

HERCULES

PREPARAÇÃO DE MASSA

**05 a 07 de março de 1997
Jacareí - São Paulo**

Silvio Roberto Romero
Huyck Brasil

José Sérgio Percin
Liquid Carbonic S. A.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL
Rua Ximbó, 165 - Aclimação - 04108-040 - São Paulo - SP
Tel.: (011) 574.0166 / Fax: (011) 571.6485

ÍNDICE

SÍLVIO ROBERTO ROMERO

Desagregação	01
Depuração Centrífuga e Depuração Fina	18
Trabalhos anexos:	
Informações Técnicas sobre C-Bar	40
Depuradores com Fendas removem pequenos contaminantes do sistema de quebras da máquina de papel	51
Novos avanços em depuração com aplicação na reciclagem de papel	63
Refinação	79

SÉRGIO PERECIN

Uso de Aditivos	119
Cargas minerais	121
Agentes de colagem	127
Sulfato de alumínio	139
Agentes de retenção	143
Amidos	149
Corantes e alvejantes óticos	152

Total de folhas: 180

Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

PREPARAÇÃO DE MASSA

MÓDULO 1 ***DESAGREGAÇÃO***

Eng. Silvio Roberto Romero

Março / 1997
VCP - Jacareí

Preparação de Massa

- Roteiro de Desenvolvimento dos temas:

Módulo 1

- 1 - Introdução
- 2 - Desagregação de Material Fibroso

Módulo 2

- 3 - Depuração Centrífuga e Depuração Fina
- 4 - Informação Técnica Sobre Cestas-Peneiras

Módulo 3

- 5 - Conceito de Refinação

Módulo 4

- 6 - Tratamento de Fibras Secundárias
- 7 - Exemplo e Fluxogramas de Processo

DESAGREGAÇÃO - O PROGRAMA de PULPER da VOITH

Uma grande variedade de tipos de desagregadores, alguns dos quais podem ser combinados com sistemas de remoção de rejeitos, está disponível atualmente para a desagregação de papel reciclado, e quebras produzidas na fabricação e processamento de papel e papelão.

O objetivo deste documento é introduzir os tipos de desagregadores contidos em nosso programa de fabricação e explicar sua aplicação.

O sistema de remoção de rejeitos para desagregadores assim como suas características de projeto essenciais não são abrangidos neste documento.

1. A tarefa dos desagregadores (Figura 1)

O desagregador tem a tarefa de submergir eficientemente a matéria-prima, isto é, de desintegrá-la a uma condição no mínimo bombeável. A submersão não deve danificar as fibras. Com matérias-primas contendo contrários, o tamanho dos contrários deve ser reduzido o menos possível para que eles possam ser removidos automaticamente do polpador (remoção de rejeitos leves e pesados).

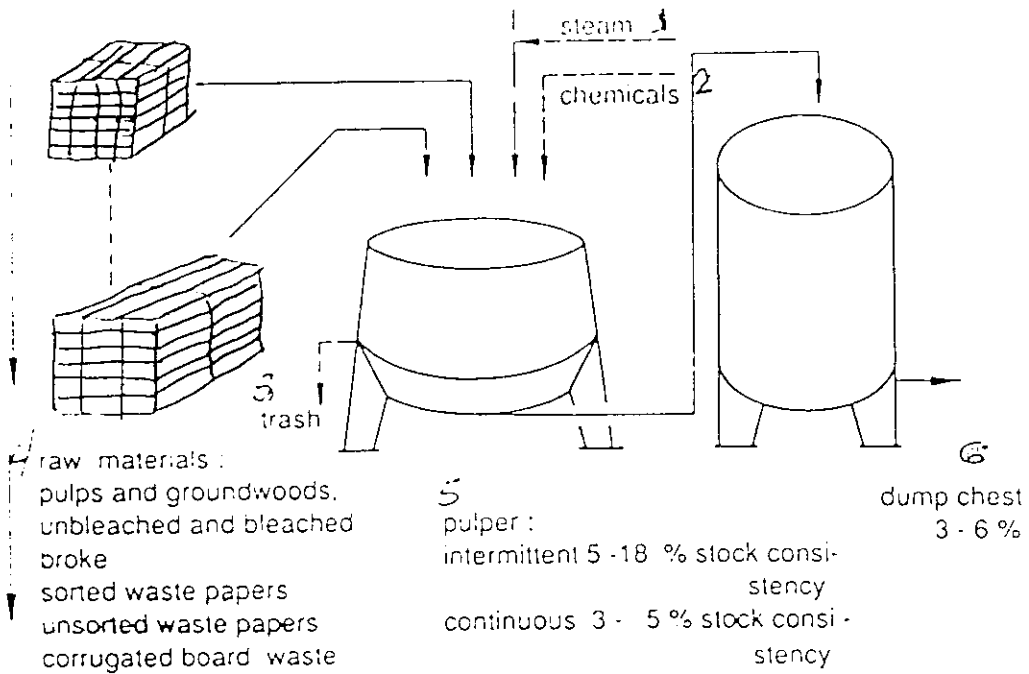


Figura 1 - A Tarefa do Desagregador

1. Vapor
2. Produtos químicos
3. Rejeitos
4. Matérias-primas: celulose e pasta mecânica, refugos branqueados e não branqueados, aparas não classificadas, aparas classificadas, aparas de papelão corrugado
5. Desagregador:
 - intermitente: 5-18% consistência de massa
 - contínuo 3- 5% consistência de massa
6. Câmara de descarga: 3- 6%

Nós diferenciamos principalmente entre a polpação de massa descontínua na faixa de consistência média e alta de 5-18% e polpação contínua com consistências médias de 3-5%. Quando desagregamos à alta consistência, o material é diluído para a consistência de 3-6% durante a descarga.

Quando desagrega-se matéria-prima facilmente desintegrável, a polpação mecânica é normalmente suficiente, enquanto que com matérias-primas de difícil desintegração, isto é, materiais resistentes a úmido, a polpação em alta temperatura e/ou com produtos químicos é necessária para romper a resistência úmida.

Se as aparas de papel tiverem subsequentemente a necessidade de ter a tinta retirada, a separação das partículas de tinta começa no Pulper com o auxílio da temperatura e produtos químicos.

2. Avaliação dos Tipos de Pulper (Figuras 2 e 3)

Conforme já mencionado, diversos tipos e tamanhos de Pulpers estão disponíveis para desagregação das matérias-primas utilizadas para a produção de papel, isto é:

- Para cada matéria-prima, o tipo correto
- Para cada produção, o tamanho adequado.

As Figuras 2 e 3 resumem os polpadores contidos em nosso programa de produção e as aplicações mais importantes.

Figura 2a - Tipos de polpador para operação intermitente

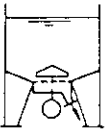
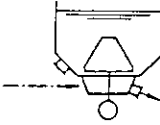
Tipo/tamanho (capacidade efetiva)	Faixa de consistência de material	Exemplos práticos
VS 4 - 80 m ³ 	6-7% (contínuo) (4-5%)	Celulose e refugos da MP Aparas classificadas (para baixas taxas de produção, sobras de papel e sobras de papelão corrugado misturadas, não separadas)
HDS 4 - 100 m ³ 	12-18%	Refugos com resistência úmida com baixo grau de contaminação

Figura 2b - Tipos de Pulpers para operação descontínua

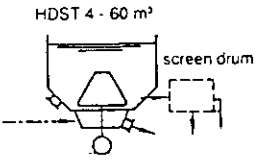
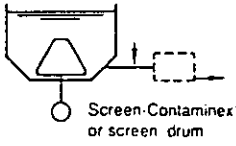
Tipo/tamanho (capacidade efetiva)	Faixa de consistência de material	Exemplos práticos
HDST 4 - 60 m ³ 	12-18%	Refugos com resistência úmida e aparas de papel classificadas com um alto grau de contaminação Ex.: plantas de destintado
HDC 4 - 60 m ³ (sem placa perfurada) 	12-18%	Para HDST bem como sobras de papel revestidas por película Ex.: papelão de recipiente de leite

Figura 3a - Tipos de Pulpers para operação contínua

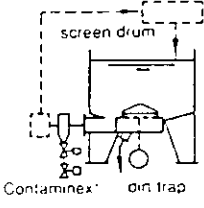
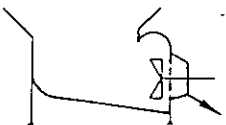
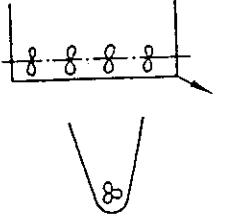
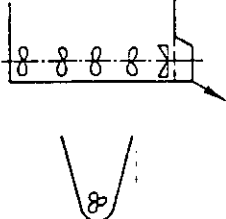
Tipo/tamanho (capacidade efetiva)	Faixa de consistência de material	Exemplos práticos
<p>VSAP 26 - 100 m³</p> 	4-5%	Sobras de papéis misturados não separados, sobras de papelão corrugado
<p>AK 4 - 40 m³</p> 	3-4%	Refugos da MP

Figura 3b - Tipos de Desagregadores para operação contínua

Tipo/tamanho (capacidade efetiva)	Faixa de consistência de material	Exemplos práticos
<p>Para Couch-Pit tamanho 2-7</p> 	3-4%	Quebras no couch-Pit
<p>Para press-Pit tamanho 2-7</p> 	3-4%	Quebras do Press-Pit

2.1 O Pulper VS

O Pulper vertical tipo VS geralmente operado com massa de consistência 6-7% é o mais antigo dos tipos de Pulper fabricados pela Voith. Apesar de, em anos recentes, este Pulper bem testado ter recebido concorrência dos polpadores de alta consistência, ele ainda é frequentemente instalado por causa do seu projeto simples.

Figura 4 - Polpador VS com esteira de alimentação

A aplicação do Pulper VS é normalmente limitada, utilizado entretanto na desagregação de matérias-primas facilmente desintegráveis. Ele é equipado com uma placa perfurada com furos de diâmetro 12-30 mm que retém na retaguarda a sujeira grossa ocasionalmente contida na matéria-prima e permite que esta seja removida entre nos intervalos dos ciclos de funcionamento.

Com pequena capacidade de produção, o polpador VS pode ser utilizado também para desagregação contínua de aparas não selecionadas. Para esta aplicação, o Pulper é equipado com um coletor de resíduos automático e um sistema de remoção de rejeitos Contaminex®. Entretanto, a experiência tem mostrado que a formação de tranças e portanto a remoção automática da trança não pode ser realizada com sucesso em Pulpers com capacidade menor que 20 m³.

Figura 5 - Rotor helicoidal HD

2.2 Polpador HD (Figura 5)

Em anos recentes, o Pulper VS tem recebido uma forte concorrência da linha de Pulpers de alta consistência da Voith.

Este Pulpers Verticais com um rotor helicoidal que opera por ciclos em alta consistência (12-18%) foram desenvolvidos no final da década de 1970 [1, 2] e têm desde então preenchido a alta demanda por desagregação eficiente combinada com redução de contaminantes de tamanho mínimo. Os tipos abaixo de polpadores HD são fabricados pela Voith (Figura 2).

2.2.1 Tipo HDS - com furos com diâmetro de 20-30 mm na placa perfurada

Este projeto simples é recomendado apenas para baixo grau de contaminação tais como resistência úmida, visto que a remoção manual dos contaminantes é necessária. A diluição de descarga ocorre na câmara de mistura abaixo da tela. Vantagem: nenhuma necessidade de volume de tanque adicional para diluição.

2.2.2 Tipo HDST - com furos com diâmetro de 20-30 mm na placa perfurada

Conforme o tipo HDS, entretanto com uma conexão para um Tambor Rotativo acima da placa perfurada. Adequado para aparas com alto grau de contaminação, isto é, aparas de papel não selecionadas e misturadas, aparas de papel laminado em folha, aparas de papel doméstico para instalações de destintamento. Após a descarga, os contaminantes do Pulper são removidos

continuamente através do Tambor Rotativo com furos de 7-16 mm de diâmetro.

O layout do polpador HDST em uma instalação de destintamento é mostrado na Figura 6.

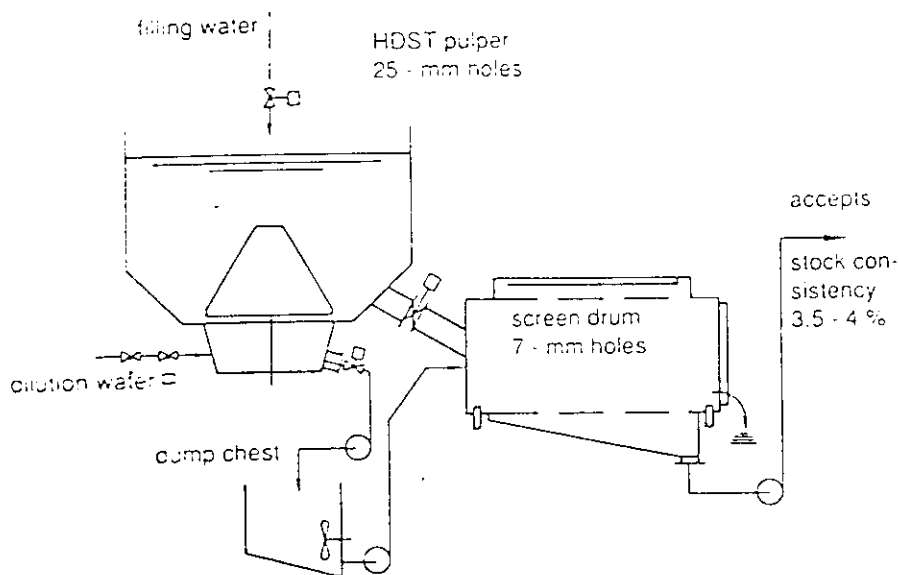


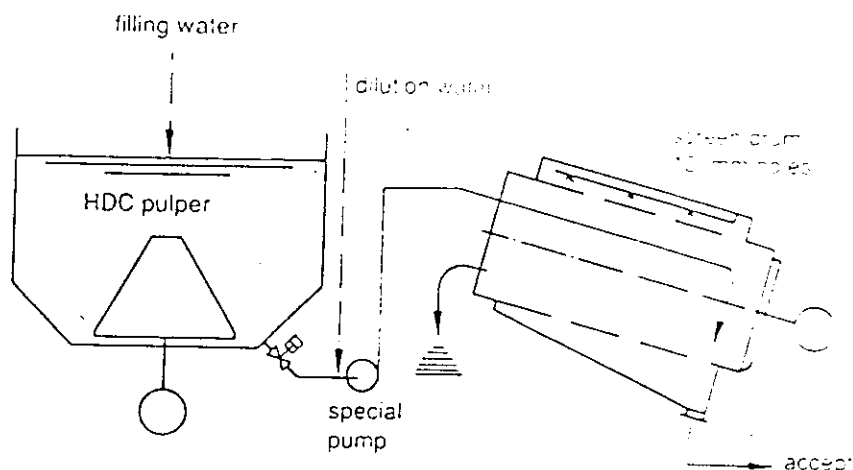
Figura 6 - Exemplo de disposição de um Pulper HDST em instalações de destintamento

1. Água de enchimento
2. Água de diluição
3. Câmara de descarga
4. Tambor rotativo - furos de 7 mm
5. Aceito - consistência da massa \Rightarrow 3,5-4%
6. Pulper HST - furos de 25 mm

2.2.3 Tipo HDC - sem Placa perfurada

Para aparas de papel contaminadas de leve a moderadamente, isto é, aparas para destintamento - com o Contaminex® CMS com furos de Ø 10 mm na placa perfurada. A diluição da consistência ocorre na descarga antes do Contaminex® CMS. Exemplo de uma instalação (Figura 7): polpador HDC com Contaminex® CMS em uma fábrica de papel na Austrália.

Figura 8 - Exemplo de disposição de um Pulper HDC para caixas papelão de recipiente de leite revestido com película



1. Água de enchimento
2. Pulper HDC
3. Bomba especial
4. Aceito
5. Tambor Rotativo - furos de 12 mm
6. Água de diluição

Figura 8 - um polpador HDC com um cilindro da tela com furos com diâmetro de 10 mm para desagregação de caixas de papelão revestido para caixas de leite.

As vantagens da desagregação de alta consistência podem ser resumidas como se segue:

- Baixo consumo de energia específica para um alto grau de desintegração de matérias-primas de difícil desagregação
- Grau definido de desintegração devido à operação por ciclos
- Baixo espaço específico requerido (alta entrada de material por m³)
- Baixa redução de tamanho de contaminantes, isto é, bom grau de remoção de contaminantes após desagregação de alta consistência
- Baixo consumo de vapor específico quando em desagregação à altas temperaturas
- Ação química eficaz para destintamento e quando desagregando materiais resistentes úmidos.

2.3 Polpador VSAP (Figura 9)

Até agora nós lidamos quase que exclusivamente com desagregadores descontínuos, e agora iremos estudar de modo mais próximo os desagregadores contínuos. Neste sentido, o Pulper VSAP é particularmente significativo.

Este Pulper Vertical recentemente desenvolvido foi especialmente projetado para a desagregação contínua eficiente de aparas de papel não selecionadas altamente contaminadas, assim como aparas de papelão corrugado. O rotor e o tanque foram projetados para proporcionar condições hidráulicas ótimas em relação a carregamento de fardos, desempenho de desagregação e formação de tranças.

→ Normalmente este Pulper é equipado com um sistema de coleta de lixo e um sistema Contaminex® CM para a remoção de rejeitos, de modo que a operação contínua sem problemas seja possível mesmo com aparas altamente contaminadas e arames de embalagem dos fardos.

Como já mencionado em relação aos Pulpers VS, a formação de tranças e, portanto, a remoção automática dos fios de embalar é possível apenas com Pulpers maiores. Por esta razão, o Pulper VSAP é construído apenas com tanques com tamanho de 26 m³ ou maiores.

