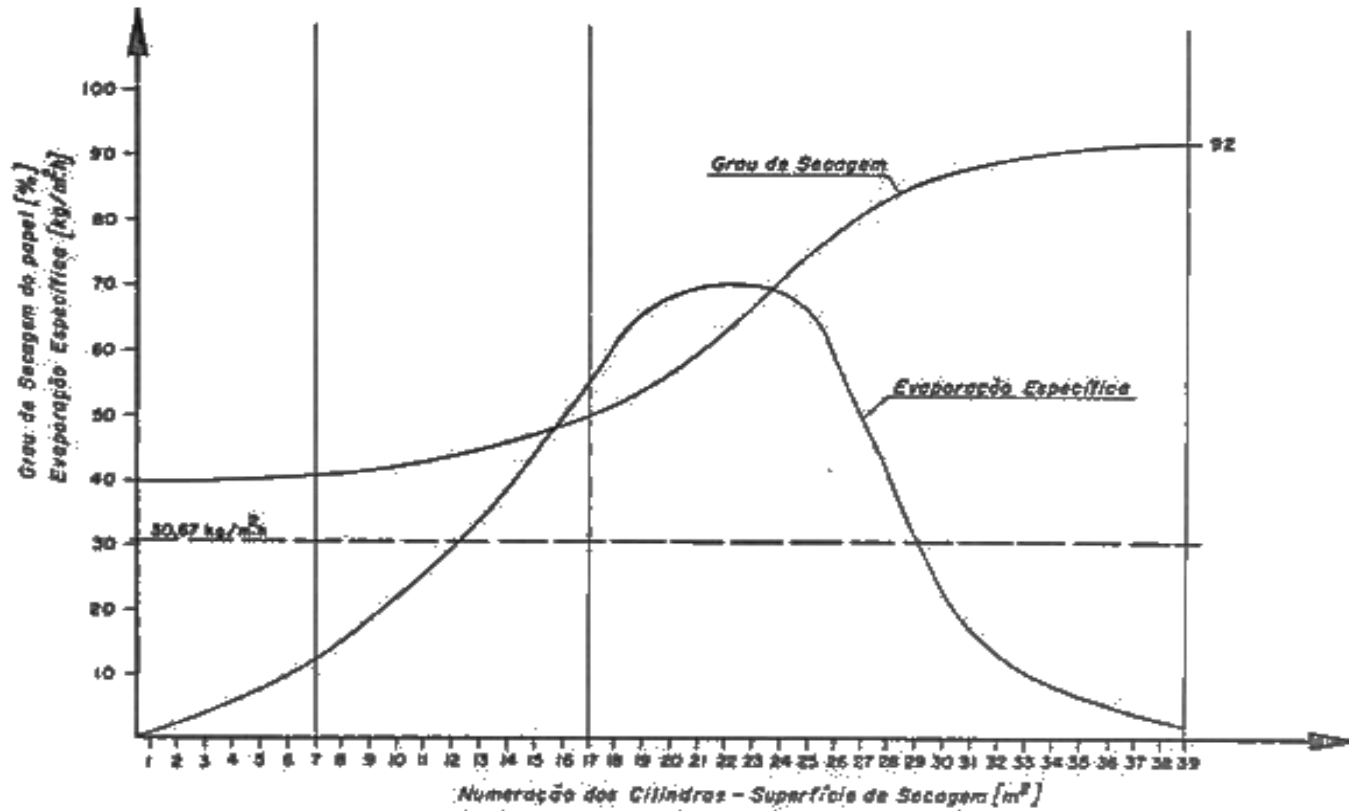


Secagem com multicilindros



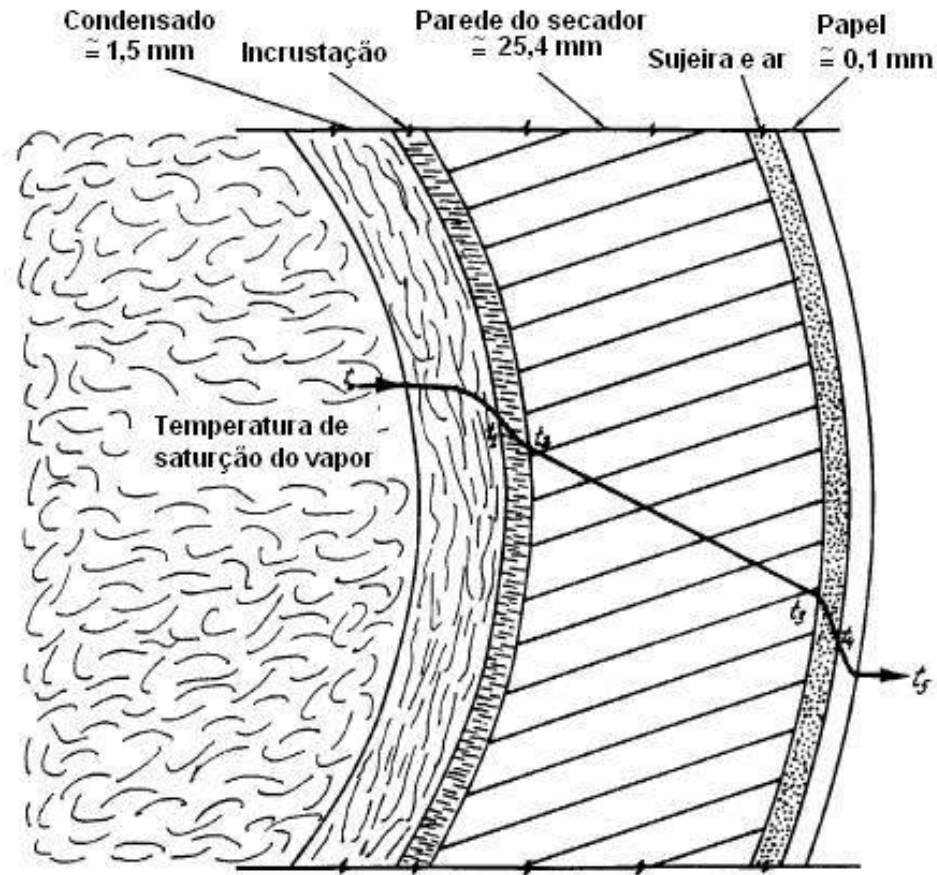
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Curva de evaporação e teor seco



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Transferência de calor



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Resistências individuais

O filme de condensado dentro do cilindro secador.

Depósitos de incrustações e ferrugem na superfície interna do cilindro secador.

Parede metálica do cilindro secador.

Depósito de incrustações e sujeiras na superfície externa do cilindro secador.

A camada de ar existente entre a superfície externa do cilindro e a folha.

A folha de papel.

O filme de ar existente entre a folha e a tela secadora.

A tela secadora.

Considerações

A resistência é baixa quando o cilindro está empossado, e é alta quando forma filme contínuo.

Podem ser significativos.

Geralmente é baixa, exceto no caso de parede espessa.