As características especiais deste novo Pulper podem ser resumidas da seguinte maneira:

- • Capacidade de desagregação muito alta, até 1000 toneladas b.d./24 horas por unidade com furos de diâmetro de 18-20 mm na placa perfurada
- Redução do desgaste do Pulper devido à placa da tela e do rotor elevados, assim como ao canal do anel para remoção de sujeira, conexões para uma coleta de impurezas e um sistema de remoção de rejeitos Contaminex®. Aqui, o projeto do Pulper é

influenciado pela função das máquinas para a remoção de rejeitos - um exemplo de como o Pulper é apenas uma parte do sistema de desagregação

- Formação muito boa de tranças devido às condições hidráulicas e à capacidade de observação
- Consistência de desagregação à 4%.

2.4 Pulper para Quebras (Figura 3a)

Para desagregação de refugos secos debaixo da Máquina de Papel e Cartão, Desagregadores com a unidade de desagregação tipo AK são normalmente instalados. A unidade de desagregação tipo AK é um desenvolvimento do tipo AN extremamente bem testado. A disposição do mancal com mancais retos externos foi substituída por um cartucho de mancal compacto moderno e, além disto, foram

incluídos tamanhos adicionais em nosso programa de fornecimento.

Este Desagregador é diferenciado por seu baixo custo de desenvolvimento e sua extrema adaptabilidade à largura da máquina e produção com uma escolha de tamanho e número de unidades desagregadoras.

2.5 Desagregadores para Couch-Pit e Press-Pit (Fig. 3b)

Estes desagregadores com um eixo transversal e duas ou quatro hélices de desagregação são encontrados sob a secção da tela formadora e prensa das máquinas e papel

e papelão mesmo onde o espaço é limitado. Estas unidades desagregadoras podem também ser adaptadas à largura e produção da máquina pela escolha de número, diâmetro e velocidade da MP.

Com um desagregador de Couch-Pit, a massa desagregada pode ser bombeada diretamente para fora do tanque. Para Press-Pit da Máquina de Papel e para Couch-Pit de Máquinas de Cartão que é um pouco mais difícil de se desagregar, recomenda-se a instalação de uma unidade desagregadora com placa perfurada e sistema de limpeza da placa.

Para Máquinas de Papel e Cartão com alta capacidade de produção, as unidades desagregadoras AK são frequentemente instaladas para desagregação das quebras da prensa.

3. Resumo

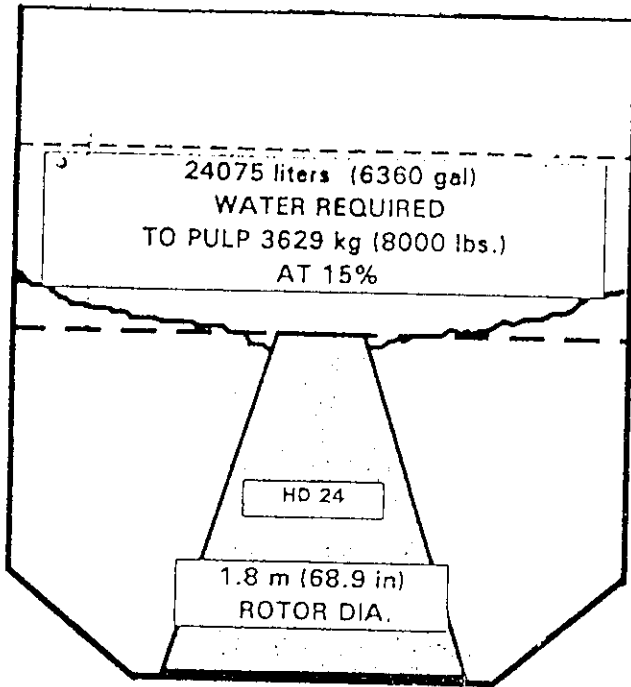
Uma linha de tipos e tamanhos de Pulpers e os equipamentos disponíveis para manter o Pulper livre de rejeitos hoje em dia permite a polpação eficiente das

para as mais diferentes matérias-primas para as produções necessária. Com a linha de Pulpers disponíveis, a Voith está em posição de oferecer um sistema de polpação adequado para uma aplicação em particular.

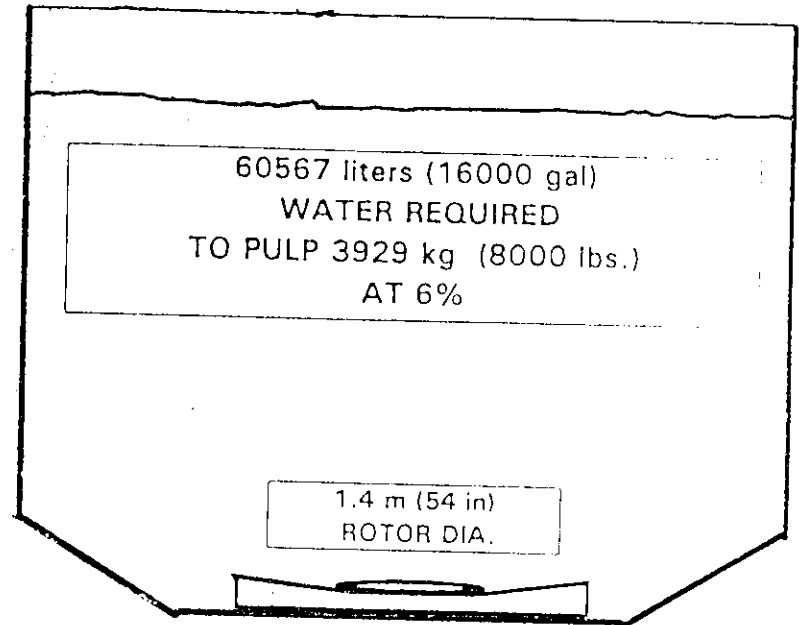
Literatura

- [1] Dipl. Ing. Baehr: *Pulping of Waste Paper at High Consistency*
- [2] Ing. (grad.) W. Musselmann: *The Screening of Waste Paper after Pulping at High and Medium Consistency - Removal of Light and Sticky Contraries*

VOITH HIGH CONSISTENCY PULPER vs. CONVENTIONAL LD PULPER



HIGH CONSISTENCY PULPER



LOW CONSISTENCY PULPER

Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

PREPARAÇÃO DE MASSA

MÓDULO 2 *DEPURAÇÃO*

Eng. Silvio Roberto Romero

Março / 1997
VCP - Jacareí

Preparação de Massa

- Roteiro de Desenvolvimento dos temas:

Módulo 1

- 1 - Introdução
- 2 - Desagregação de Material Fibroso

Módulo 2

- 3 - Depuração Centrífuga e Depuração Fina
- 4 - Informação Técnica Sobre Cestas-Peneiras

Módulo 3

- 5 - Conceito de Refinação

Módulo 4

- 6 - Tratamento de Fibras Secundárias
- 7 - Exemplo e Fluxogramas de Processo

Depuração Centrífuga e Depuração Fina

1. Definição de Depuração e Limpeza Fina

1.1 Por limpeza e depuração é entendido como a remoção de impurezas. Partículas com o peso específico maior que 2.0 g/cm³ (como areia, vidro, metal) são classificadas como contaminantes pesados (Fig.1).

CONTAMINANTES			
Distribuição	Contaminantes Pesados	Contaminantes	
		I	II
Peso Específico (g/cm ³)	>2.0	1.0 - 2.0	<1.0
Material (exemplo)	Areia Pequenas Pedras Vidros Metais	Plásticos Stickies Borracha Madeiras	Espumas Polistireno

Fig. 1: Contaminantes

Assim sendo, partículas com um peso específico mais baixo são classificadas como contaminantes leves.

Os processos tecnológicos apropriadamente subdividem-se em partículas com um peso específico entre 1.0 e 2.0 (contaminantes leves I, como plásticos, borracha, madeira e alguns adesivos) e partículas extremamente leves com um peso específico menor que 1.0 (contaminantes leves II, como materiais espumosos, poliestireno etc.).

Requisitos: Depuração e Limpeza Fina	
	<ul style="list-style-type: none"> - alta eficiência de separação - baixo requerimento de energia - baixa perda de fibra - baixo custo
	<ul style="list-style-type: none"> - ótima seleção dos equipamentos - combinação adequada das máquinas
	<ul style="list-style-type: none"> - pré-depuração adequada - consistência ótima da massa
no sistema Approach Flow	<ul style="list-style-type: none"> - baixa pulsação - evitar formação de tranças
	<ul style="list-style-type: none"> - resistência suficiente à corrosão - baixo uso

Fig. 2: Requisitos da limpeza e depuração fina

1.2 É o tarefa de uma depuração e limpeza leve descarregar estas partículas com uma maior eficiência possível sob um baixo consumo de energia e com um mínimo de perdas de fibras (Fig.2).

Esta tarefa pode ser solucionada somente adequando-se certos tipos de máquinas e suas respectivas possibilidades de combinação , por não ser possível retirar todos os tipos de impurezas com um único tipo de máquina. Além disso, uma pré-condição é que impurezas grosseiras tem sido eliminadas no estágio de pré-depuração e que existe uma consistência ótima de aproximadamente entre 0,6 e 1,0%.

2. Avaliação isoladas dos equipamentos

Detalhes, modos de operação e principais campos de aplicação tem sido tratados em artigos anteriores e são dados aqui somente forma sumária.

2.1 Hidrociclones (Fig. 3)

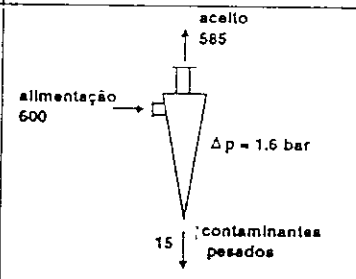
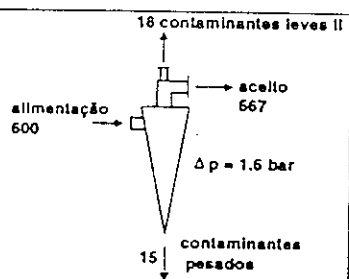
Voith Centrifugal Cleaner (Hydrocyclone) Types (Standard Sizes)		
Tarefa de Separação Cleaner Centrífugo Tipo Modo de Operação	Contaminantes Pesados 160/6 R Normal	Pesados e Leves Contaminantes II 160/6 E Normal
Vazões em l/min Nominal no Respectivo ΔP		

Fig. 3: Voith centrifugal cleaner types

2.1.1. Para a remoção de contaminantes pesados através de cleaners tipo KS 160/6R com bocais ou caixas de impurezas no último estágio.

Juntamente com contaminantes pesados, porções de contaminantes leves I são também separados.

2.1.2. Para uma descarga simultânea de contaminantes pesados e leves, o tipo KS 160/6E é utilizado. Uma vantagem deste modelo é a possibilidade, por meio de um bocal, de se realizar uma desaeração no fluxo da massa.

2.2 Depuradores (Fig. 4)

2.2.1. Depuradores Verticais de vários tamanhos e com diferentes tipos de cestas peneiras e furações para fluxo contínuo.

Tarefa de Separação: Contaminantes Leves I e II		
Tipo Tamanho Modo de Operação Furação [mm]	VS Depurador Vertical 01 até 40/19 Contínuo Ø 1.0 - 2.6 // 0.15 - 1.0	Minisorter ES 01 até 12 Contínuo ou Cíclico Ø 1.0 - 2.4 // 0.15 - 0.8
Conexões		

Fig. 4: Depuradores Voith

Tarefa de Separação: Contaminantes Leves I e II	
Tipo Tamanho Modo de Operação Furação [mm]	Peneira Vibratória K e N 500 e 1000 Contínuo Ø 1.4 - 3.0 (massa fina) // 0.5 - 1.4
Conexões	

Fig. 4a: Depuradores Voith

2.2.2. Minisorter como um modelo especial de Depurador Vertical com intervalos controláveis do fluxo de passagem, lavagem e descarga.

Este tipo de depurador, é utilizado no estágio final de um arranjo multi-estágios, e através de uma intermitente lavagem e descarga dos contaminantes leves que se acumularam no depurador permite a separação do material fibroso e com isso uma minimização da perda de fibra.

2.2.3. Peneiras Vibratórias com suas desvantagens na utilização no último estágio, tem sido na maioria das situações sendo substituída pelo Minisorter. Porém ainda se utiliza para aplicações especiais.

3. Sistemas Práticos de Limpeza e Depuração

3.1 Arranjos para a limpeza de massa em suspensão

3.1.1. Hoje em dia somente arranjos multi-estágios de cleaners são utilizados. O método mais comum é o de arranjo dos estágios em cascata, com o número dos estágios sendo principalmente controlado pela capacidade de produção do sistema, consistência da massa e demanda baseada no grau de purificação da massa.

3.1.2. Na figura 5 mostramos um típico exemplo de arranjo em três estágios com depuradores centrífugos tipo E e R:

O tipo E instalado no primeiro estágio simultaneamente remove com uma alta eficiência contaminantes pesados via bocal e contaminantes leves II através de um tubo imerso no lado do aceito. Enquanto os contaminantes pesados são alimentados para os estágios subsequentes concentrando-se, os contaminantes leves são direcionados para os estágios anteriores para uma nova separação.

Quando existir uma alta demanda dos contaminantes leves, o segundo estágio poderá também ser equipado com o bocal especial para desaeração, no entanto no caso da massa conter somente contaminantes pesados, o uso exclusivo de cleaners com caixa de impurezas será suficiente.

As impurezas concentradas no estágio final do processo, são separadas por um Rejectomat ao invés de uma descarga de fluxo contínuo como nos estágios anteriores.

Este controle do ciclo dos rejeitos, permite uma descarga a uma consistência mais alta do que controles de rejeitos convencionais, e se acertando o ciclo de intervalos com o grau de contaminação da massa, minimiza a inevitável perda de fibras no último estágio.

Uma alta e eficiente operação é possível somente sob condições de operação constantes para a alimentação do primeiro estágio e para a diluição do rejeito engrossado de cada estágio, o suporte para este controle deverá estar presente esquematicamente como um controle de nível, retorno para "stand-pipe" e controles de pressão. Eles servem simultaneamente para prevenir distúrbios como pulsações hidráulicas e conseqüentemente variações de pressão.

3.2. Arranjos de Depuração

3.2.1. Fazemos uma fundamental diferenciação entre depuradores com cestas peneiras perfuradas e depuradores com cestas peneiras com fendas.

Cestas peneiras perfuradas são preferidas para a remoção de partículas planas, como pequenos pedaços de filme e películas, bem como fibras sintéticas, barbantes, e lascas. Cestas peneiras ranhuradas removem mais efetivamente grânulos, partículas cúbicas de sujeira, grânulos de madeira, pequenos pedaços de borracha, materiais esponjosos, poliestireno e muito importante: stickies.

Para cada tipo de cesta peneira existem diferentes e distintos modelos.

Mencionaremos aqui somente os tipos L, V, VV e S, sendo que cada tipo terá seu especial campo de atuação.

3.2.2. Arranjos em cascata

Um arranjo de três estágios será apresentado aqui como exemplo cobrindo a maioria dos casos atuais a nível de capacidade.

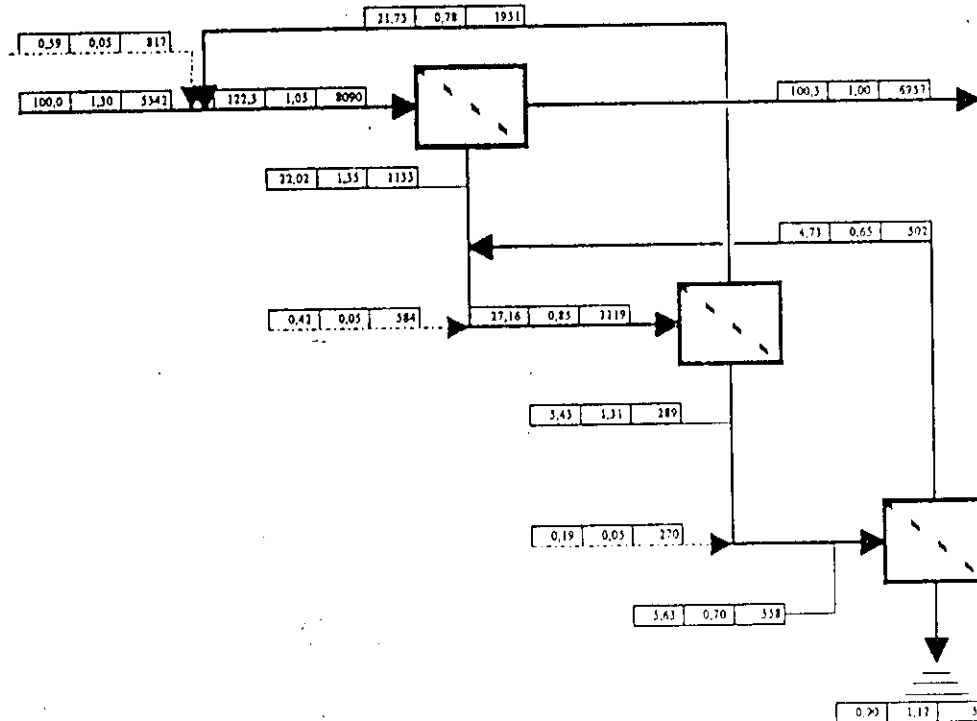
A principal característica deste arranjo, é que somente o aceito do primeiro estágio é direcionado para frente seguindo o curso do processo. O aceito dos estágios subseqüentes são direcionados para a alimentação dos estágios anteriores.

Os rejeitos, cuja consistência por outro lado foi aumentada por um fator de engrossamento, são direcionados para os estágios seguintes para um tratamento subseqüente.

O último estágio de depuração opera com um ciclo intermitente de lavagem.

SISTEMA COM TRÊS ESTÁGIOS DE DEPURAÇÃO-CASCATA COMPLETA

THREE STAGE SCREEN SYSTEM			
System accepts mass	100,3	TPD	
Incoming consistency	1,3	% BD	
Primary feed consistency	1,05	% BD	
Primary Rm (percent of food)	18%		
Primary Rq (percent of food)	14%		
Secondary feed consistency	0,85	% BD	
Secondary Rm (percent of food)	20%		
Secondary Rq (percent of food)	13%		
Tertiary feed consistency	0,70	% BD	
Tertiary Rm (percent of food)	16%		
Tertiary Rq (percent of food)	10%		
Dilution consistency	0,05	% BD	
CALCULATIONS (1-13)			
	IPR	% BD	LPM
Primary feed	122,32	1,05	8090
Primary dilution	0,59	0,05	817
Primary accepts	100,30	1,00	6957
Primary rejects	22,02	1,35	1133
Secondary feed	27,16	0,85	2219
Secondary dilution	0,42	0,05	384
Secondary accepts	21,73	0,78	1931
Secondary rejects	5,43	1,31	289
Tertiary feed	5,63	0,70	558
Tertiary dilution	0,19	-0,05	270
Tertiary accepts	4,73	0,65	502
Tertiary rejects	0,90	1,12	56
Stock input	100,0	1,30	5342



Legend- TPD %cons. LPM

VOITH-SULZER

3.2.3. Arranjos direcionados para frente("forward")

A diferença básica entre arranjo "forward" e o arranjo em cascata, é somente que o aceito do segundo estágio é direcionado para frente juntamente com o aceito do primeiro estágio.

3.2.4. As figuras 7 e 8 também mostram como os contaminantes II provindos dos cleaners centrífugos tipo E podem ser retirados do processo via último estágio de depuração pressurizada.

3.2.5. Números de estágios de depuração

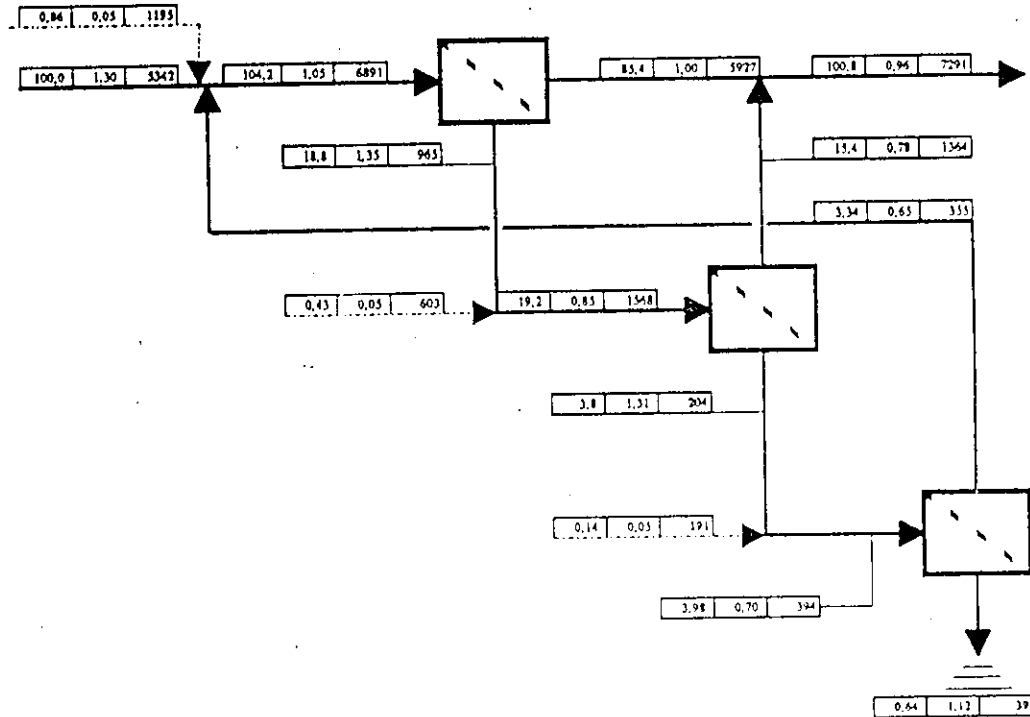
O número dos estágios de depuração requeridos é principalmente dependente da capacidade do sistema.

Outras influências quantitativas são a taxa de descarga de rejeitos, a consistência da água de diluição e, naturalmente o tipo de arranjo selecionado. Mais tarde será mostrado que por várias razões o número mínimo de estágios deverá ser atingido, mas o limite será a quantidade esperada da perda de fibra.

SISTEMA COM TRÊS ESTÁGIOS DE DEPURAÇÃO-"FORWARD"

THREE STAGE SCREEN SYSTEM			
Stock Input	100.0	TPD	
Incoming consistency	1.30	% BD	
Primary feed consistency	1.05	% BD	
Primary Rm (percent of feed)	18%		
Primary Rq (percent of feed)	14%		
Secondary feed consistency	0.85	% BD	
Secondary Rm (percent of feed)	20%		
Secondary Rq (percent of feed)	13%		
Tertiary feed consistency	0.70	% BD	
Tertiary Rm (percent of feed)	16%		
Tertiary Rq (percent of feed)	10%		
Dilution consistency	0.05	% BD	
CALCULATIONS (1-13)			
	TPD	% BD	LPM
Primary feed	104.20	1.05	6891
Primary dilution	0.86	0.05	1195
Primary accepts	85.44	1.00	5927
Primary rejects	18.76	1.35	965
Secondary feed	19.19	0.85	1568
Secondary dilution	0.43	0.05	603
Secondary accepts	15.35	0.78	1364
Secondary rejects	3.84	1.31	204
Tertiary feed	3.98	0.70	394
Tertiary dilution	0.14	0.05	191
Tertiary accepts	3.34	0.65	335
Tertiary rejects	0.64	1.12	39
Stock Input	100.00	1.30	5342
System Accepts	100.80	0.96	7291

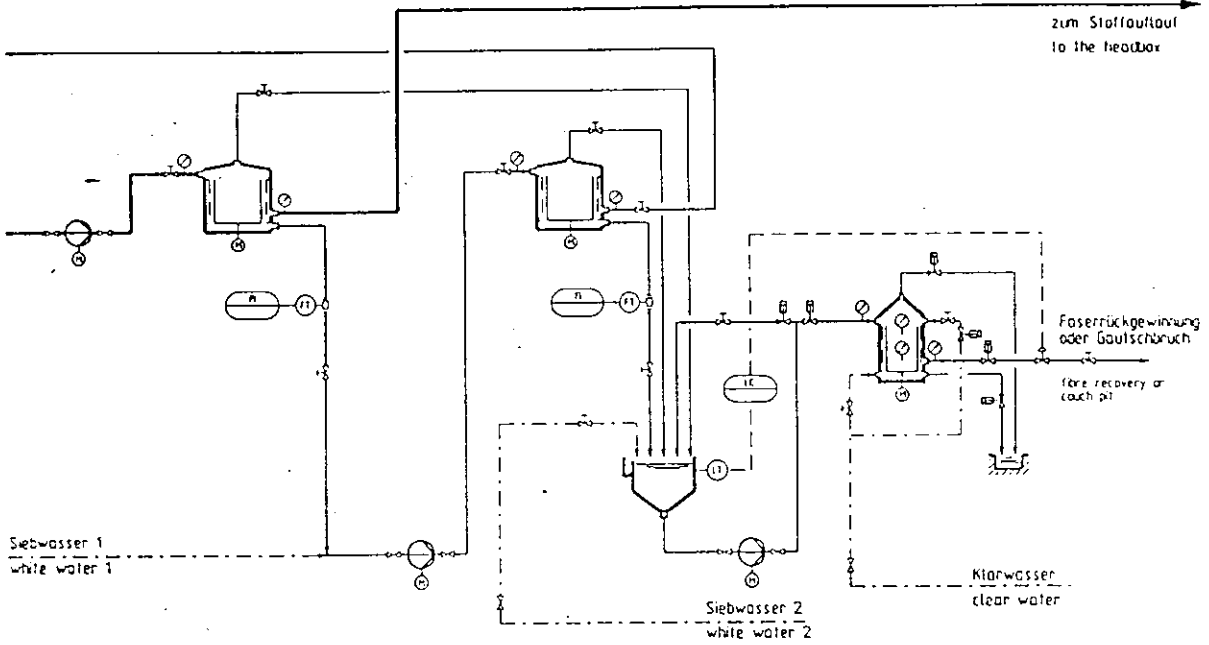
Legend- TPD %cons. LPM



1. Sortierstufe
1st screening stage

2. Sortierstufe
2nd screening stage

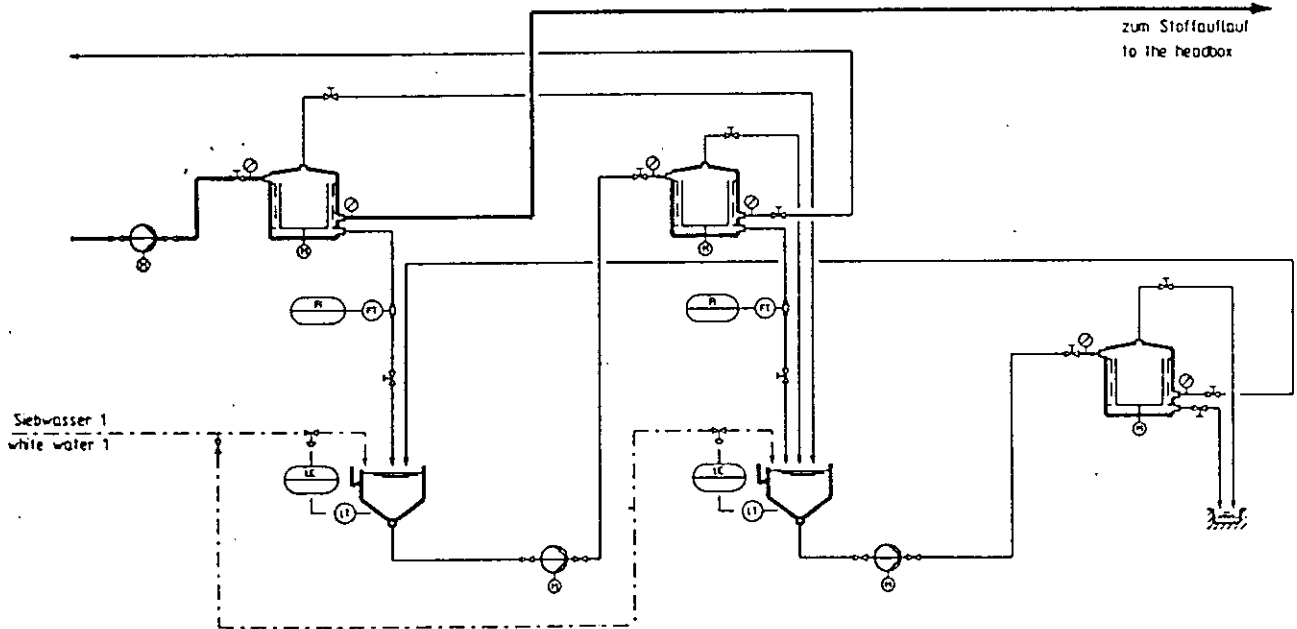
3. Sortierstufe als Waschstufe
3rd screening stage as washing stage



1. Sortierstufe
1st screening stage

2. Sortierstufe
2nd screening stage

3. Sortierstufe kontinuierlich
3rd screening stage continuous



4. Comparação entre dois arranjos de depuração relativo à qualidade e custo

4.1 Definições de eficiência de depuração e fluxo de massa

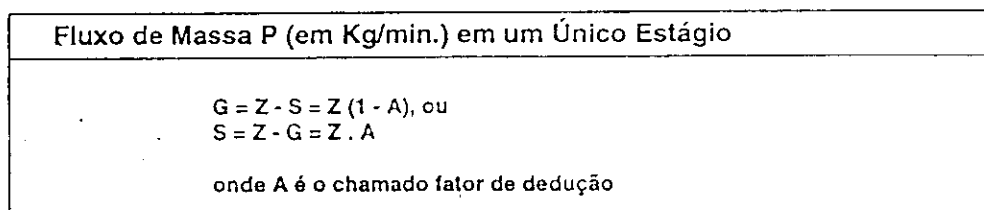
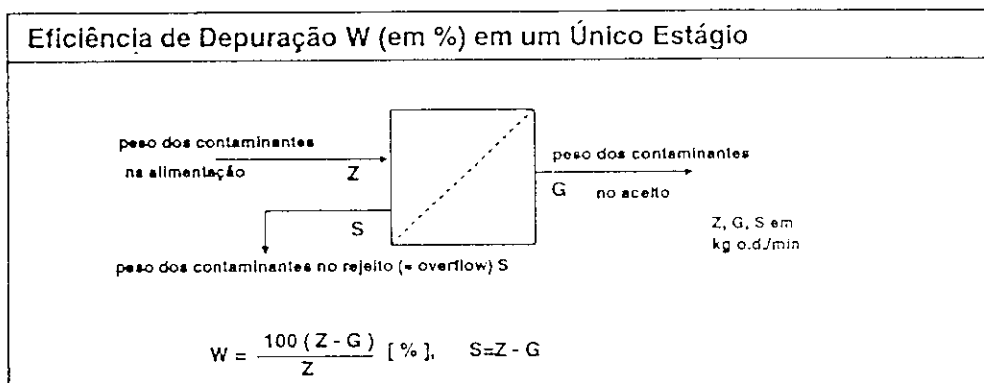


Fig. 9: Eficiência da Depuração e Fluxo de Massa

4.1.1 Eficiência de depuração de um único estágio

É definida pela equação:

$$W = \frac{100 (Z - G)}{Z}$$

onde,

Z = Peso dos contaminantes na alimentação

G = Peso dos contaminantes no aceito

ambos em kg/min

Por analogia S é então igual ao peso dos contaminantes no rejeito.

$$S = Z - G$$

4.1.2. Fluxo de massa P (em kg/min) de um único estágio

Portanto,

$$G = Z - S = Z (1 - A) \text{ ou,}$$

$$S = Z - G = Z \times A$$

onde,

Z = peso na alimentação

G = Peso no aceito

S = Peso no rejeito

A = O chamado fator de dedução, fator que relaciona o peso do rejeito com o peso da alimentação.

4.2. Eficiência da depuração em arranjos multi-estágios

4.2.1. Arranjo cascata

a) Dois estágios:

$$W = \frac{W_2}{\left(\frac{100}{W_1} + \frac{W_2}{100} \right) - 1} \%$$

onde,

W = eficiência total do arranjo em %

W₁, W₂.. = eficiência unitária dos estágios 1, 2... em %

b) Três estágios:

$$W = \frac{W_1 \times W_2 \times W_3}{100 - 100 \times W_2 + W_2 \times W_3 - 100 \times W_1 + W_1 \times W_2} \%$$

4.2.2. Arranjo direcionado para frente

a) Dois estágios:

$$W = \frac{W_1 \times W_2}{100}$$

b) Três estágios:

$$W = \frac{W_1 \times W_3}{1000 + \frac{W_3}{W_3} - 100}$$

4.2.3. Se por exemplo, for assumida uma eficiência unitária constante, todas as quatro versões dos arranjos indicados fossem comparadas matematicamente, o resultado seria:

- O arranjo de três estágios será somente insignificamente (de 1 a 3%) mais pobre que um arranjo de dois estágios.

- O arranjo com direcionamento para frente será muito mais pobre do que o arranjo em cascata (na ordem de aproximadamente 10 a 18%).

4.3 Avaliações da versão investigada

A eficiência de um depurador definido não será sempre uma constante, mas variável, e principalmente dependendo das seguintes condições de operação:

Parâmetros de Processo:

- Características da massa
- Consistência de entrada no sistema
- Carga de depuração específica
- Conteúdo de contaminantes na alimentação
- Forma geométrica das partículas de sujeira

Parâmetros de Máquina:

- Velocidade periférica do rotor
- Fator de engrossamento
- Tipo de cesta peneira

5. Recomendações para o projeto de engenharia de um sistema de limpeza e depuração

5.1. Disposição

Quando possível providenciar um arranjo em cascata multi-estágio em sistemas de cleaners centrífugos e depuradores. Uma atenção maior deverá ser dispensada para a máxima eficiência do primeiro estágio.

Se, num sistema de depuração, um arranjo com fluxo direto for selecionado por certas razões, a eficiência do segundo estágio precisará ser maior que a do primeiro estágio. Isto porque de qualquer maneira o nível de qualidade de depuração do primeiro estágio tem que ser alcançada pelo segundo estágio, apesar da alta concentração de contaminantes na sua alimentação.

5.2. Condições de operação de Cleaners e Depuradores

- Objetivo de se ter uma consistência adequada em todos os estágios.
- Não exceder a carga específica de depuração.
- Extração suficientes dos rejeitos; isto sempre reduz o efeito de fracionamento que sempre existe.
- Influência da velocidade do rotor (a eficiência da depuração diminui novamente, quando uma certa velocidade é excedida apesar de um aumento no limite de passagem).

5.3. Combinação com as características dos contaminantes

Atualmente o usual é uma instalação de um sistema de cleaners seguido de um sistema de depuradores com fendas. Lembramos, no entanto, que certas impurezas podem ser otimamente removidas somente com peneiras perfuradas.

5.4 Número de estágio / tamanho de máquinas / consumo específico de energia

Nos arranjos em cascata, a carga dos estágios individuais é maior do que em arranjos com dimensionamento para frente

Nos arranjos em cascatas, normalmente são esperados grandes tamanhos de máquinas, e num caso extremo um maior número de estágios.