Representam uma fração elevada da

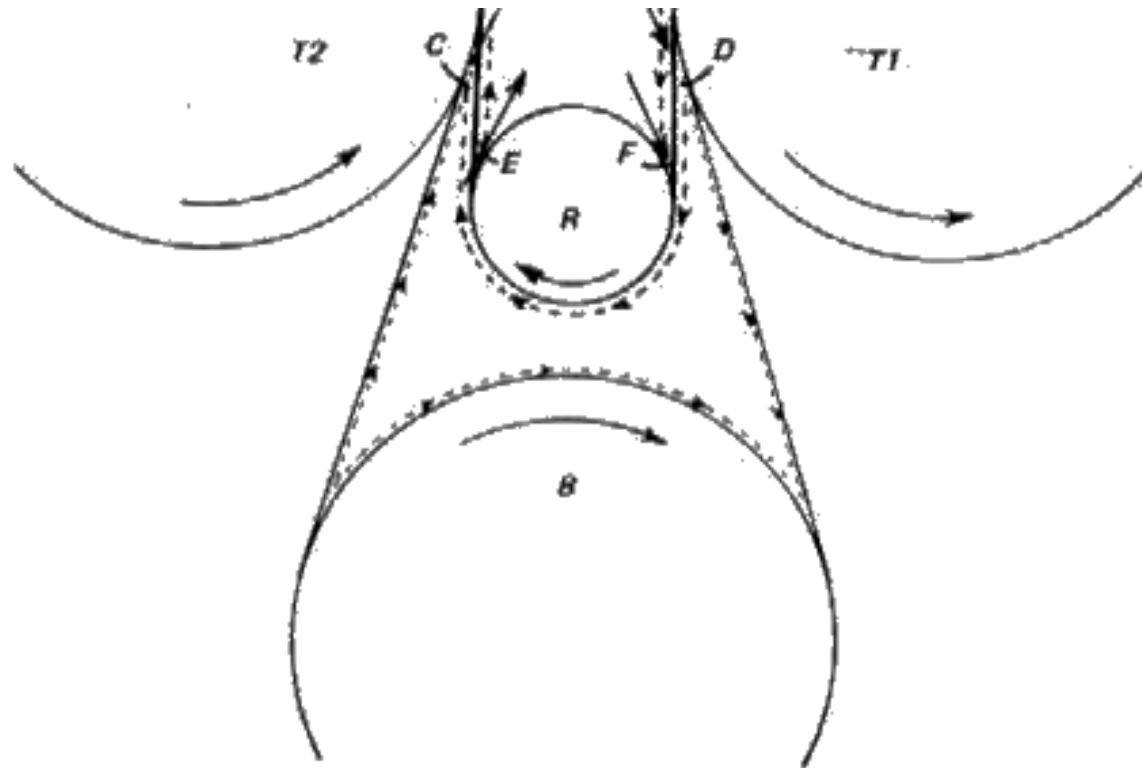
resistência global.

Depende do tipo, gramatura e umidade da folha.

É considerável, e depende da composição e estrutura da folha e da tensão da tela secadora.

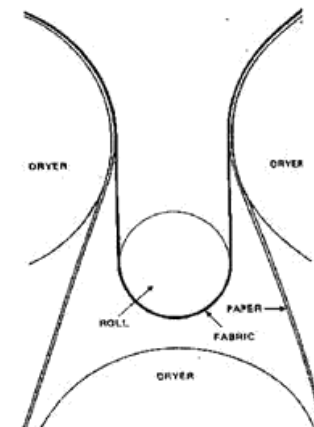
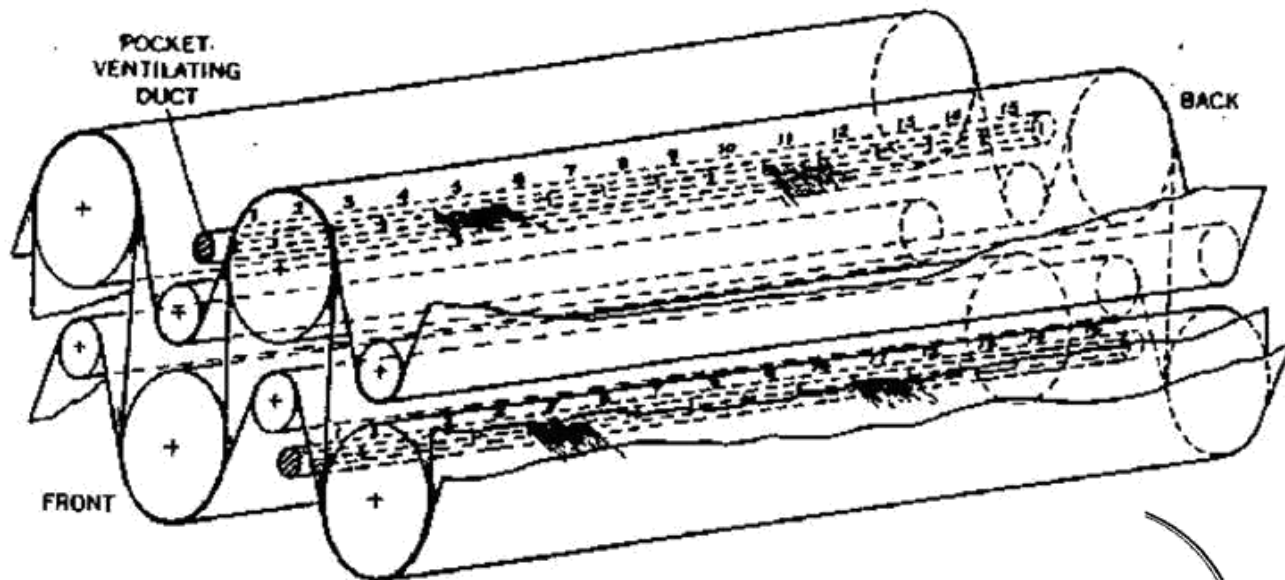
É dependente da composição, estrutura, gramatura e umidade da tela secadora.

Bolsões de ar



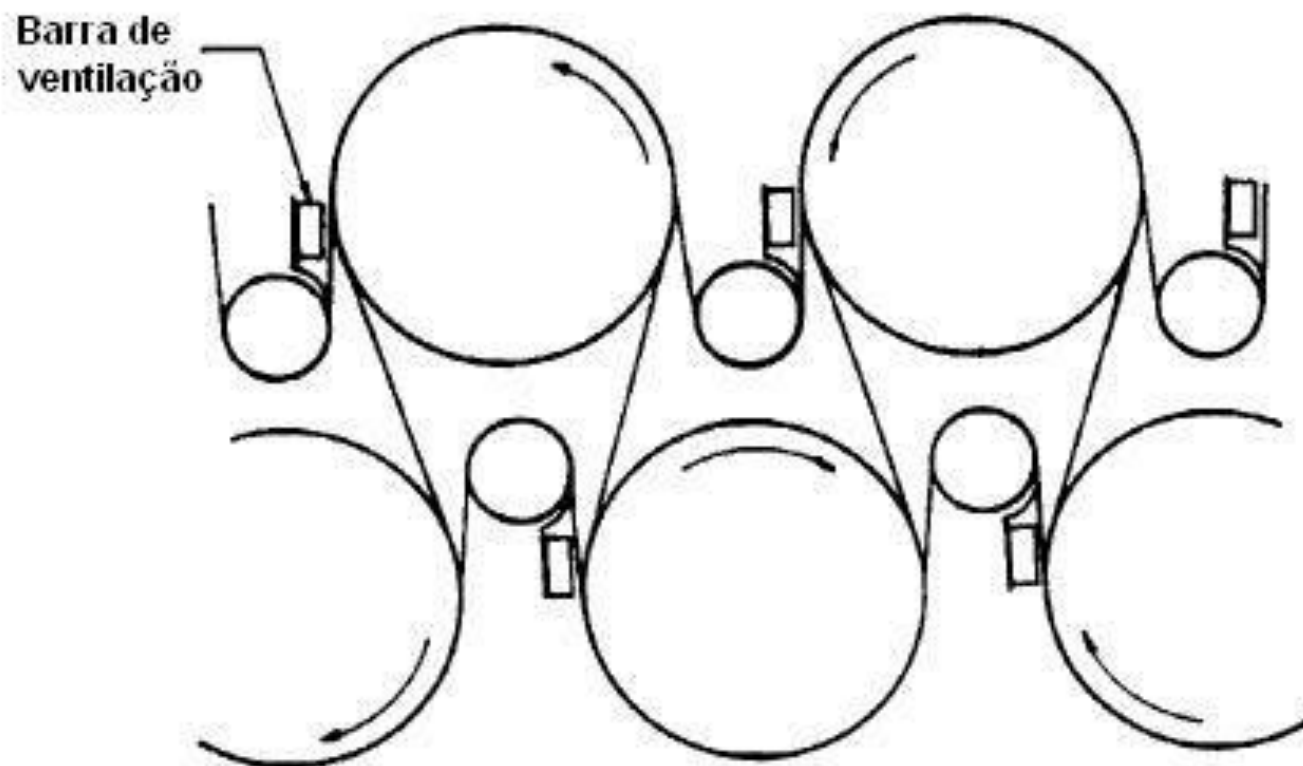
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Secagem com multicilindros

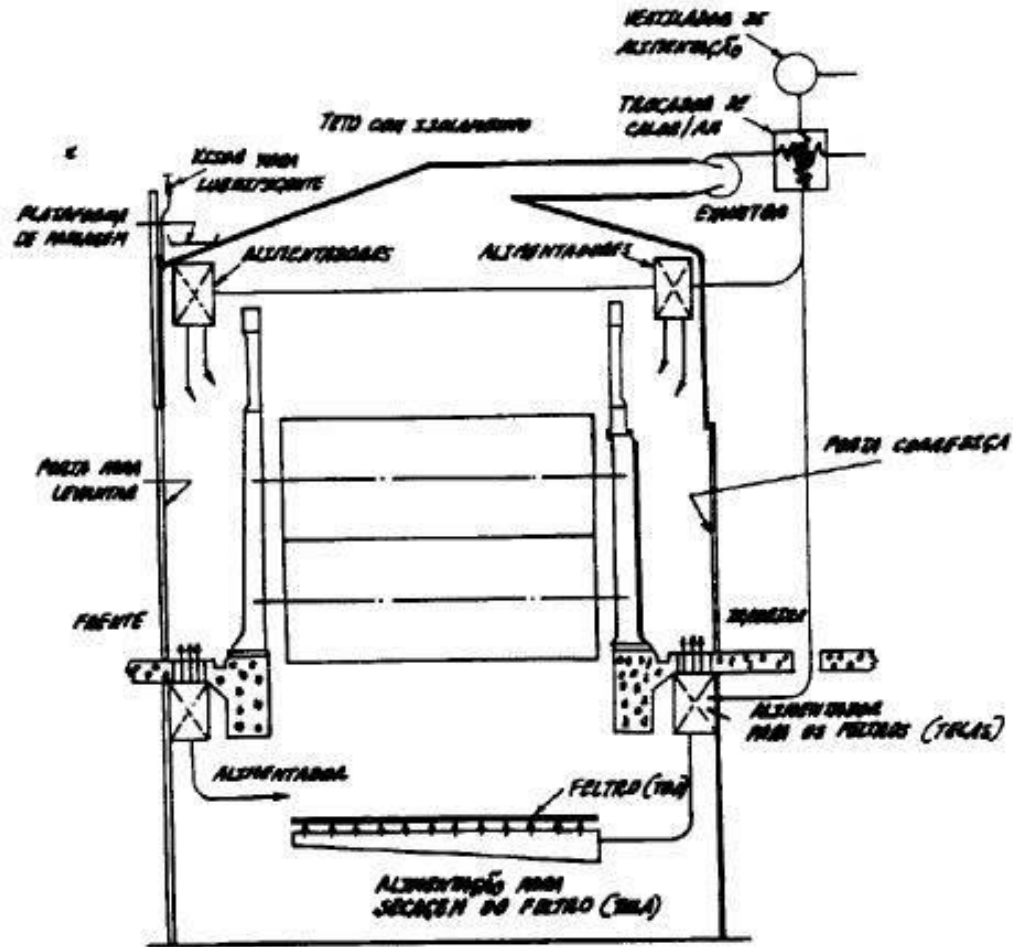


FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

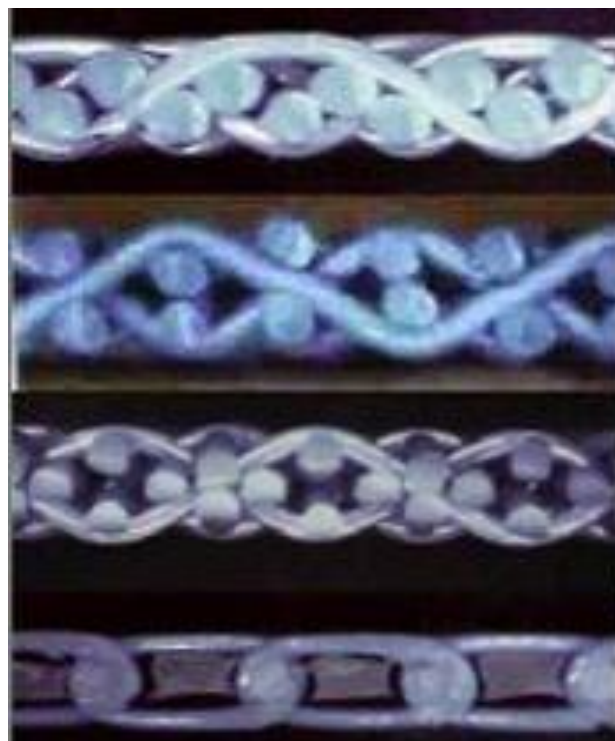
Ventilação dos bolsões



Capota



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP



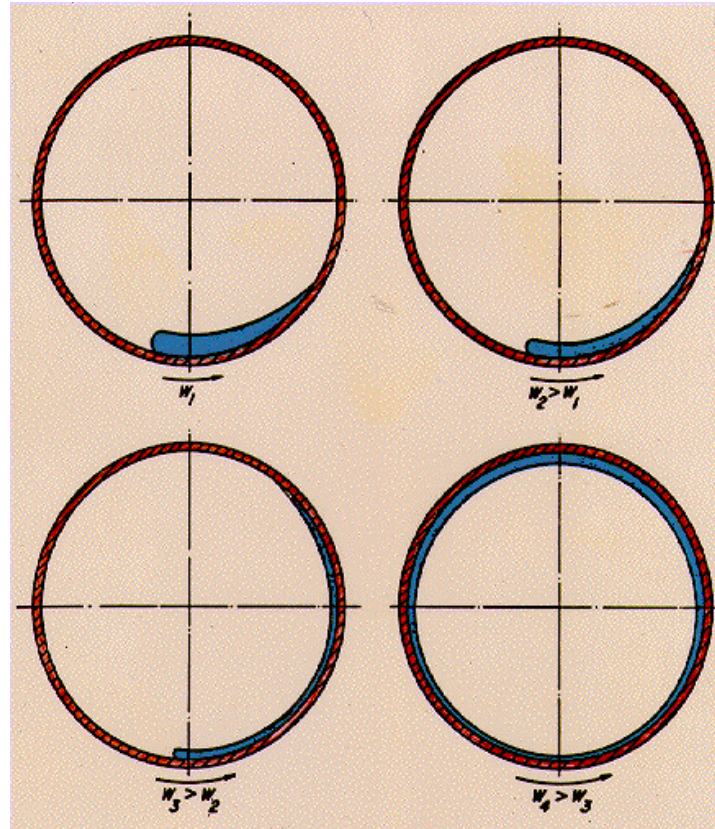
1 1/2 Laje

2 Lajes

2 1/2 Lajes