- Conseqüentemente, espera-se uma capacidade de bombeamento aumentada e uma maior potência instalada, temos o consumo específico de energia tornando-se mais desfavorável.

- O estágio final deverá ser dimensionado para um mínimo de perda de fibras, isto significa que deveria-se selecionar mais um estágio se a carga no estágio final for considerada muito alta.

5.5 Instalação

Os cuidados a serem tomados na instalação de um depurador, é obedecer as seguintes condições:

- pressão de entrada:	2 a 8 bar
- máxima pressão admissível:	6 a 8 bar
- contra-pressão:	0,8 bar

Quando se aumenta a contra-pressão, aumenta-se a quantidade de rejeitos eliminados no equipamento. Porém deve-se sempre evitar uma pressão alta na alimentação, pois altera-se o funcionamento e distribuição interna de pressões no depurador; enquanto que pressões reduzidas podem ser a causa de entupimentos. Estes controles podem ser otimizados com a instalação de válvulas guilhotinas de passagem pentagonal (regulagem) ou totalmente automáticas.

Deve-se prever sempre espaço e ferramentas apropriadas para a troca dos seguintes componentes:

- | |
|---------------------|
| - cesta-peneira |
| - rotor |
| - motor |
| - conjunto rotativo |

Para a troca do rotor e cesta-peneira o espaço que se espera como previsto, poderá ser uma abertura de montagem no piso imediatamente superior ao de instalação do equipamento, sendo que neste caso, a operação de troca deverá ser realizada via ponte rolante da M.P..

A segunda opção para manutenção será via uma talha/gancho local e o espaço para descanso deverá ser lateral ao equipamento.

O acionamento deve ser bem protegido e o motor à prova de respingos sempre que se tratar de instalações em áreas úmidas.

A eliminação dos rejeitos deve ser feita através de recipientes apropriados, com drenagem e em toda área da depuração será necessário canaletas para escoamento da constante limpeza do ambiente, drenos de tanques, águas de selagem de gaxetas, transbordos de tanques e etc.. .

INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE PENEIRAS C-BAR

Generalidades

A cesta-peneira C-Bar é um produto high-tech e constitui-se em novidade absoluta no campo das cestas com fendas.

A cesta C-Bar foi exclusivamente desenvolvida na Voith Heidenheim / Alemanha.

Com a cesta-peneira C-Bar foram mantidas as vantagens tecnológicas da cesta S (grande área aberta, efeito classificador excelente) sem as desvantagens de soldas entre as barras longitudinais e os anéis de reforço, dispersão das larguras de fendas, pouca repetibilidade da "inclinação da cabeça", isto é, do ângulo de ataque. A dispersão das larguras das fendas é até mesmo menor do que em cestas com as fendas frezadas.

Na produção de papéis finos não se recomenda, em princípio, o emprego de cestas usinadas, pois as tolerâncias das fendas, arestas das fendas (rebarbas) e as superfícies no interior das fendas ou dos furos não conseguem satisfazer as exigências.

As exigências quanto a tolerância de fendas e qualidade de superfície somente podem ser atingidas pela C-Bar, pois a microestrutura é bem melhor e as fendas são mais precisas.

As cestas C-Bar se caracterizam, além de ter uma área aberta de 20 - 30 % maior e por um maior efeito classificador.

Fabricação:

a) Qualidade

O Know-how de fabricação no meio tempo já está otimizado que as cestas podem ser fabricadas com qualidade de topo absoluto no que diz respeito a medida e acabamento.

b) Tolerância das fendas

- A fábrica garantiu as seguintes tolerâncias:

largura de fenda nominal $\pm 0,01$ mm 80 %

largura de fenda nominal $\pm 0,02$ mm 20 %

Estas tolerâncias são extremamente pequenas se comparadas com outras cestas-peneiras, e resultam costumeiramente ainda menores como mostraram medições comparativas.

c) Material de fabricação

A cesta-peneira C-Bar é feita de aço cromo-níquel-molibdênio com a melhor resistência à corrosão. Foi dada a maior importância à resistência à corrosão intercrystalina como à corrosão sob tensão ou vibração.

d) Experiência na prática

d.1) Uso com consistências baixas (em torno de 1%).

d.2) Resistência mecânica

Em uso contínuo há 7 meses em uma depuração fina de DIP (Deinking Paper), portanto depois de mais de 280×10^6 ciclos de carga, duas cestas-peneiras foram inspecionadas (1 x Depurador vertical tam. 21 e 1 x Minisorter 12). Ambas cestas estavam em perfeitas condições.

d.3) Tecnologia

d.3.1- DIP

A classificação de elementos colantes com uma cesta-peneira C-Bar 0,2 mm corresponde às cestas S 0,25 Sb atualmente usadas em depuração finas, significando que para um mesmo rendimento no momento deve ser escolhida uma fenda 0,05 mm mais fina.

d.3.2- Pasta de madeira

Também devem ser empregadas fendas 0,05 mm mais finas no caso de uso cestas C-Bar, em comparação com o padrão atual (cesta S 0,25 Sb).

d.3.3.- Sistema de água e massa

Uma cesta C-Bar 0,3 mm está em uso no DV 40/16 da Plattling desde 14/10/92 com resultados tecnológicos excelentes.

No meio tempo Plattling converteu toda a depuração da MP11 para cesta-peneira C-Bar, comprou as cestas e recomendou as cestas de reposição.

e) Alguns exemplos de emprego (status 17/12/92).

e.1- Depuração no sistema de água e massa

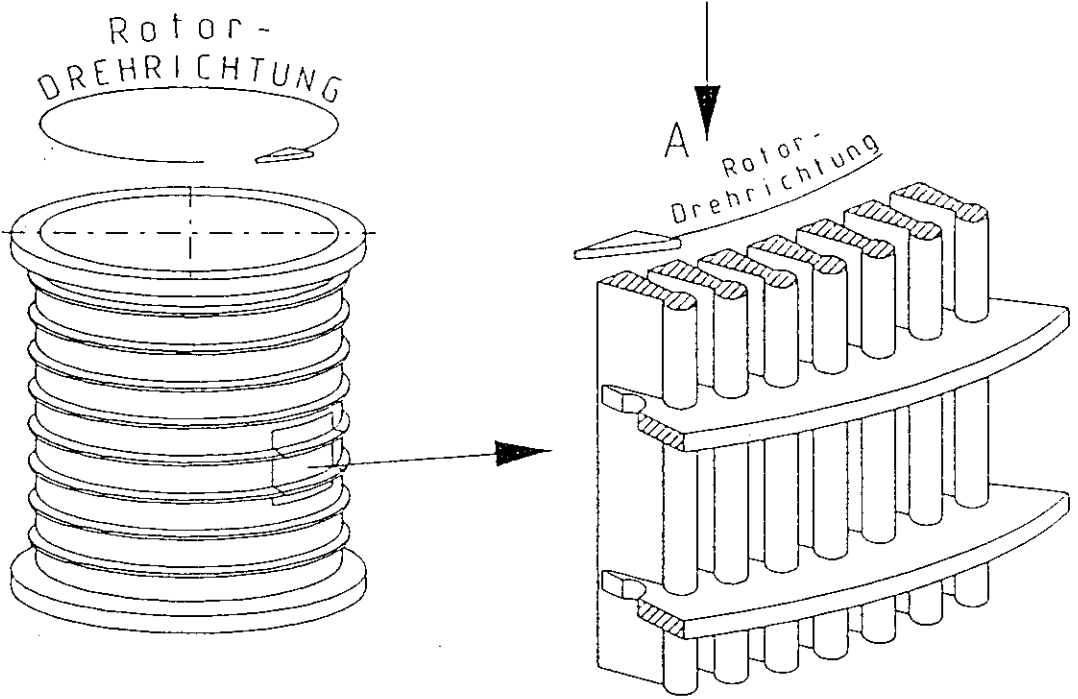
	DV tam.	fenda (mm)	uso desde	produto	
Plattling	40/16	0,3	out / 92'	LWC	
Kanzan	20	0,4	jan / 92	s'm' coating	p/
Amsberg	20	0,2	out / 92	cartão s'm'	top
Zanders 2	20	0,35	ago / 92	s'm' coating	p/
Augsburg 1	3 x 20	0,25	set / 92	papéis SC	

e.2- DIP

	DV tam.	fenda (mm)	uso desde	produto
Braviken	21	0,2	abr / 92	DIP
Braviken	Minis. 12	0,2	abr / 92	DIP

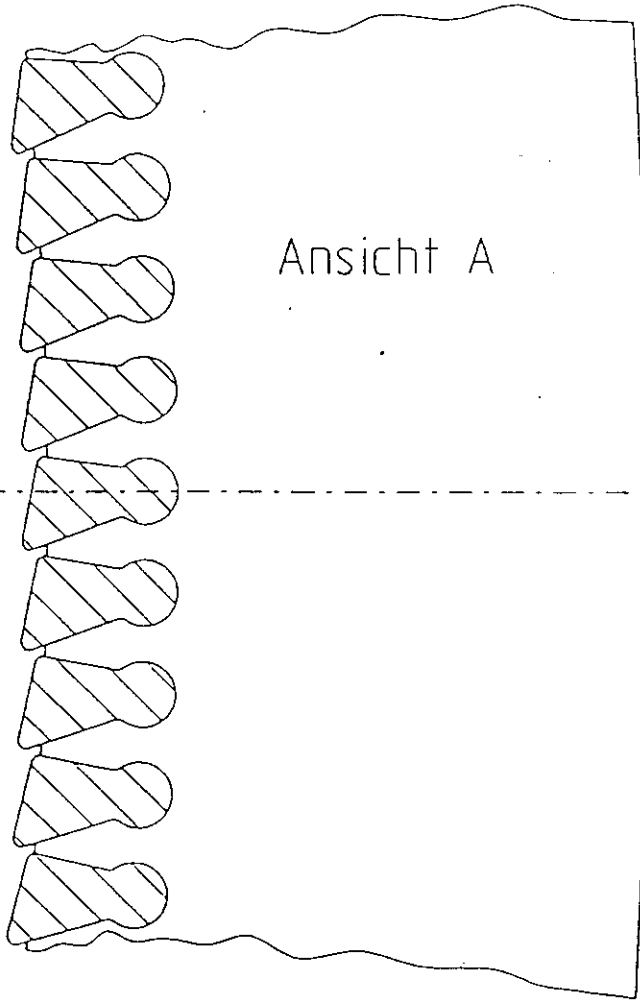
e.3- Pasta de madeira

	DV tam.	fenda	uso desde	produto
Augsburg	300	0,2	jul / 92	pasta mec.



ROTOR-DREHRICHTUNG

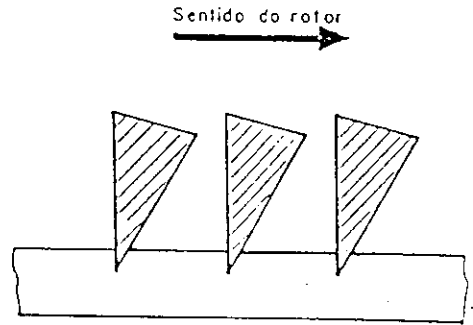
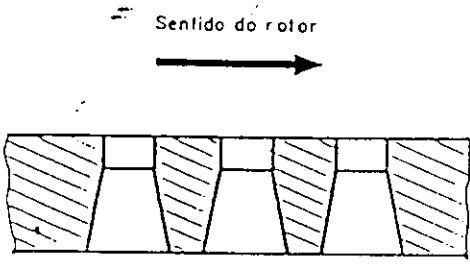
Ansicht A



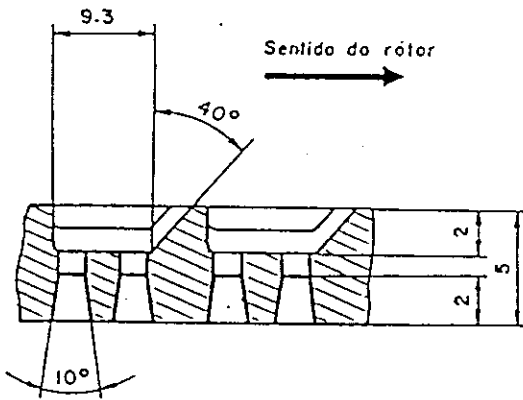
Vertraulich alle Rechte vorbehalten DIN 34.
Confidential, all rights reserved DIN 34.
Confidencial, reservados todos os direitos DIN 34.

FENDAS TIPO "S"

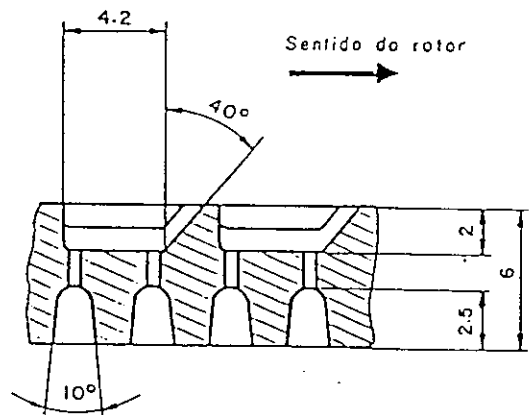
FUROS E FENDAS "NORMAIS"



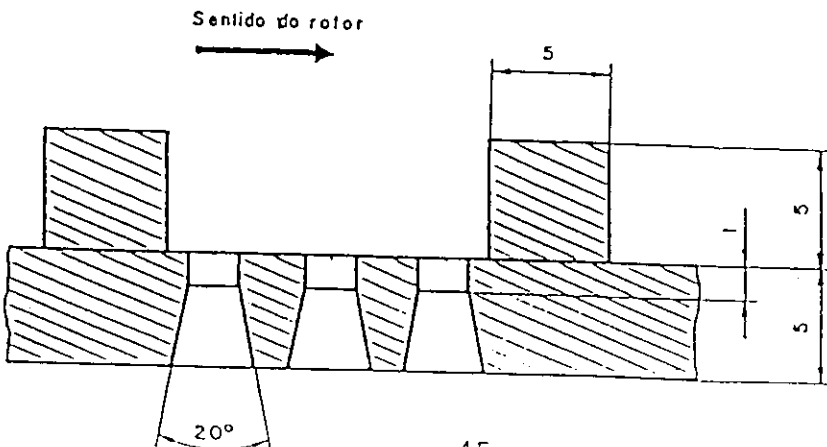
FUROS TIPO "V"



FENDAS TIPO "VV"

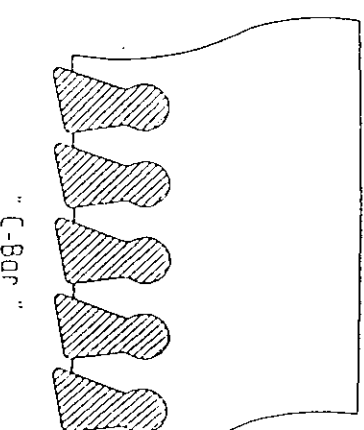
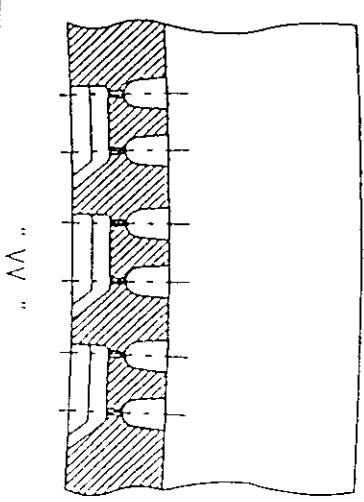
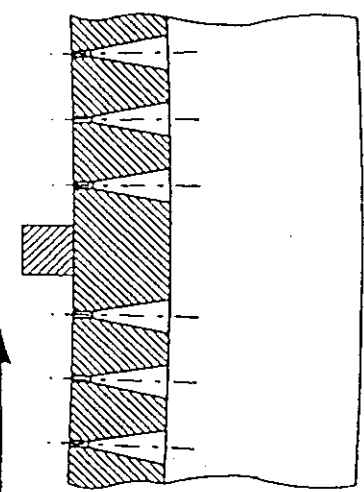
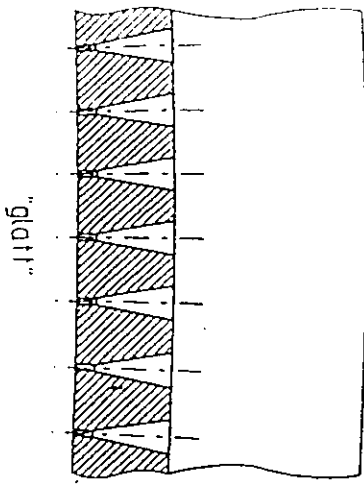
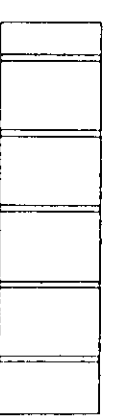
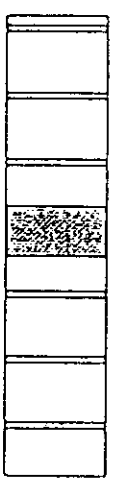
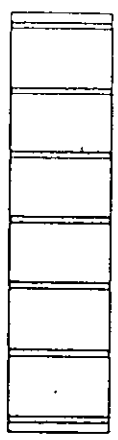
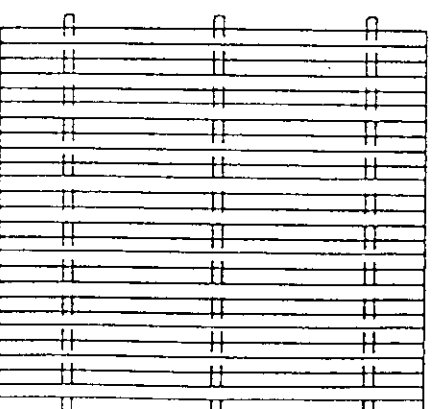
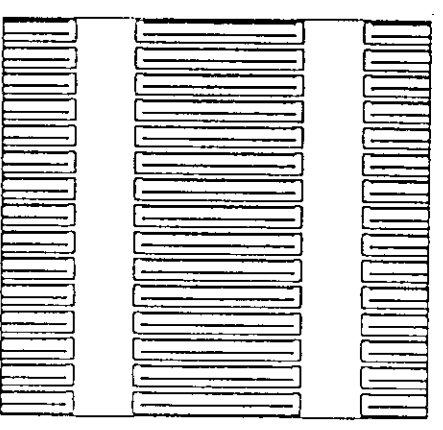
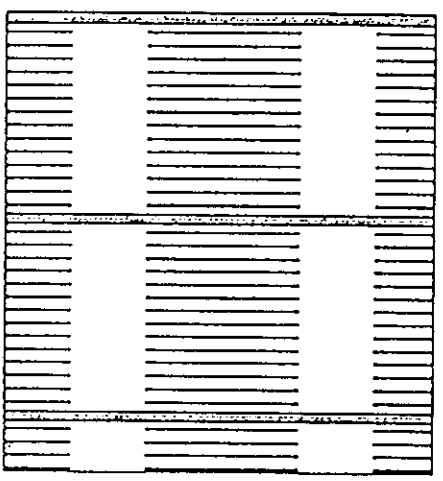
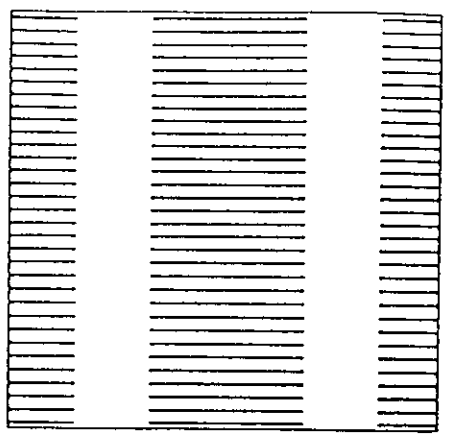


FUROS E FENDAS TIPO "L"



Siebmuster für Schlitzsiebkörbe

Vertraulich, alle Rechte vorbehalten, DMI 34.
Confidential, all rights reserved, DMI 34.
Confidencial, reservados todos os direitos, DMI 34.

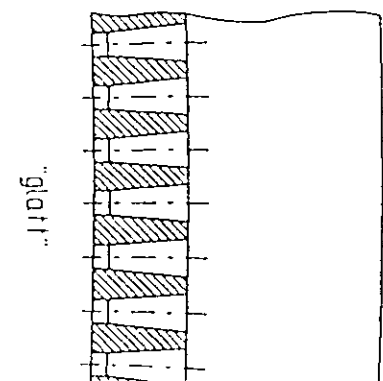
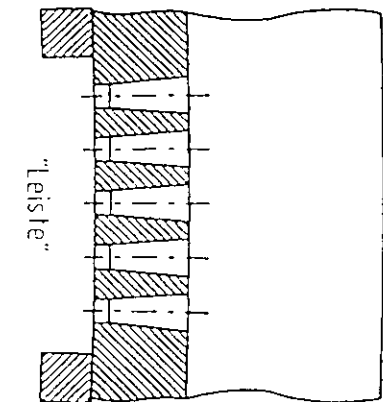
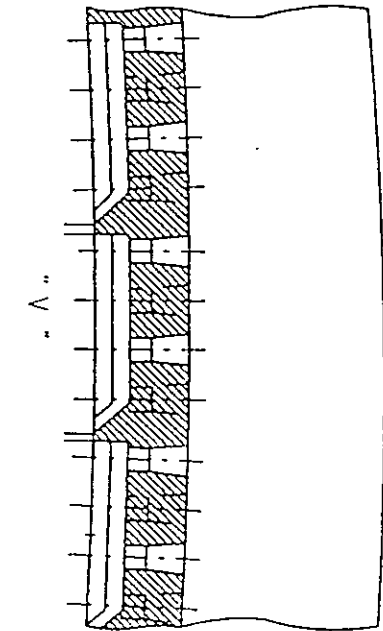
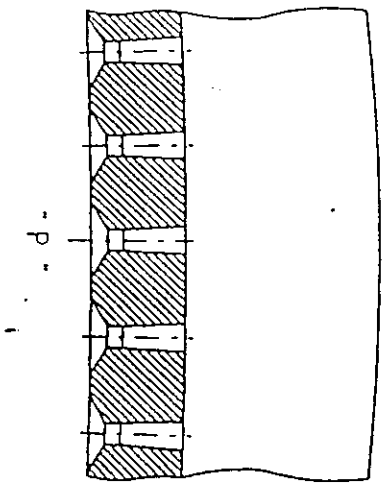
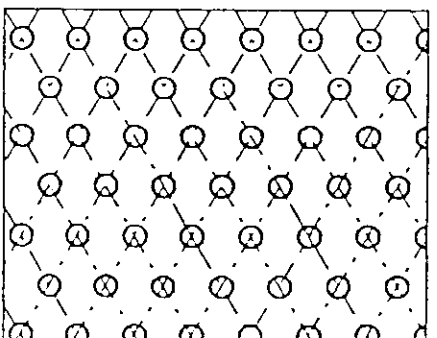
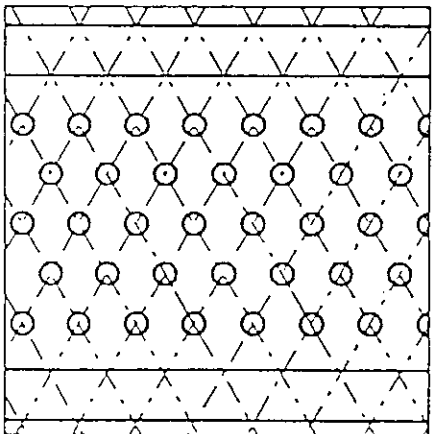
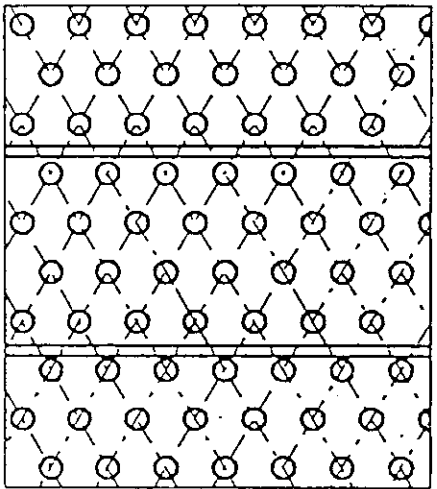
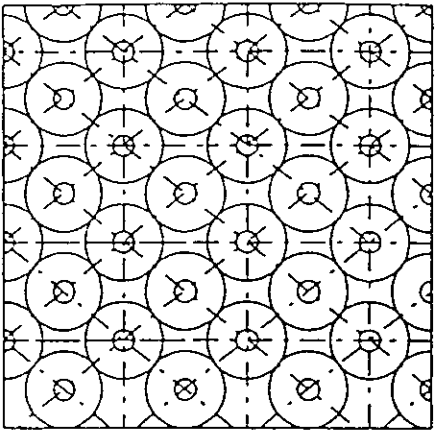


Rotordrehrichtung →

"C-Bar"

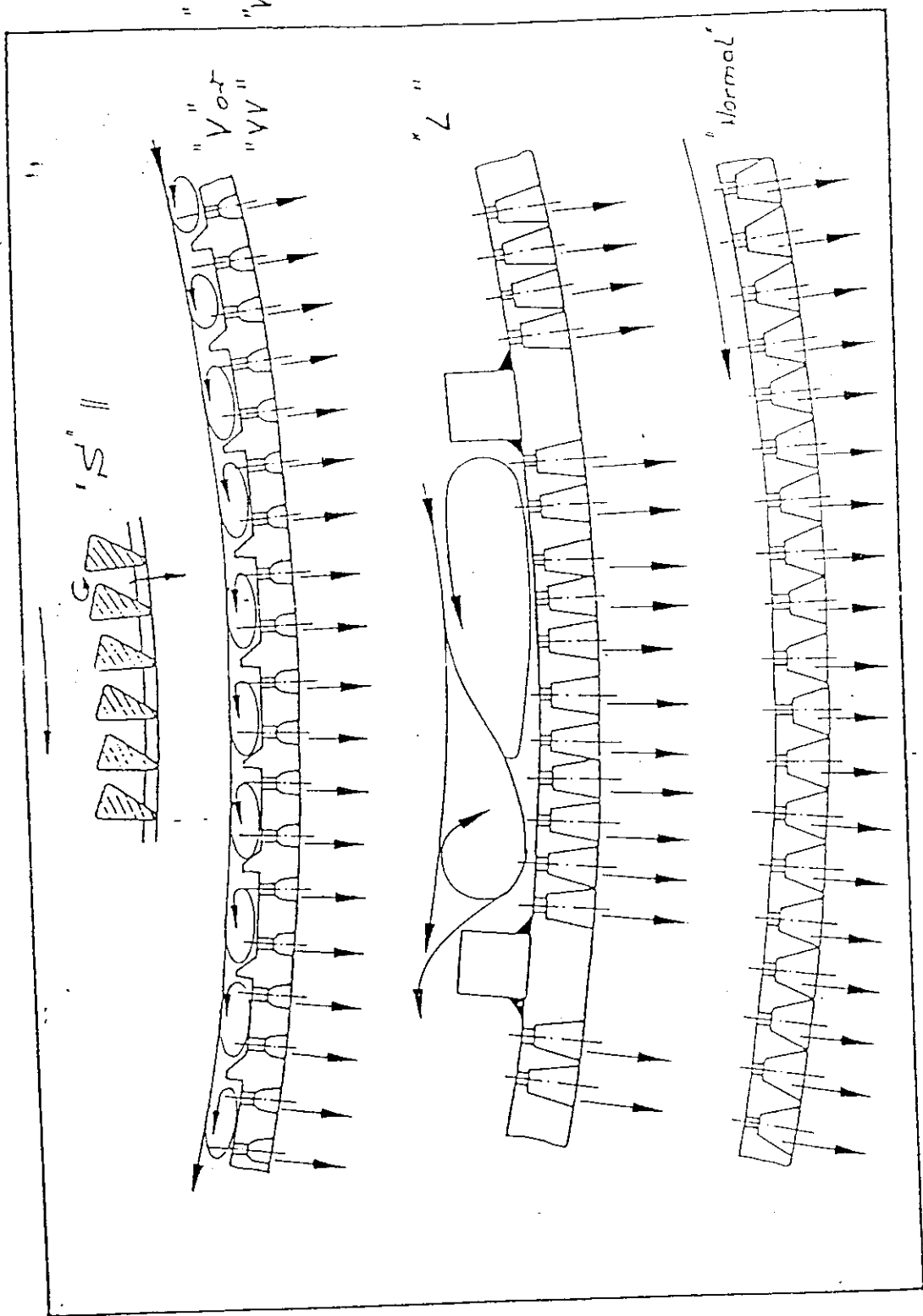
VOITH

Siebmuster für Lochsiebkörbe



Rotordrehrichtung
↑

"V" für ϕ
"VV" für II



und der Suspension am Siebloch

Abb. 1 a

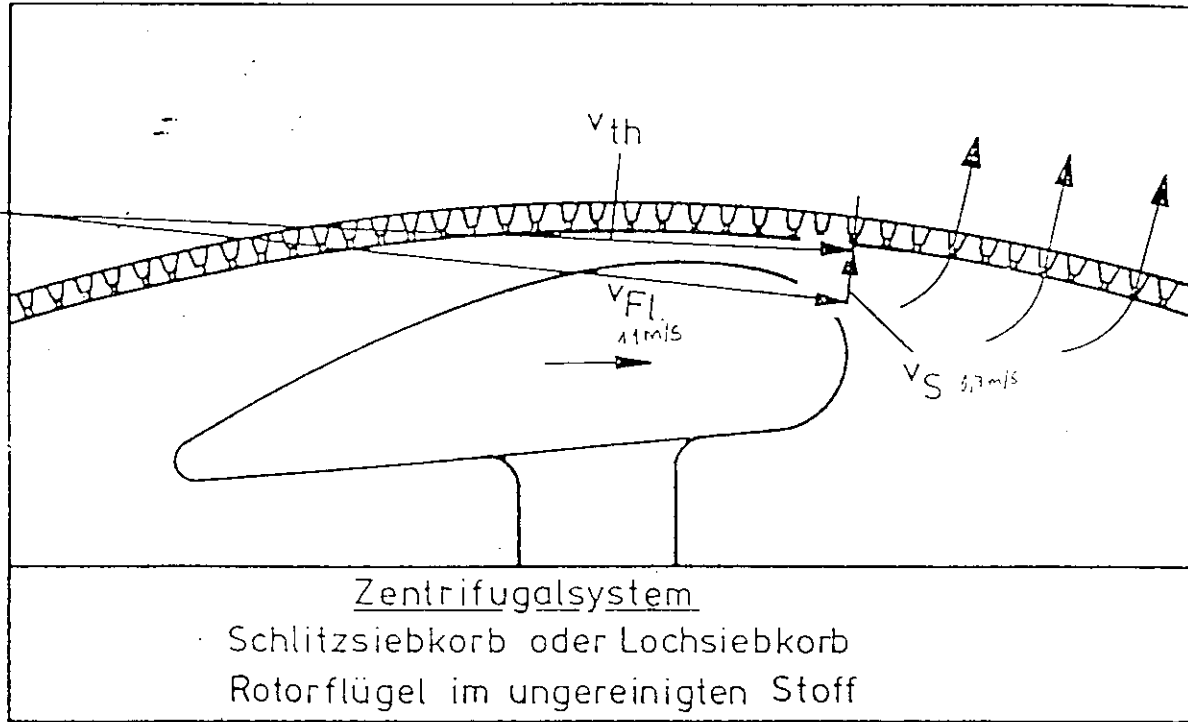
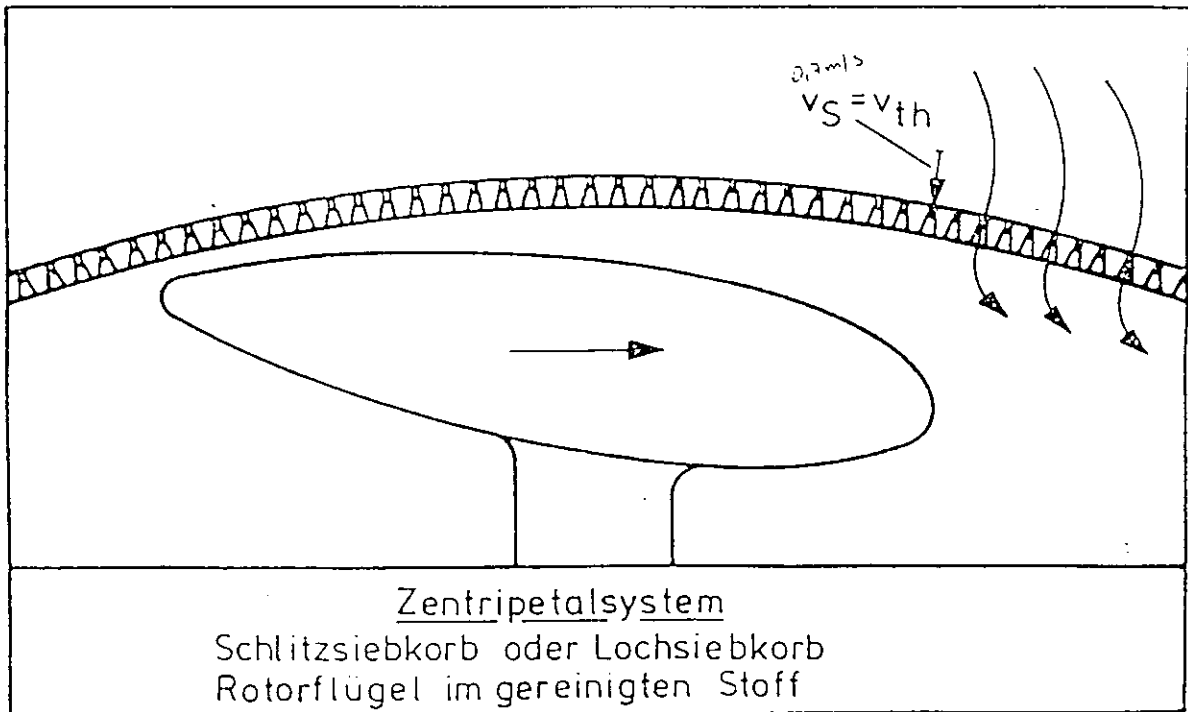