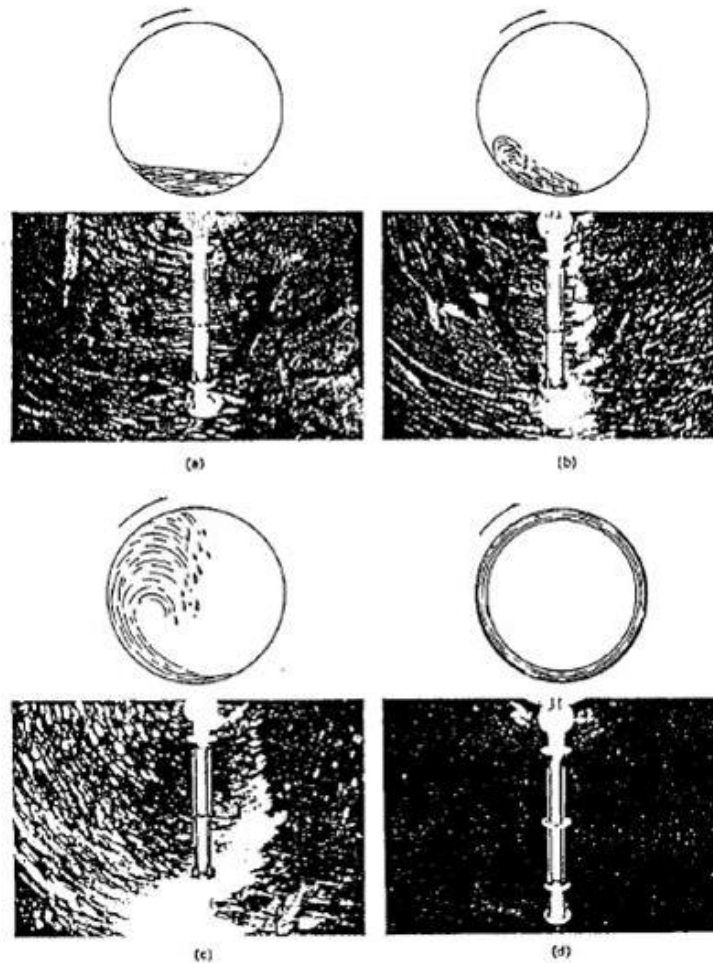
Espiral

Formação do filme de condensado



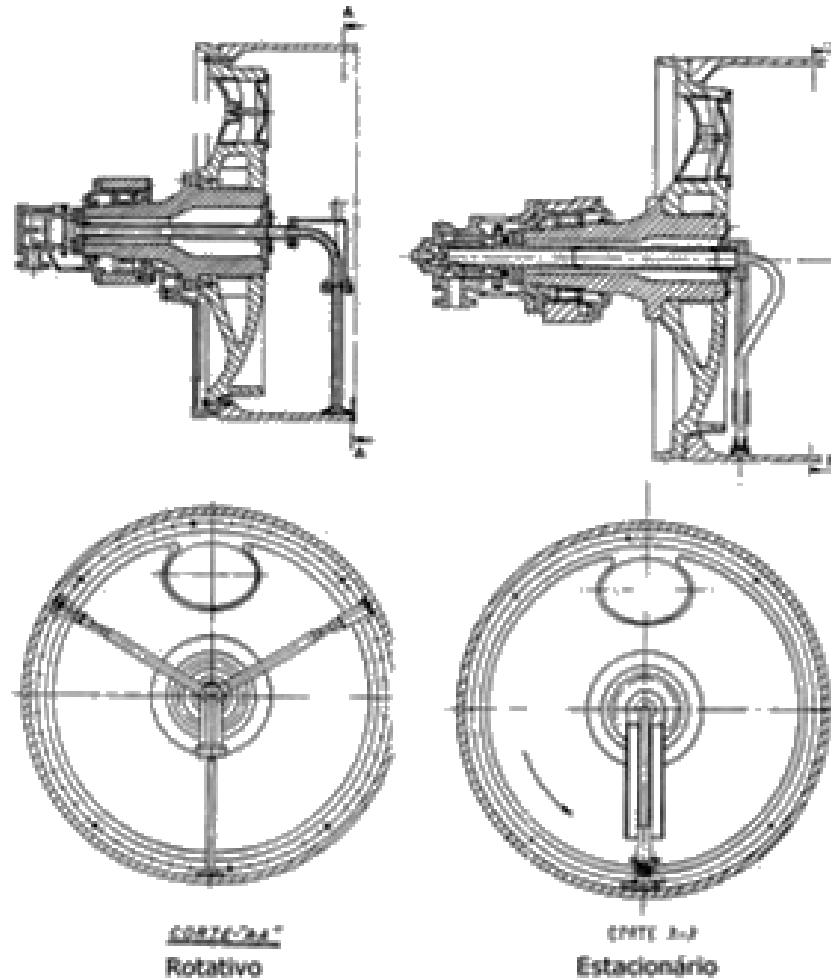
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Formação do filme de condensado



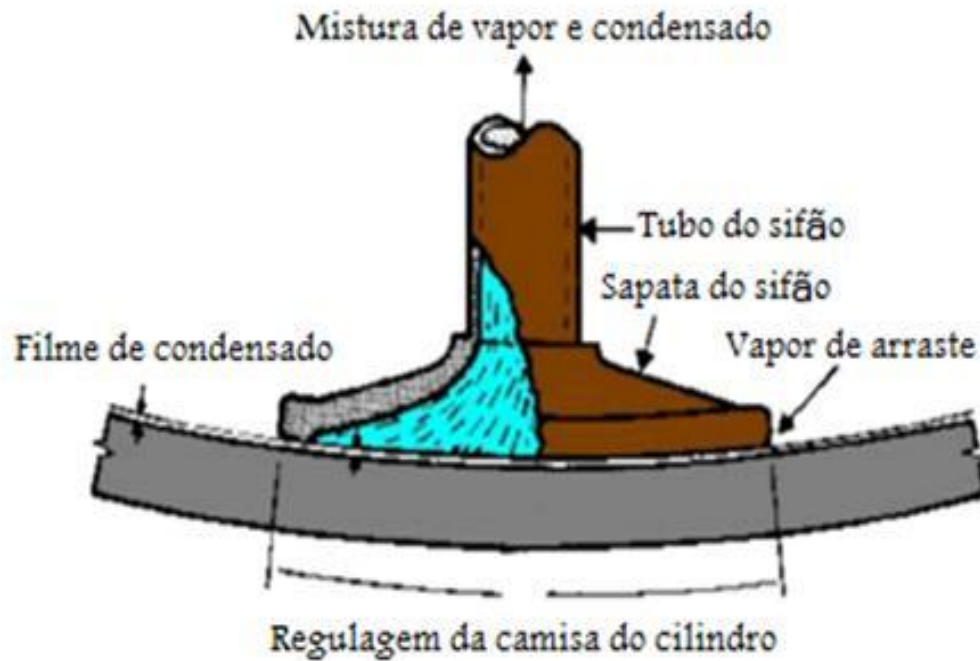
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Sifão rotativo e estacionário