Abb. 2 a



v_{FL} = Flügelgeschwindigkeit · ca. 11 m / s

v_S = Suspensionsgeschwindigkeit am Locheintritt bei 25%
freier Siebfläche ca. 0,7 m / s

v_{th} = Theoretische Anströmgeschwindigkeit am Siebloch m/s

Vertikalsichter

Zentrifugaler und zentripetaler Durchfluß

Abb. 1

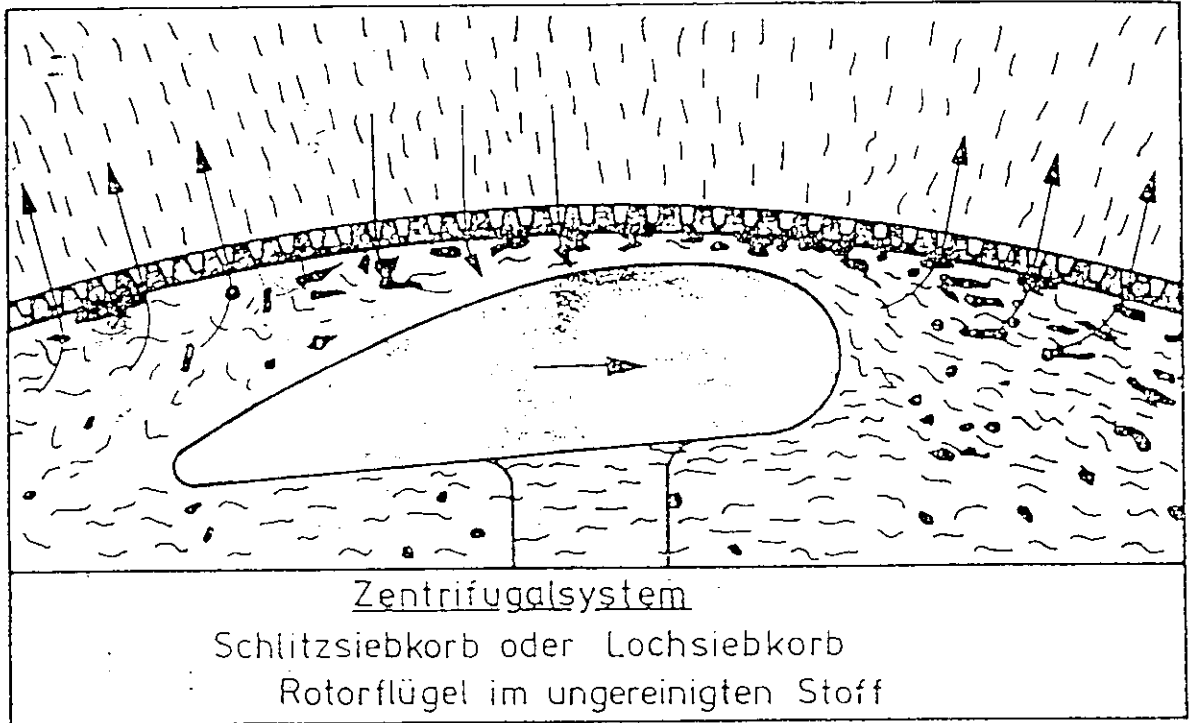
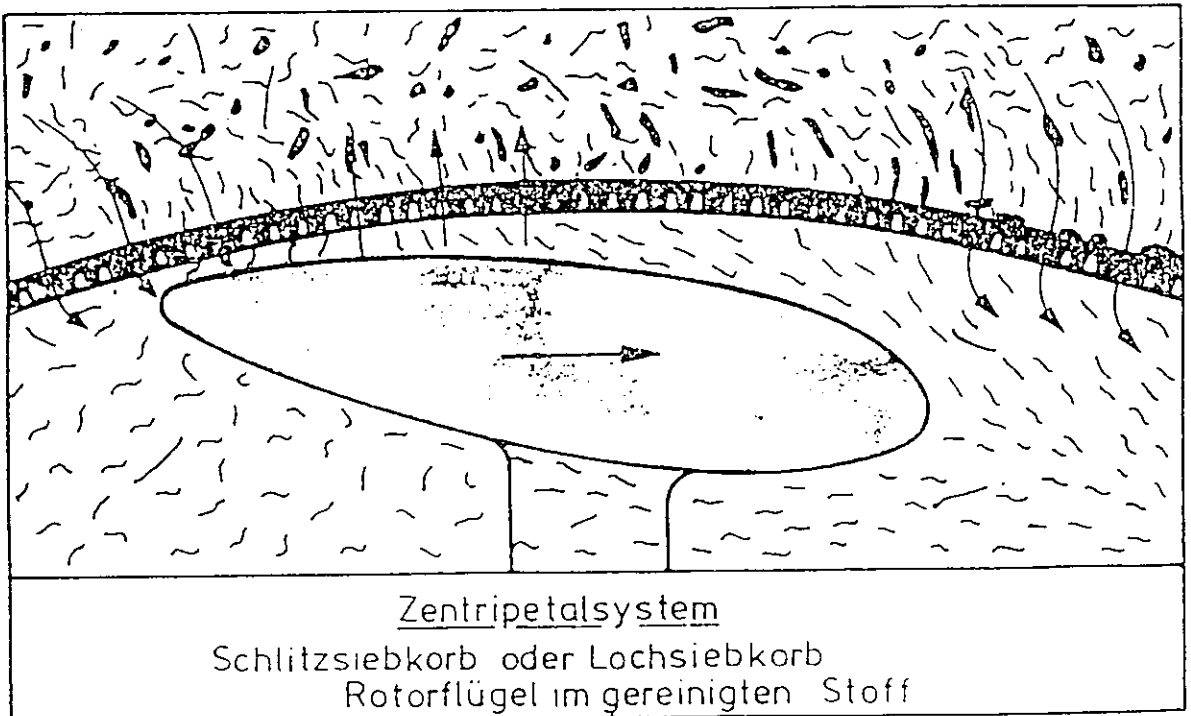


Abb. 2



DEPURADORES COM FENDAS
REMOVEM PEQUENOS CONTAMINANTES
DO SISTEMA DE QUEBRAS DA MP

Mr. Oliver Heise

Especialista de produtos, depuração e equipamentos de
limpeza, da Voith-Sulzer Appleton Inc., Wisconsin

SINOPSE

É inevitável a entrada de pequenos contaminantes em sistema de quebras e de massa e água ("approach flow"), exigindo métodos de depuração pressurizada, especiais para uma remoção eficiente.

Este trabalho mostra o recente desenvolvimento de depuradores pressurizados que são equipados com cestas, fendas e que permitem atacar, com sucesso, o problema dos adesivos (stickies), que pertencem ao tipo de contaminantes pequenos.

Fontes de contaminação

A contaminação interna, em uma fábrica de papel, pode ser encontrada em áreas onde o pessoal se envolve na manipulação das quebras e refugos. Essa contaminação é um problema para a administração da empresa, porque não é controlável através de diretrizes e esforços humanos. O pequeno tamanho dos contaminantes torna seu controle muito difícil.

Os dispositivos usados na manipulação de quebras, fragmentos de rolos transportadores e equipamentos complexos, para transformação na sala de acabamento, muitas vezes dificultam a detecção da principal fonte de contaminação. As máquinas modernas, que operam a altas velocidades, são muito sensíveis a grandes quantidades de refugos contaminados, provenientes das salas de acabamento ou da instalação de conversão e o resultado são quebras freqüentes, se o problema não for controlado, corretamente.

A forma mais segura de prevenir a contaminação das quebras, é adotar elevados padrões de limpeza, nas áreas das aberturas para quebras e não permitir que matérias estranhas penetrem no sistema. Contudo, nem mesmo precauções extremas na manipulação das quebras e refugos, evitarão um súbito aumento de contaminantes pequenos, o que significa, praticamente, impossibilidade de fazer a folha chegar à enroladeira.

Classificação (depuração) na MP

Em fábricas de papel, que usam celulose virgem, o único sistema de classificação na fábrica, é geralmente o depurador pressurizado de máquina, seguido de uma peneira vibratória. Os sistemas de depuração da MP, têm as seguintes características típicas:

- As cestas dos depuradores verticais são dotadas de furos, relativamente grandes; normalmente, diâmetro dos furos são de 1,6mm ou mais.

- O dispositivo seguinte é, em geral, uma peneira vibratória que, em muitos casos, é dotada de furos maiores do que os do depurador primário, para dar conta do fluxo. Alguns dos contaminantes, relativamente grandes, que passaram pelo depurador primário podem, provavelmente, atravessar os furos maiores da peneira vibratória e serem reintroduzidos no sistema. Pode ocorrer no sistema um lento aumento de certos contaminantes.

- Acima da faixa de 30.000 l/min, na alimentação da caixa de entrada, recomenda-se um sistema de depuração de 3 estágios. Um fluxo mínimo de rejeitos no depurador primário, de 5 a 10% em volume, é adequado. Um fluxo de rejeitos de 3.000 l/min requer um depurador vertical secundário, independentemente de tamanho dos furos e fluxo de rejeitos. A instalação de uma peneira vibratória pode resultar na necessidade de até duas unidades com furos maiores do que os estágios pressurizados anteriores, diminuindo, assim, o rendimento geral do sistema de classificação.

Pequenas partículas plásticas têm, em geral, uma forma bidimensional. Se uma partícula plástica começar a enrolar, devido ao impacto da temperatura da massa e passar através de um furo da cesta-peneira, com 1,0 mm, o sistema de depuração estará em dificuldades.

Algumas fábricas de papel relatam que certas partículas plásticas tendem, devido a temperatura da massa (faixa de 55°C), a modificar a sua forma, passando a tridimensionais.

Uma fenda (numa cesta-peneira) retém uma partícula cúbica com maior eficácia do que um furo.

Uma solução para o problema dos contaminantes pequenos é substituir as cestas-peneiras com furos por cestas-peneiras com fendas. Na maioria dos casos, isto reduzirá o fluxo através do depurador vertical.

Um dos parâmetros que tem impacto sobre o fluxo, através de um depurador vertical, é a área aberta da cesta-peneira.

Se uma cesta peneira com furos 1,6mm for substituída por uma cesta com fendas de 0,35mm, deve-se contar com uma redução da área aberta de, aproximadamente, 50%. A substituição das cestas é possível se o depurador ainda possuir uma capacidade de fluxo suficiente.

Além disso, todo o sistema de depuração deve ser modificado para um sistema de três estágios, eficiente, onde o depurador final, também é pressurizado e opera, intermitentemente, para remover contaminantes do sistema.

A solução mais eficaz, para aumentar o rendimento da classificação é ter dois sistemas separados e equipados com cestas que possuem fendas e com furos, respectivamente.

Fendas não são uma solução para todos os tipos de contaminantes pequenos. A experiência tem mostrado que objetos bidimensionais, tais como partículas plásticas finas e chatas, podem se alinhar e passar através de uma fenda, mas não através de um pequeno furo redondo.

Depuração de quebras e da massa

Se o problema dos contaminantes se limitar a quebras, essa massa pode, primeiramente, ser depurada sozinha, num sistema separado, antes de se juntar ao sistema de depuração da MP. Esse sistema de depuração em separado, para quebras, consistem num depurador de massa grossa, seguido de depuradores verticais (pressurizados) com fendas. O depurador de massa grossa é usado para proteger a cesta peneira.

Se o problema de contaminação afetar celuloses virgens, então toda massa deve ser, primeiramente, depurada com depuradores pressurizados com fendas, antes de entrar no sistema de depuração da máquina de papel. Neste último sistema a massa boa, dos depuradores secundários com fendas e a massa proveniente dos depuradores secundários da MP, unem-se e alimentam um terceiro depurador com fendas, com massa boa, recirculada para o início do sistema e rejeitos seguidos por um depurador intermitente, de fendas. Recomendamos que qualquer sistema de depuração com fendas, deve ser protegido por um depurador de massa grossa.

Contaminantes pesados podem provocar saliências nas cestas-peneiras, o que pode provocar quebra da cesta.

O ideal seria instalar um depurador pressurizado com furos, entre o depurador de massa grossa e o depurador com fendas, do primeiro estágio. O custo dessa instalação só se justifica se a fábrica de papel não for capaz de controlar o problema de contaminantes pesados, pois a substituição freqüente de cestas-peneiras com fendas, torna, economicamente, inviável a sua instalação.

A depuração das quebras é feita na faixa de consistência 3-4%. O depurador pressurizado deve ser equipado com uma cesta-peneira com fendas de 0,35mm no primeiro estágio - essas têm tamanho suficiente, para peneirar quebras. Fendas menores no depurador primário, podem exigir mais HP ou uma unidade de tamanho maior. Uma vez que a taxa de rejeitos do depurador primário está na faixa de 5 a 10% em volume, é possível equipar os depuradores secundário e terciário com fendas de 0,25mm, devido aos pequenos fluxos.

Para evitar perda de fibras, o depurador do terceiro estágio deve ser projetado para operar, intermitentemente, com as fibras boas, passando pela cesta, antes dos rejeitos serem descarregados para o esgoto. O depurador pressurizado opera passando por três ciclos distintos:

- No ciclo de alimentação a massa é alimentada, continuamente, para o depurador e a massa boa é descarregada continuamente.
- No ciclo de lavagem, a água para lavagem é bombeada para dentro do depurador, para remover, por lavagem, as fibras restantes na cesta. Durante esse ciclo, a válvula de alimentação está fechada.
- No ciclo de descarga, rejeitos isentos de fibras são descarregados por meio de água de lavagem.

Experiência de uma fábrica de papel

Uma fábrica de papel com quebras da folha, especialmente na prensa de colagem e seção das prensas, descobriu que elas eram causadas, principalmente, por contaminantes.

Das quebras causadas por contaminantes, aproximadamente, 90% ocorriam na prensa de colagem, com apenas 10% ocorrendo nas prensas. Depois de examinar o produto final e amostras tiradas de quebras de folhas, ficou claro que pequenos contaminantes estavam deslocando massa na folha, ao passar pela prensa úmida. O reumedecimento da folha na prensa de colagem, em conjunto com um pequeno furo causado por uma partícula, enfraqueciam a folha a tal ponto, que era muito possível ocorrer uma quebra.

Fig. 1: Improved paper machine screening system

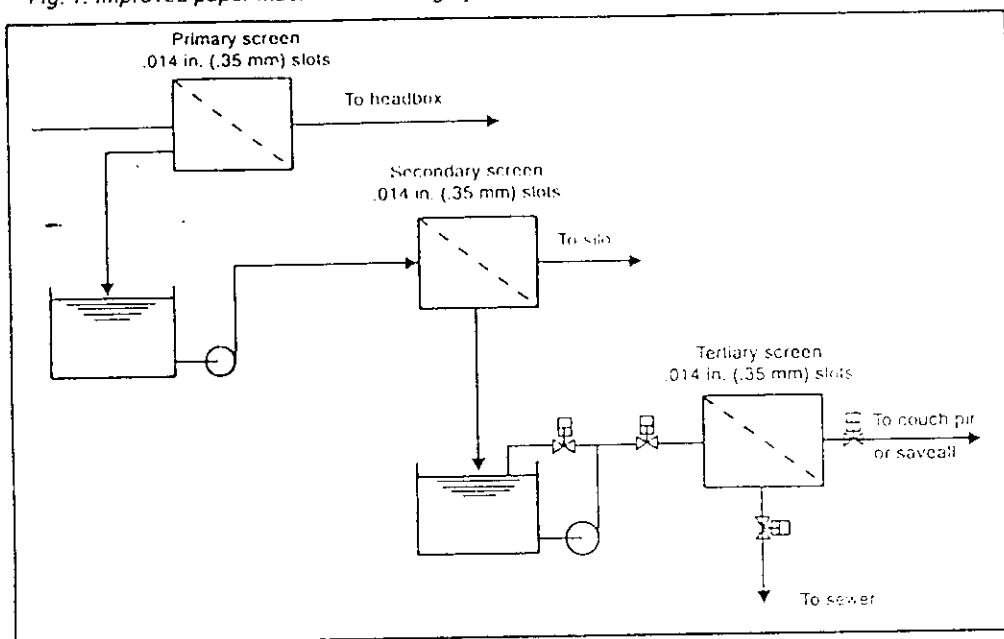


Fig.1 - Sistema aperfeiçoado de depuração da M.P.