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

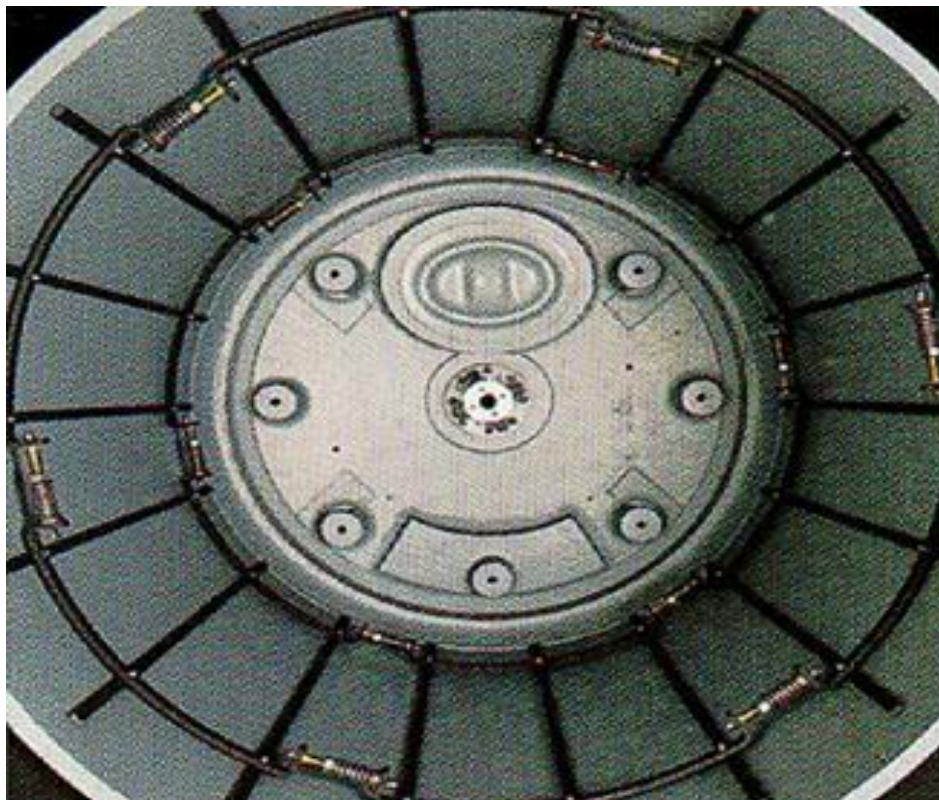
Sifão rotativo e estacionário



Sifão rotativo e estacionário

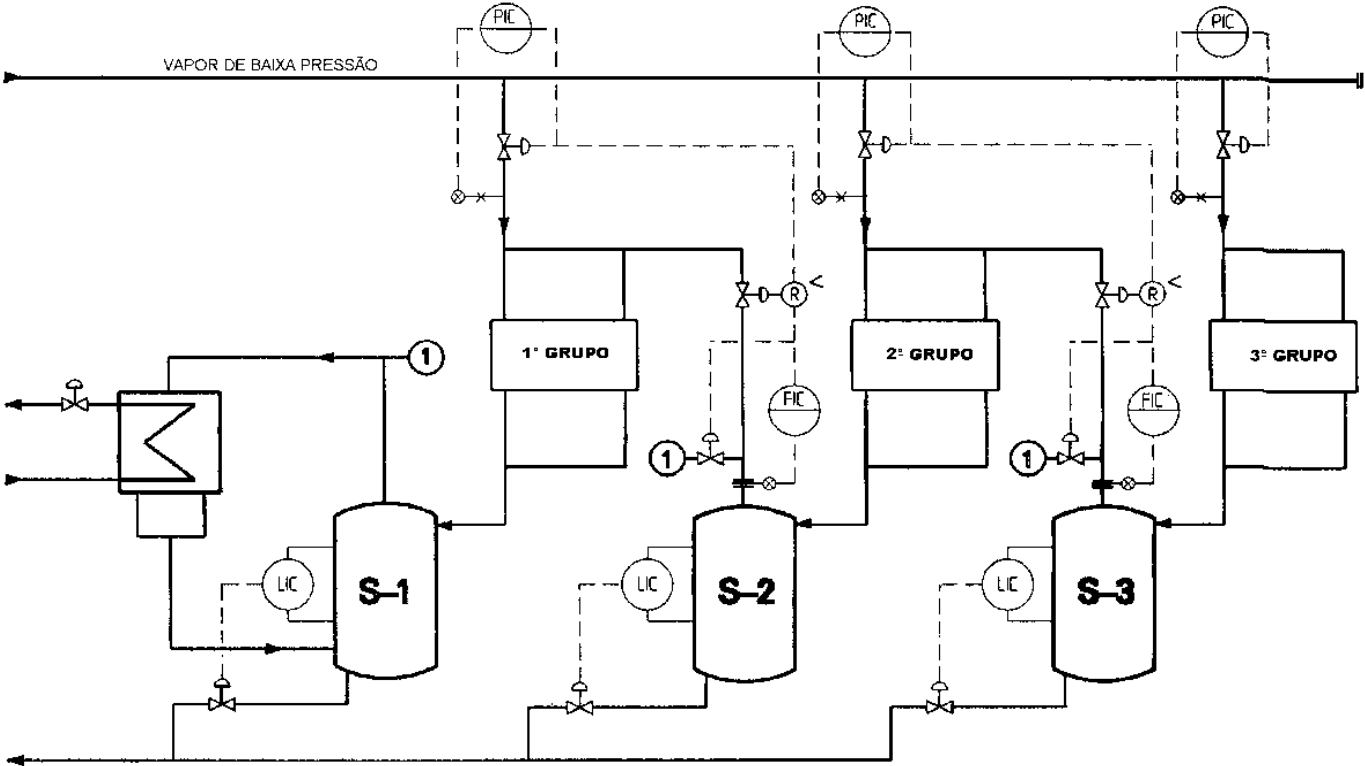
Quadro Comparativo	Estacionário	Rotativo
Diferencial de Pressão	Menor	Maior (depende da velocidade)
Ajuste da Sapata	Pouco preciso	Preciso
Pressão de Vapor da Linha Principal	Menor	Maior
Cuidados Operacionais	Menor	Maior
Dificuldade em Obter Cascata	Menor	Maior
Quantidade de Vapor de Arraste	Menor	Maior
Marcação da Posição do Sifão	Sim	Não
Controle da Película	Instável	Estável
Esvaziamento quando cheio	Simple	Difícil

“Spoiler bars”



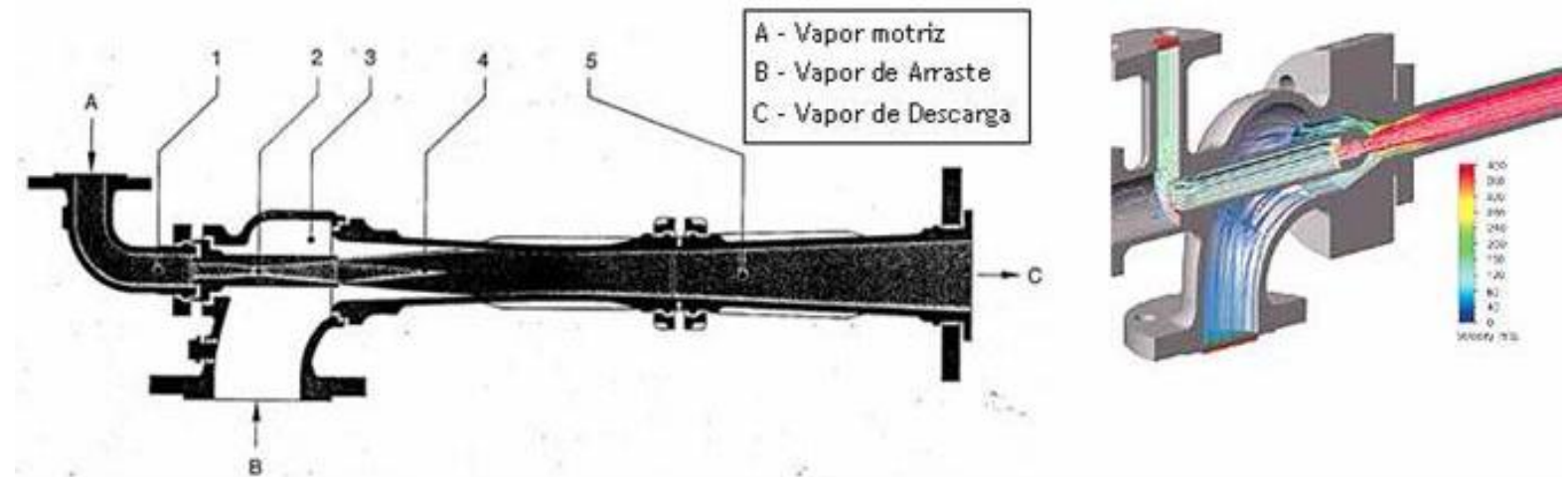
FONTE: Apostila “Básico de fabricação de papel” - ABTCP