- a) Depurador primário
- b) Para caixa de entrada
- c) Depurador secundário (.35 mm) fendas
- d) Para tanque de água branca
- e) Depurador terciário (.35 mm) fendas
- f) Para o couch-pit ou recuperador
- g) Para o esgoto

Fig. 2: Broke screening system

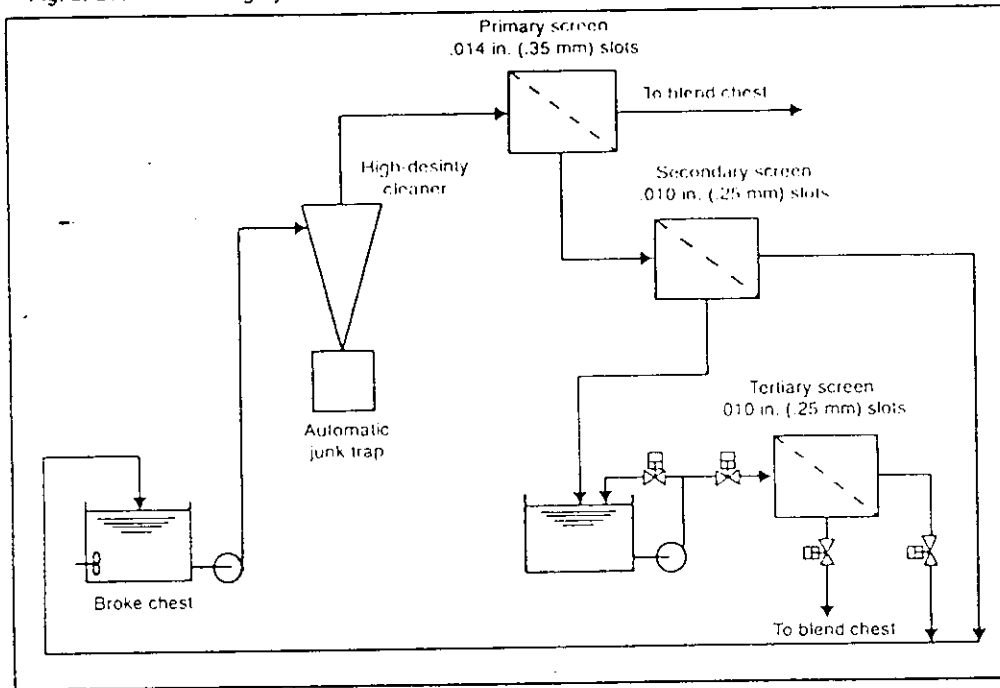


Fig.2 - Sistema de depuração de quebras

- a) Depurador primário (.35 mm) fendas
- b) Para tanque de mistura
- c) Depurador de massa grossa
- d) Depurador secundário (.25 mm) fendas
- e) Coletor automático de impurezas
- f) Depurador terciário (.25 mm) fendas
- g) Para o esgoto
- h) Tanque de quebras

Fig. 3: Mainstream broke and screening system

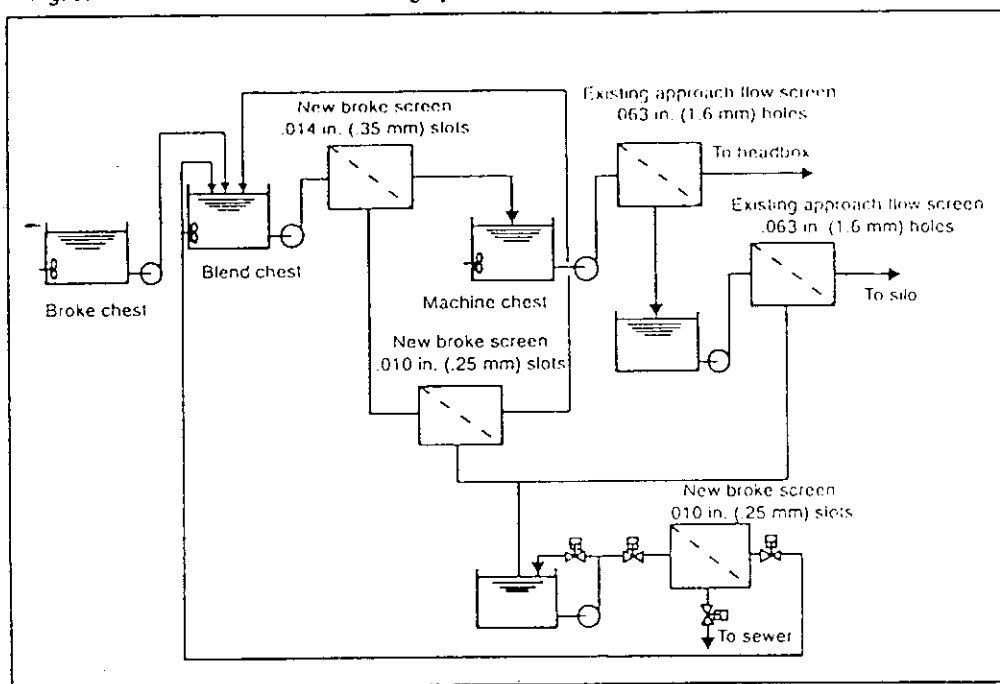


Fig.3- Fluxo principal de quebras e sistema de peneiramento

- a) Depurador novo para quebras (.35mm) fendas
- b) Depurador existente do "approach flow" (1.6mm) furos
- c) Para caixa de entrada
- d) Depurador existente do "approach flow" (1.6mm) furos
- e) Para o tanque de água branca
- f) Tanque de quebras
- g) Tanque de mistura
- h) Tanque da Máquina
- i) Depurador novo para quebras (.25 mm)
- j) Depurador novo para quebras (.25) mm)
- l) Para o esgoto

Tornou-se evidente que o depurador pressurizado existente, com furos de 3mm, não era capaz de reter contaminantes finos, que eram introduzidos no sistema, principalmente, através do desagregador da sala de acabamento. Para encontrar uma solução a curto prazo, a cesta do depurador pressurizado foi trocada, para fendas de 0,45mm.

Os rejeitos foram para uma peneira vibratória com furos de 2mm. Esta solução, a curto prazo, melhorou a operabilidade da máquina, provando, assim que a solução era usar cestas-peneiras de fendas.

A fábrica de papel solicitou então, uma solução a longo prazo. Foi instalado um sistema de depuração de quebras Voith, com fendas de três estágios. Para minimizar a perda de fibras, o depurador ao último estágio é um depurador com lavagem tipo Spectro. O Spectro Screen é um depurador vertical, recentemente desenvolvido pela Voith, destinado a operar dentro da faixa de consistência média, para instalações de tratamento de aparas de papel e sistemas de quebras. Os tamanhos das fendas das cestas, estão dentro da faixa de 0,25 a 0,35 mm. São possíveis furos de até 1mm, no mínimo.

Um efeito secundário da instalação do sistema de depuração de quebras, foi uma melhora significativa, da qualidade da folha. Antes da instalação do sistema de depuração de quebras, com fendas, eram encontradas partículas pequenas na folha acabada.

Conclusões

A depuração das quebras é uma nova aplicação para depuradores pressurizados com fendas. Essa depuração pode aumentar a operabilidade das máquinas de papel e melhorar a qualidade da folha.

NOVOS AVANÇOS EM DEPURAÇÃO COM APLICAÇÃO NA RECICLAGEM DE PAPEL

Resumo:

A Tecnologia para reciclagem de papel tem tido avanços consideráveis em vista da crescente pressão de governos e mercados para que aumente o uso de fibras recicladas na massa a ser utilizada para fabricar papéis e cartões.

Grande importância tem sido acordada ao processo de destintado com flotação. A VOITH tem também se preocupado com a pré-classificação e classificação fina com o desenvolvimento de um novo equipamento classificador (SPECTRO SCREEN D®) e da cesta-peneira C-Bar.

O objetivo deste trabalho é apresentar as características principais desses novos produtos, incluindo os fundamentos tecnológicos que levaram ao seu desenvolvimento. É discutida também a inserção das operações unitárias de pré-classificação e classificação fina, com os respectivos equipamentos, dentro de processos de preparação de massa.

INTRODUÇÃO

Tem sido dada muita atenção ao processo de flotação para separação de partículas de tinta de impressão de suspensões fibrosas. A importância deste assunto cresce com uso de papel reciclado. A tecnologia VOITH nesta área foi publicada com os trabalhos de Pfalzer [1] e de Ortner e Bergfeld [2]. A VOITH também oferece vários equipamentos com aplicação na classificação e fracionamento, necessários para plantas de preparação de massa. Nos campos da pré-classificação e da classificação fina, foram feitos progressos com o desenvolvimento do novo equipamento classificador (SPECTRO[®] SCREEN D) e de cestas-peneiras (tipo C-Bar e tipo S), apresentados a seguir.

Este trabalho é dividido em 3 partes. Na primeira parte é discutida a pré-classificação, sendo apresentado o SPECTRO[®] SCREEN D e a cesta peneira tipo S. A classificação fina é discutida na segunda parte com a apresentação da cesta peneira C-Bar. Este trabalho se encerra com uma consideração final dos tópicos principais.

1. PRÉ - CLASSIFICAÇÃO COM SPECTRO[®] SCREEN D E CESTA PENEIRA TIPO S

O eficaz funcionamento de um classificador é basicamente influenciado pelo projeto do seu rotor e da cesta peneira. Nesta parte serão abordados os fundamentos da tecnologia de classificação, geometria e comportamento hidráulico da cesta peneira. É mostrado como os fundamentos de classificação eficiente foram implementados a nível industrial no SPECTRO[®] SCREEN D e a integração deste equipamento em uma planta industrial. Neste texto serão apresentados os conceitos mais importantes, não sendo discutidos métodos para avaliação dos resultados, que se encontram no texto de Rienecker [3]. Ficam definidos os fatores de eficiência:

$$\zeta_R [\%] = 100 \left(1 - \frac{G_A \cdot R_A}{G_E \cdot R_E} \right) \quad \zeta_K [\%] = 100 \left(1 - \frac{G_A \cdot K_A}{G_E \cdot K_E} \right)$$

1.1 Fundamentos da tecnologia de classificação - Apresentação da Cesta Peneira tipo S

Para evitar a redução de tamanho dos rejeitos leves e perturbações nos equipamentos seguintes, rejeitos leves devem ser removidos o mais cedo possível após o processo de desagregação e sua classificação grosseira. Esta classificação convenientemente deve ocorrer com consistência média de 3 a 3,5%. Devido ao reduzido fluxo volumétrico, os classificadores pressurizados para médias consistências (2 a 4%) permitem a utilização de menores equipamentos e bombas em comparação com classificadores operando com consistências mais baixas (1 a 1,5%). A seguir são discutidos os efeitos da perfuração da peneira, da velocidade tangencial do rotor, da velocidade de passagem pela peneira e da consistência. Ao abordar o efeito da perfuração da peneira, a superioridade da cesta peneira tipo S é apresentada.

1.1.1 Efeito da perfuração da peneira

Uma planta com classificação eficiente requer classificação com furos e com fendas, geralmente nesta seqüência. É de supra importância uma análise cuidadosa da aplicação para a correta seleção do tipo da cesta peneira em uma instalação. Em princípio vale a regra básica que para partículas planas (ex: flocos, rejeitos longos e finos, palitos, aglomerados de fibras, elementos contaminantes leves que formam películas, impurezas pesadas, etc) é necessária a peneira com furos e para partículas cúbicas (ex: fragmentos de plástico duro, partículas de borracha, casca de madeira, estirópor, elementos contaminadores pegajosos, "hotmelts", etc) é necessária a peneira com fendas, a ser abordada neste trabalho. A figura 1 mostra formas convencionais de cestas.

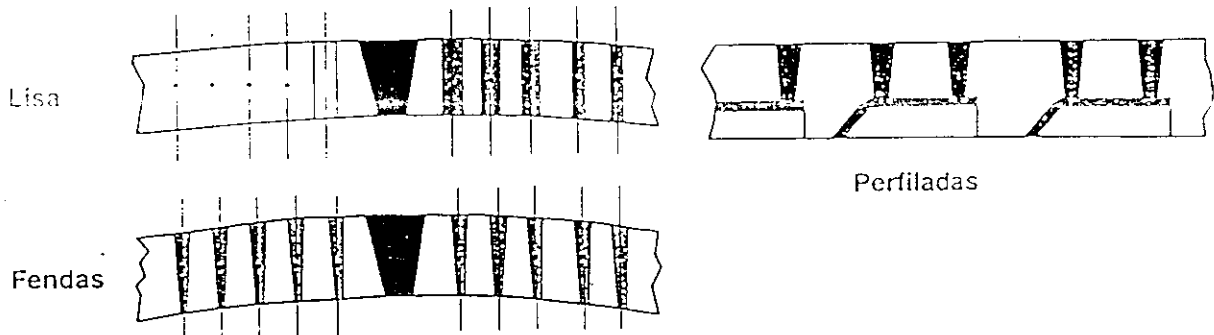


Figura 1: Diferentes tipos construtivos de cestas peneiras.

Abaixo é analisado o importante efeito da perfuração da cesta peneira na classificação.

(a) A perfuração da peneira deve ser tão estreita quanto possível. A figura 2 mostra claramente o efeito de diferenças na largura de fendas, mesmo que estas sejam pequenas.

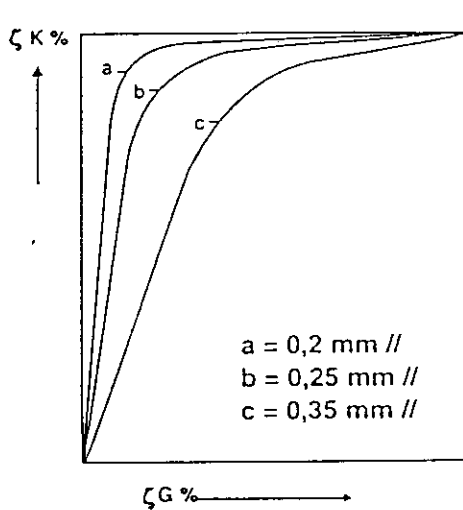


Figura 2: Aumento na eficiência na remoção de "stickies" com redução da largura das fendas.

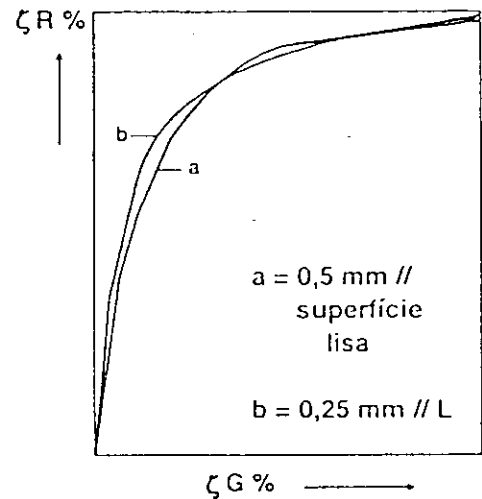


Figura 3: Comparação na eficiência de remoção de impurezas entre cesta lisa e perfurada tipo L.

(b) O projeto da perfuração da peneira deve ser otimizado. A figura 3 mostra por exemplo a pequena diferença que pode existir entre uma cesta com fendas lisa e uma cesta perfilada fortemente mesmo com diferente largura de fenda. A figura 4 mostra uma comparação entre uma cesta fortemente perfilada (tipo L) e uma finamente perfilada (tipo S), ambas com fendas de mesma largura, indicando a superioridade da cesta com fendas do tipo S e a desvantagem de forte perfilamento. A figura 5 mostra o perfil e o comportamento do fluxo na cesta do tipo S.

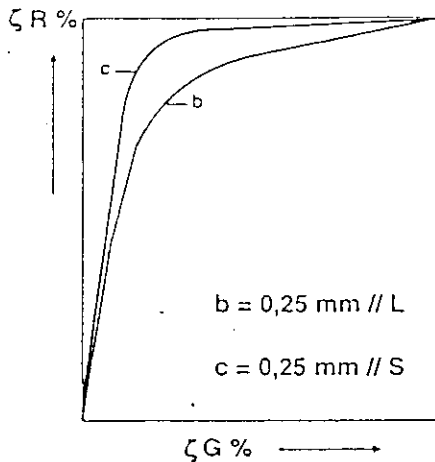


Figura 4: Comparação na eficiência de remoção de impurezas entre cestas de perfil S e L com mesma abertura de fenda.

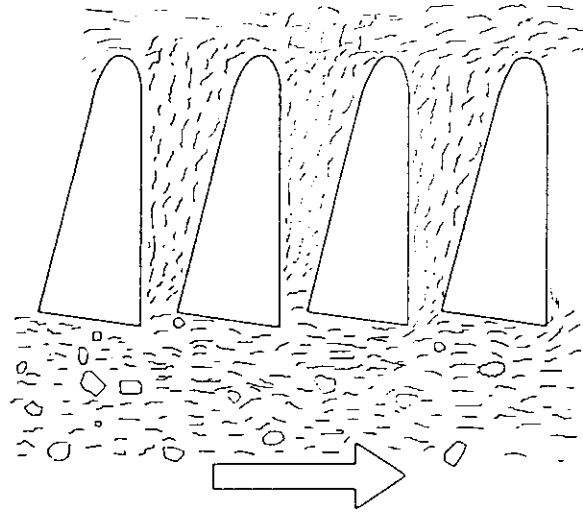


Figura 5: Peneira de classificação de fendas perfiladas (Cesta Peneira tipo S).

1.1.2 Efeito da velocidade tangencial do rotor

É necessário definir a velocidade tangencial ótima devido aos fatos abaixo:

- (a) Uma velocidade tangencial mais alta é requerida de um equipamento operando com média consistência do que com baixas consistências.
- (b) Uma alta velocidade tangencial implica em aumento da vazão com redução do efeito de fracionamento, isto é verificado pela concentração de fibras longas no rejeito.
- (c) Uma baixa velocidade tangencial é vantajosa para obter boa eficiência de classificação, como mostra a figura 6.
- (d) Uma baixa velocidade tangencial acarreta em menor potência requerida pelo rotor. Com o aumento da velocidade do rotor, a capacidade aumenta mais do que proporcionalmente com o consumo de potência do motor e o consumo específico de energia cai.

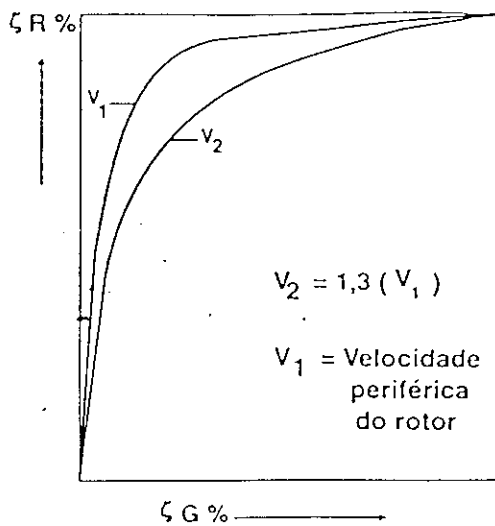


Figura 6: Comparação de eficiência de remoção de impurezas em função da velocidade tangencial.

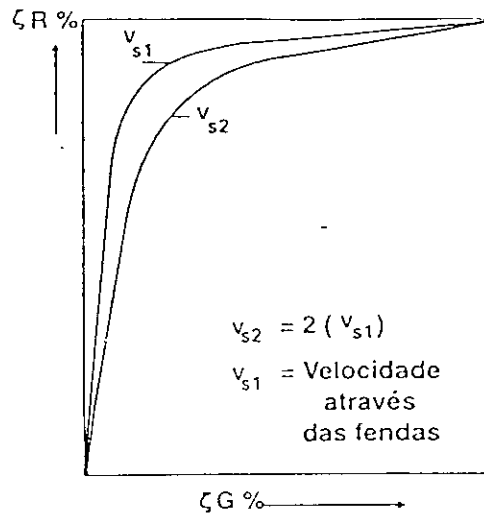


Figura 7: Comparação de eficiência da remoção de impurezas em função da velocidade através das fendas da peneira.