Sistema em cascata



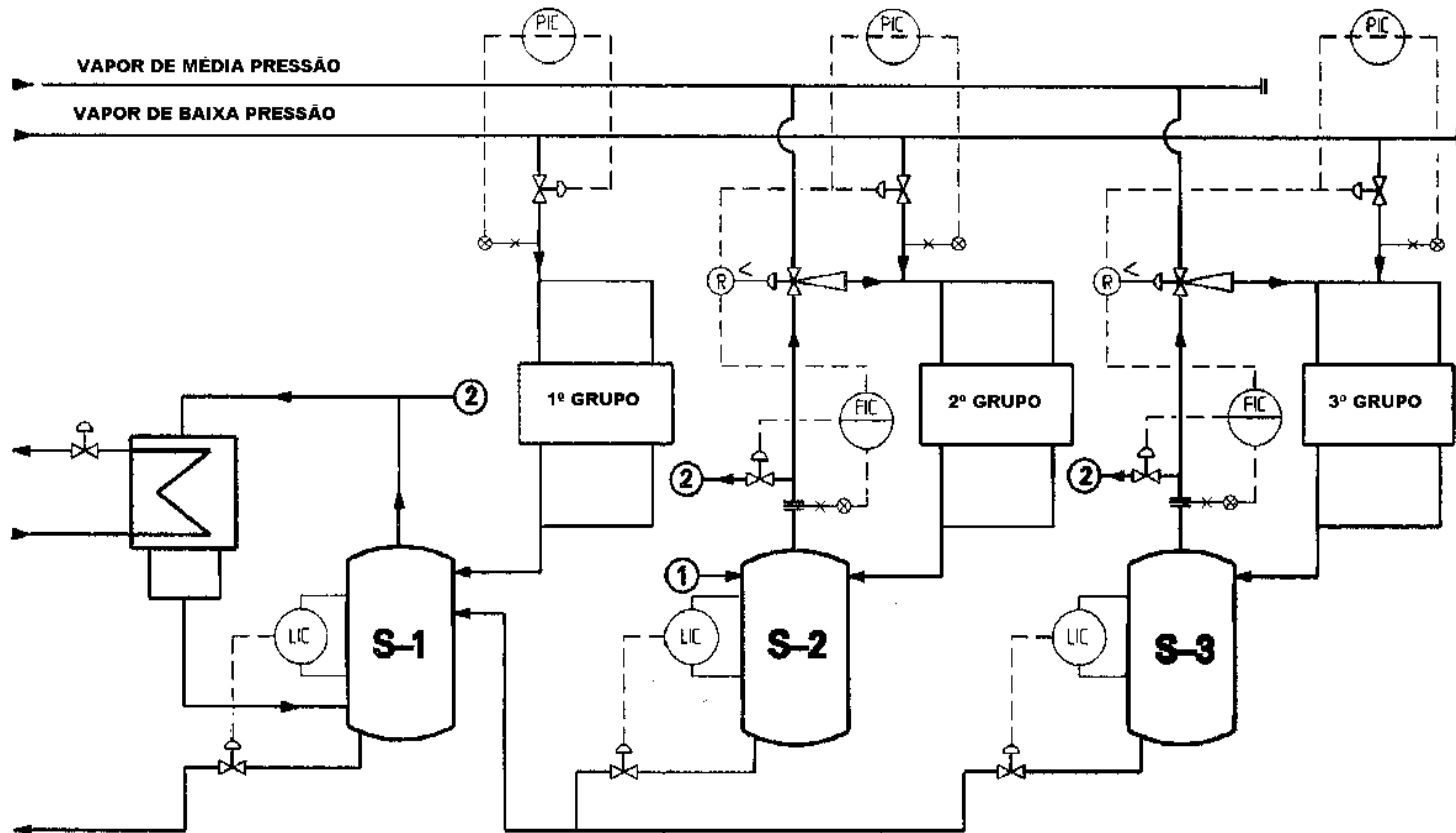
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Termocompressor



FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

Sistema com termocompressor



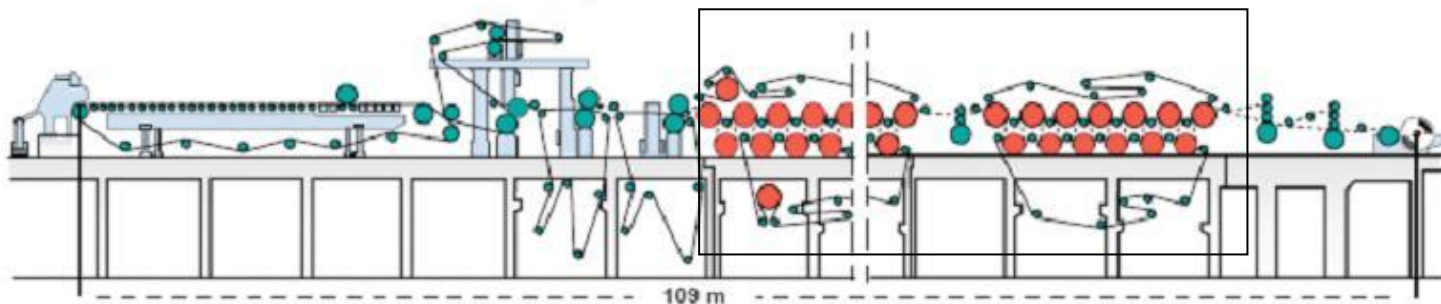
Fatores que afetam a secagem da folha

Gramatura da folha;
Velocidade da máquina;
Natureza da folha e sua umidade na entrada da secaria;
Conteúdo de carga: quanto mais alto, mais rapidamente seca a folha porque a carga não absorve água;
Grau de refinação da polpa;
Tipo de polpa utilizada e tipo de papel a ser fabricado;
Umidade final prevista;
Projeto da máquina de papel;
Quantidade e dimensão dos secadores;
Espaçamento entre os cilindros secadores;
Presença ou ausência de telas secadoras;
Grau e tensão das telas secadoras;
Pressão e temperatura do vapor usado nos secadores;
Utilização de ar aquecido, de alta velocidade nos espaços livres entre cilindros secadores;
Controle de pressão diferencial;
Tensão na tela secadora;
Limpeza das telas secadoras.
Limpeza das superfícies internas e externas dos cilindros secadores;
Presença de um sistema de ventilação ou retirada de vapores liberados na secaria;
Retirada constante do condensado e dos gases inertes;
Presença de coifas (abertas ou fechadas).

“Single tier”

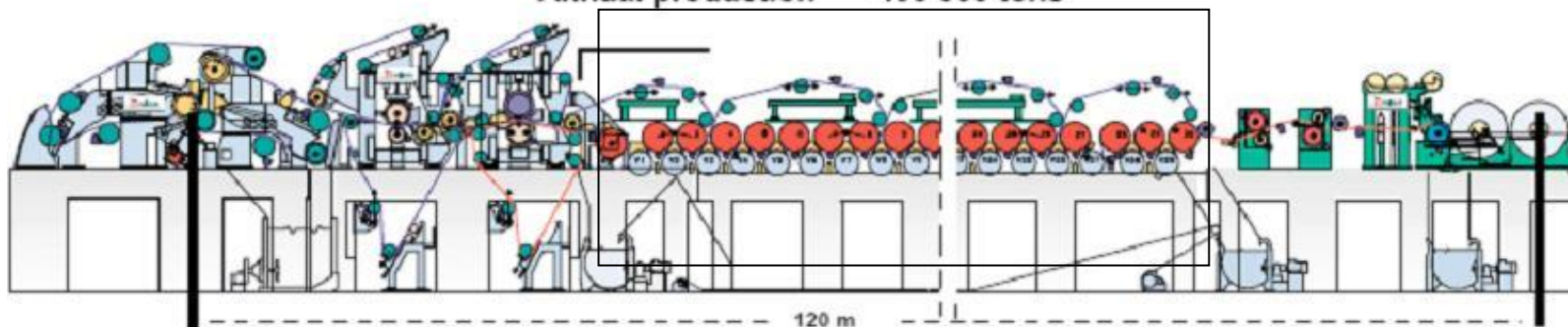
1966

Design speed 900 m/min
Web width 6.5 m
Annual production 100 000 tons



2000

Design speed 2 000 m/min
Web width 10 m
Annual production 400 000 tons



Os dez mandamentos para economizar vapor:

Entre com o papel o mais seco possível na bateria de secagem;

Conserve as camadas de isolamento térmico das tubulações;

Opere sempre com a pressão de vapor mínima necessária para secagem e aquecimento;

Nas paradas de máquinas, avise a caldeira para fechar o vapor. Você ganha segurança e economiza vapor;

Opere sempre com o máximo de vapor “flash”, evitando usar o vapor das caldeiras;

Mantenha as válvulas do “by-pass” sob controle, quando a máquina estiver parando. Tirar água é função do purgador;

Informe ao supervisor qualquer vazamento de vapor na sua seção;

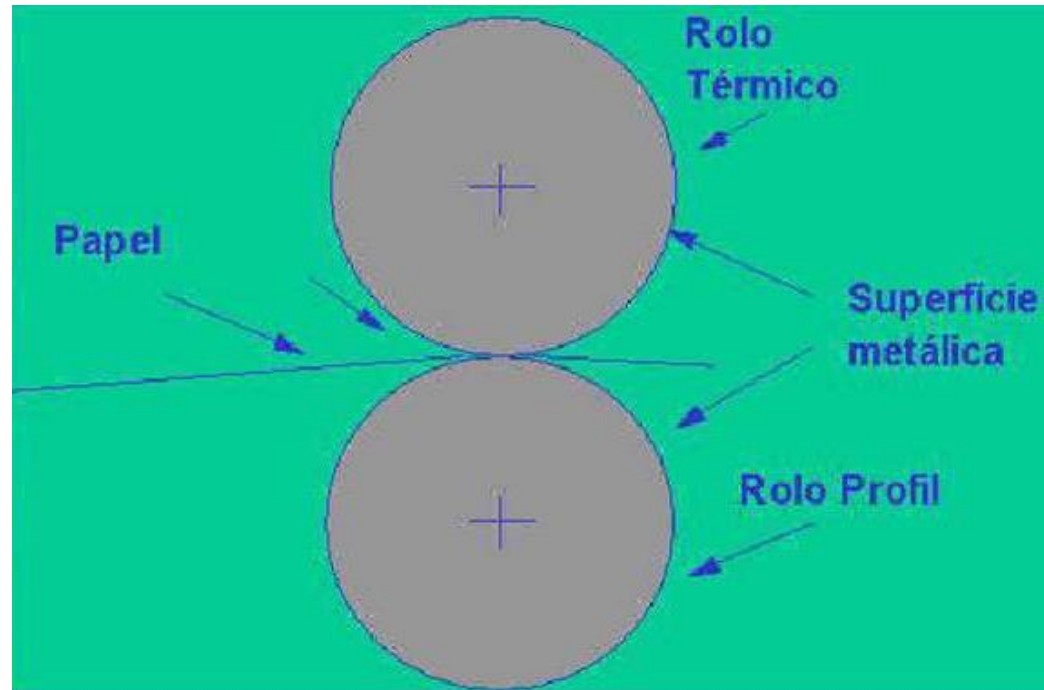
Zele pela utilização de todo o ar de recirculação possível nas coifas;

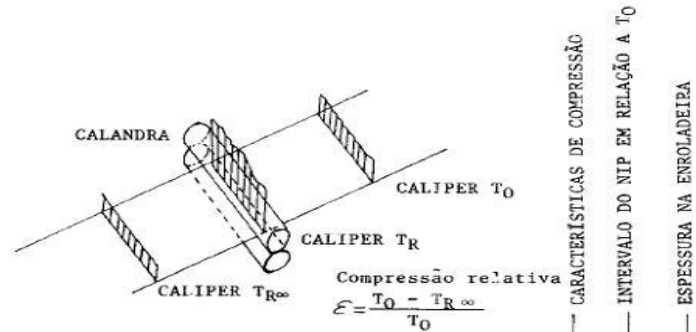
A melhor forma de você economizar vapor é usá-lo corretamente;

Regule o vapor quando o papel sair muito seco na enroladeira.

10. Calandragem

Calandra de máquina





VARIÇÕES TÍPICAS NA C. D. EM:	PROPRIEDADES DO PAPEL ANTES MIP DA CALANDRA	GRAMATURA	VOLUME ESPECÍFICO		1	●	●	
			ESPESSURA		●	●	●	
		CONTEÚDO DE UMIDADE		●	○	●		
		TEMPERATURA		●	●	●		
		ACABAMENTO DA FOLHA		●	●	●		
				●	●	●		
	CONDIÇÕES OPERACIONAIS DA CALANDRA	CARGA DO NIP (ABAULAMENTO)		2		●	●	
		VELOCIDADE DA MÁQUINA				●	●	
		DIÂMETRO DO ROLO				●	●	
		TEMPERATURA LOCAL	AQUECIMENTO OU RESFRIAMENTO INTERNO/EXTERNO		3		○	●
			GERAÇÃO DE CALOR	COMPRESSÃO DA FOLHA	●	●	●	
		FRICÇÃO (RASPAPAPEL)		○	●	○		
		PRECISÃO DA RETÍFICA, DESGASTE DA SUPERFÍCIE		4		●	●	

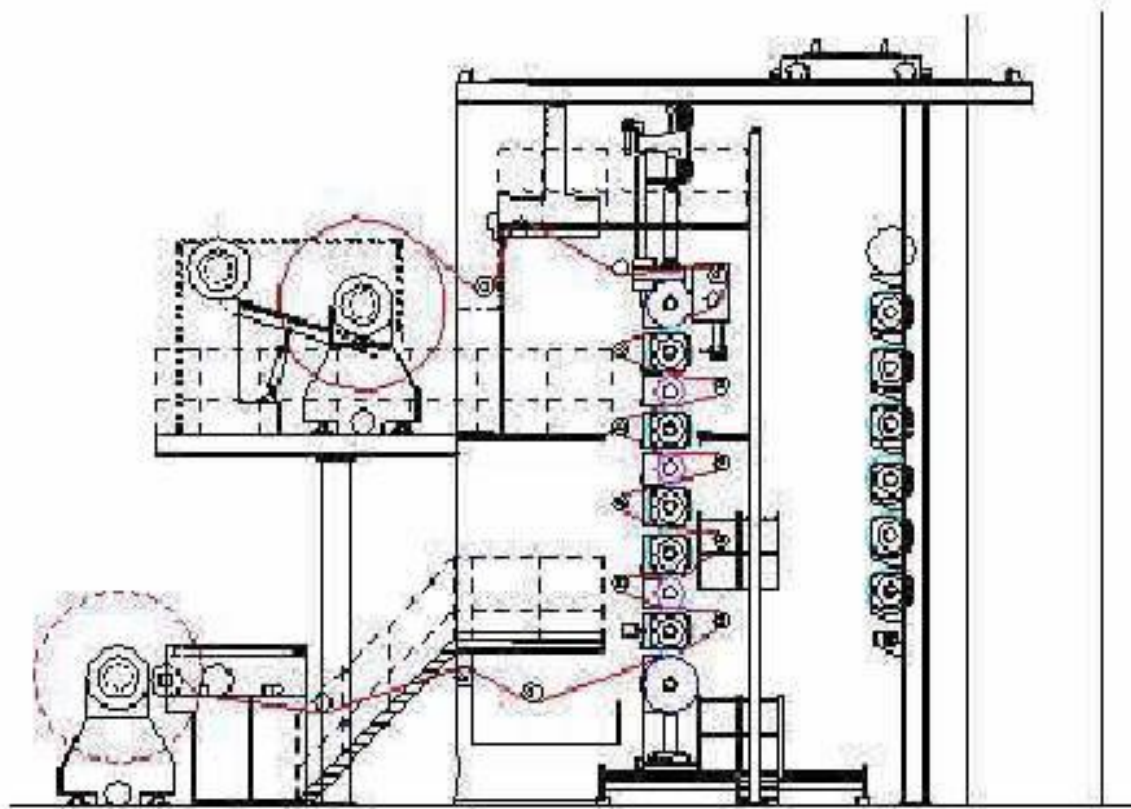
Influência:

- forte
- moderada
- fraca
- desprezível

1. Melhoramento do processo
2. Defleccão local
3. Bico de ar frio
4. Manutenção

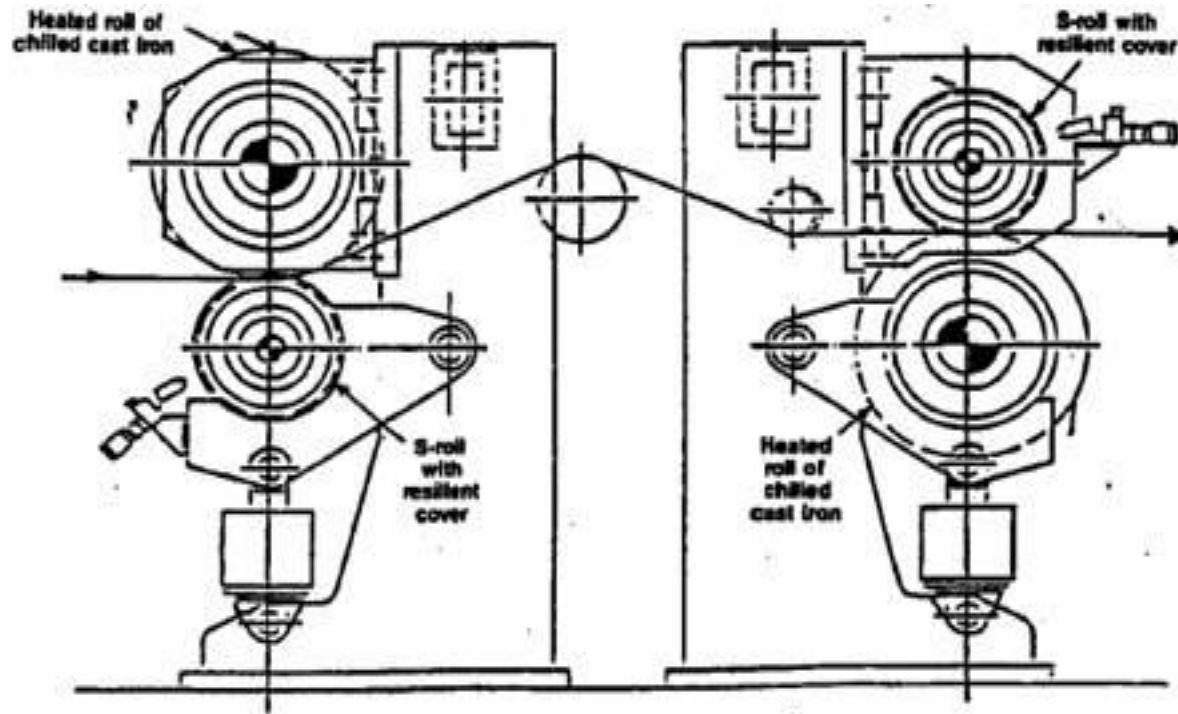
C.D. = CROSS DIRECTION (DIREÇÃO TRANSVERSAL NA MP)

Supercalandra



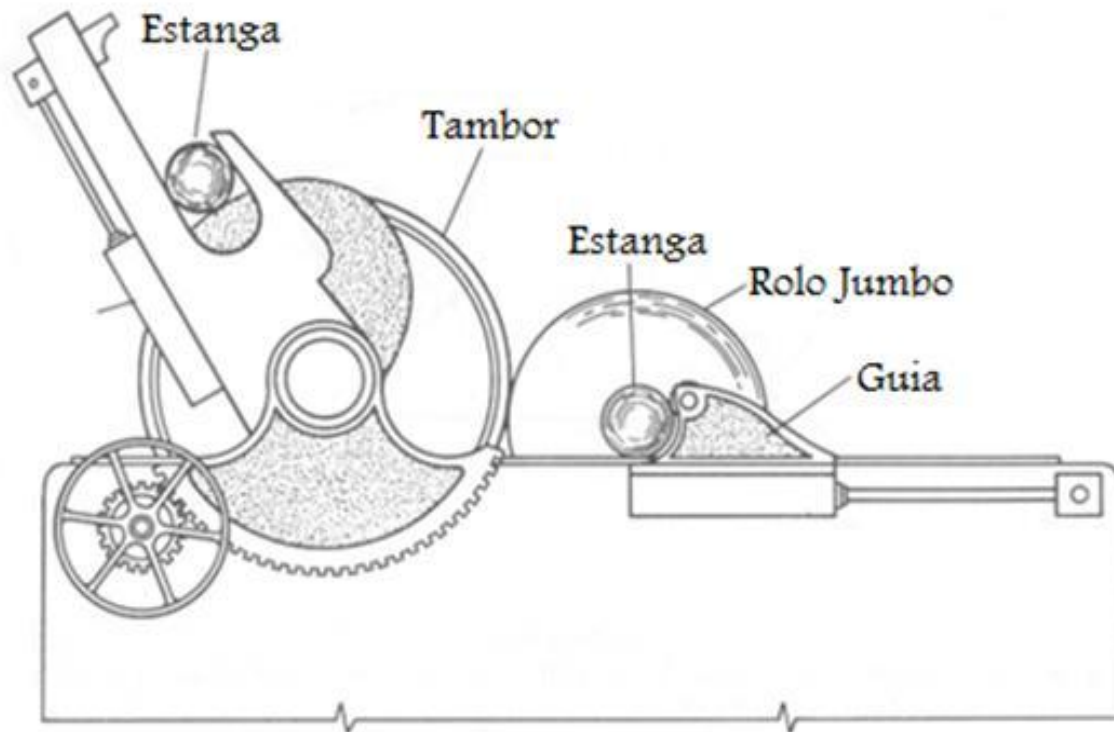
FONTE: Apostila "Curso básico de fabricação de papel" - ABTCP

“Soft calandra”



11. Enroladeira

Enroladeira “Pope”



FONTE: Apostila “Básico de fabricação de papel” - ABTCP