1.1.3 Efeito da velocidade de passagem pela peneira:

Existe um compromisso entre classificação eficiente e alta produção:

(a) Dada uma área de cesta peneira, uma velocidade de passagem reduzida acarreta uma produção menor.

(b) Uma alta eficiência de classificação exige uma baixa velocidade através da peneira (figura 7). Esta velocidade deve ser menor do que 0,7 m/s em cestas com fendas. Comparando medições feitas sob mesmas condições nas figuras 6 e 7, com a duplicação da capacidade, as perdas de eficiência aumentam, embora as diferenças entre as velocidades nas fendas sejam consideráveis. Assim, o aumento da rotação influi mais sobre a eficiência do que a variação na velocidade de passagem pela peneira, indicando necessidade de baixa velocidade tangencial do rotor.

1.1.4 Efeito da consistência de operação na peneira

O rotor tem que gerar um vácuo que seja maior do que a diferença de pressão que se estabelece na peneira. Um aumento da consistência acarreta um aumento da "resistência à filtração", levando a um aumento de pressão. Uma redução na consistência aumenta a vazão hidráulica, resultando em maiores perdas de carga através das perfurações da peneira, levando também a um aumento de pressão. Desta forma, existe uma "consistência ótima" para qual é mínima a velocidade necessária do rotor para manter a peneira livre. Deve ser acrescentado que ao aumentar a consistência, a influência da maior consistência na região inferior da peneira na capacidade torna-se mais pronunciado (a ser abordado no tópico 1.2).

Concluindo o tópic 1.1, os efeitos descritos mostram que exigências de alta eficiência de classificação com alta vazão específica e baixo consumo de energia específica são contraditórias. Igualmente, a largura de fenda não é decisiva para se obter um bom resultado de classificação. A meta em comum é o desejo por uma grande área aberta da cesta peneira. Isto significa a fabricação de uma cesta muito delicada no caso de fendas estreitas.

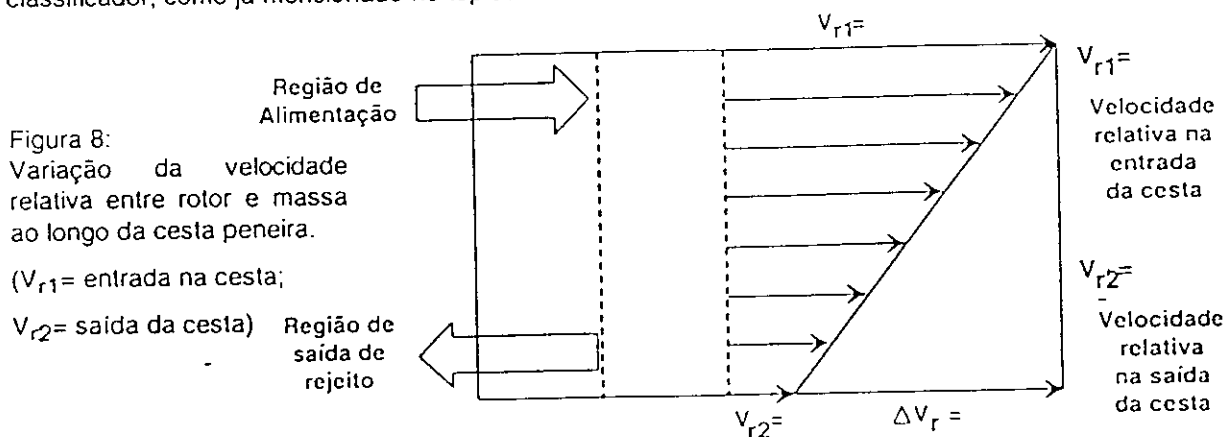
1.2 Geometria da cesta peneira e comportamento hidráulico na superfície

Para uma baixa velocidade relativa entre massa e rotor em cestas lisas é necessária uma alta velocidade tangencial do rotor para manter a peneira livre. Como a solitação mecânica da cesta peneira cresce exponencialmente com o aumento da rotação do rotor, devem ser fabricadas cestas muito estáveis, trabalhosas e caras, que acabam forçando uma redução da área aberta. Um outro caminho para solucionar o problema da resistência é reduzir a altura livre, não apoiada, da cesta peneira. Apoiando a cesta na metade de sua altura é reduzida a solitação mecânica em 75 % ! Esta execução é praticamente impossível por causa da possibilidade de estreitamento da câmara de aceito, por causa de entupimentos e formação de tranças, como também pela dificuldade de montagem e desmontagem. Também não é possível reduzir a rotação do rotor devido à conseqüente redução da produção e da consistência possível.

O comportamento hidráulico da superfície da cesta peneira é definido pela velocidade relativa entre o rotor e a massa e pela carga específica da peneira, como visto a seguir:

(a) Velocidade relativa entre rotor e a massa

A velocidade relativa determina a força que arranca as fibras da peneira, aonde aderem por causa da queda de pressão (Δp) (ver figura 8). A velocidade relativa é máxima na região de entrada da cesta peneira e diminui ao longa desta até a região do rejeito, o significa que o efeito arrancador do rotor vai diminuindo. A velocidade relativa poderia ser mantida com baixa rotação do rotor usando elementos frenantes na cesta-peneira. Entretanto cestas fortemente perfiladas podem apresentar pior efeito classificador, como já mencionado no tópic 1.1.1.



(b) Carga específica da peneira

Como mostrado na figura 9, a vazão específica (equivalente à carga específica da peneira) diminui ao longo da cesta. Na região de entrada, a vazão é alta sendo reduzida em direção ao rejeito. Como valor indicativo, na metade superior da cesta peneira passam 70% da vazão de aceito total. Isto é confirmado por um engrossamento crescente na região inferior da cesta (figura 10) com consistência mais alta acarretando uma produção menor, conforme já mencionado em 1.1.4..

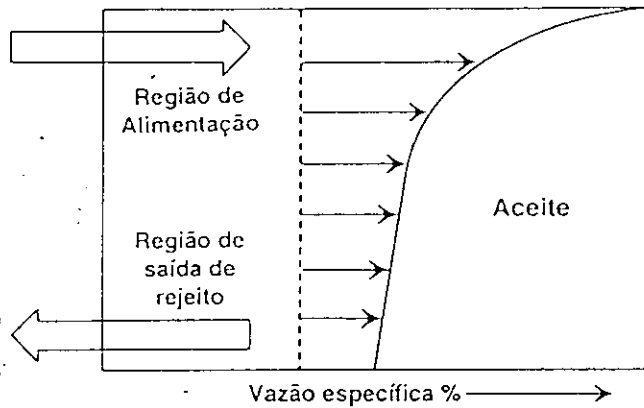


Figura 9: Variação da vazão específica ao longo da cesta peneira.

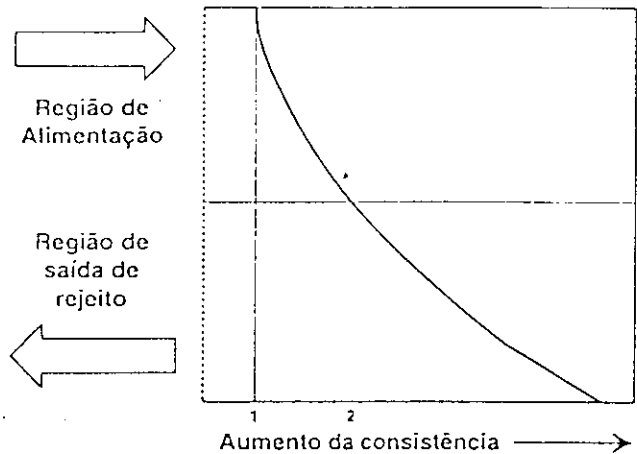


Figura 10: Variação da consistência ao longo da cesta peneira.

A conclusão deste tópico 1.2 é que cestas de pequena altura devem ser empregadas pois:

- uma alta carga específica é possível.
- maior resistência a solicitações alternadas, permitindo cestas com fendas mais estreitas.
- reduz efeito desfavorável do perfil de consistência entre a região superior e inferior da cesta.

Devendo ser salientado que em comparação com uma cesta peneira convencional com relação diâmetro para altura de aprox. 1 : 1, a área de peneira será menor para o mesmo diâmetro.

1.3 Implementação a nível industrial - Apresentação do SPECTRO[®] SCREEN D.

Caso seja reduzida a cesta peneira de um dado equipamento à metade de sua altura, mantendo o seu diâmetro, seriam necessários dois equipamentos ou então um equipamento com diâmetro maior de cesta peneira. Ambos exigem um maior investimento em equipamentos, além do fato que maiores diâmetros exigem eixos mais grossos, mancais maiores e acionamentos mais caros por causa da baixa rotação e da maior espessura de parede da carcaça.

Aplicando os fatos positivos relatados no tópico 1.2 e evitando desvantagens, surgiu um classificador pressurizado absolutamente novo: o SPECTRO[®] SCREEN D usado em médias consistências. A característica principal deste equipamento é que duas cestas peneiras são montadas em paralelo com fluxo centrífugo.

A figura 11 mostra um corte esquemático deste classificador. Pontos principais a identificar:

- (a) Duas cestas, uma montada sobre a outra
- (b) Uma entrada única, dividindo dois fluxos de massa (isto é, um fluxo para cada cesta)
- (c) Uma saída de aceite única.
- (d) Uma saída independente de rejeito para cada cesta peneira.
- (e) Carga específica da cesta peneira neste equipamento:
 - na região da entrada há dois pontos ótimos, isto é, um em cada cesta-peneira (figura 12)
 - redução da vazão específica em direção ao fim da cesta é menor do que no equipamento mono-cesta por causa da altura reduzida.

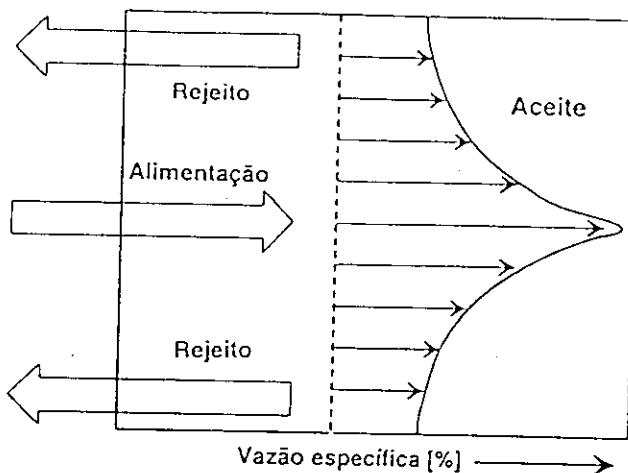
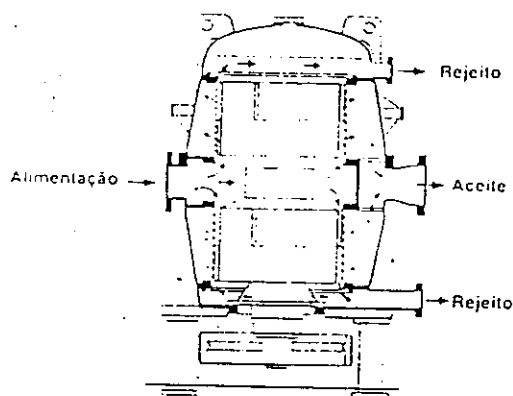


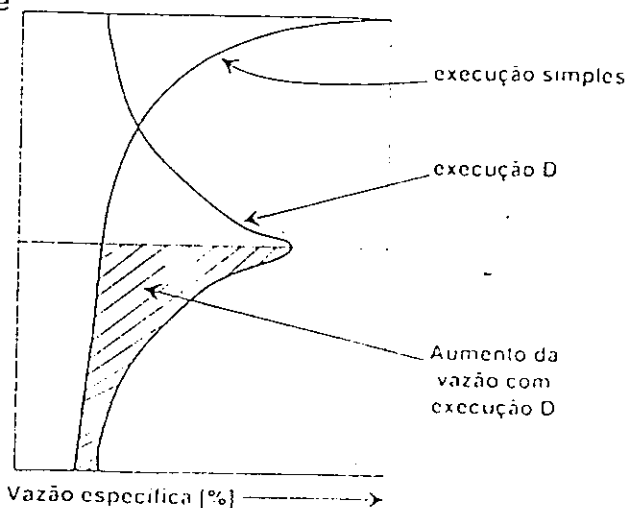
Figura 11: Corte esquemático do SPECTRO® SCREEN D.

Figura 12: Vazão específica do SPECTRO® SCREEN D - Variação ao longo da cesta peneira.

O SPECTRO® SCREEN D com mesma altura total de cesta peneira (isto é, com mesma área da peneira) de um equipamento mono-cesta apresenta produção adicional. Isto pode ser claramente identificado na figura 13, obtida pela união da figura 9 (referente a um equipamento mono-cesta) com a figura 12 (referente ao SPECTRO® SCREEN D). Isto significa na prática as opções abaixo:

- maior capacidade de produção por equipamento.
- utilização de fendas mais estreitas com capacidade invariável.
- redução da rotação sem variar a capacidade

Figura 13:
Vazão específica ao longo da cesta peneira.
Comparação entre a versão "single" e "D".



A figura 14 mostra a montagem de um SPECTRO[®] SCREEN D, sendo claramente identificável a forma do rotor e sua introdução na carcaça inferior.

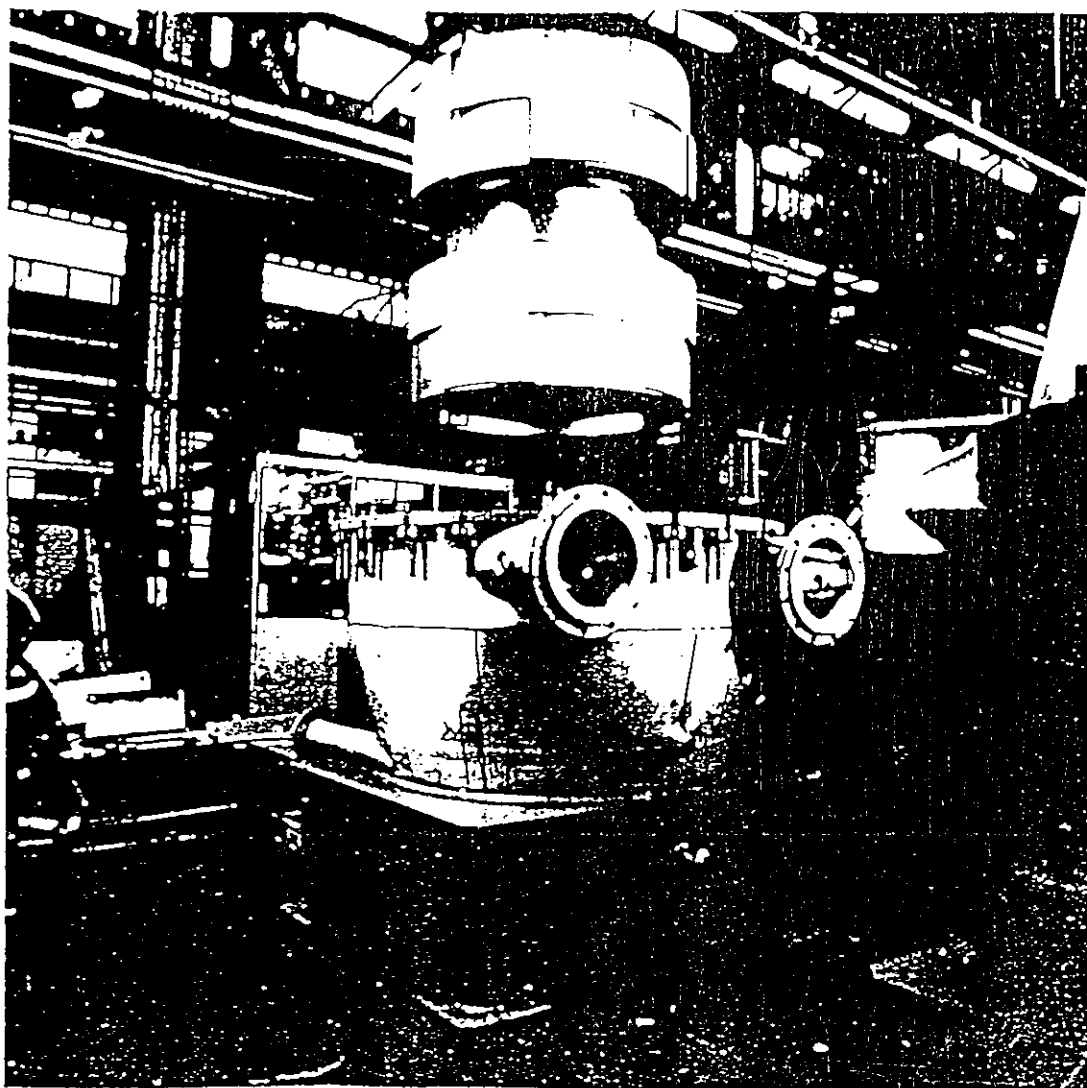


Figura 14: Montagem do SPECTRO[®] SCREEN D.

Na figuras 11, 14 e 15 podem ser identificados outros detalhes do SPECTRO[®] SCREEN D

- (a) A carcaça é dividida na metade da altura entre as duas cestas
- (b) Após levantar a tampa e girá-la em 180°, as duas cestas e o rotor são de fácil acesso
- (c) Os bocais de entrada e saída estão dispostos na carcaça inferior, abaixo do flange.

Para abrir o equipamento não é necessário desmontar as tubulações.

- (d) O mesmo vale para a tubulação de rejeitos inferior.

A figura 15 mostra os dois primeiros estágios de uma planta executada para a capacidade de 500 t/24h, à direita está o primeiro estágio com um SPECTRO[®] SCREEN 33 D e à esquerda o segundo estágio com o tamanho menor 22 D. A integração do equipamento em plantas industriais é relatada no tópico a seguir.

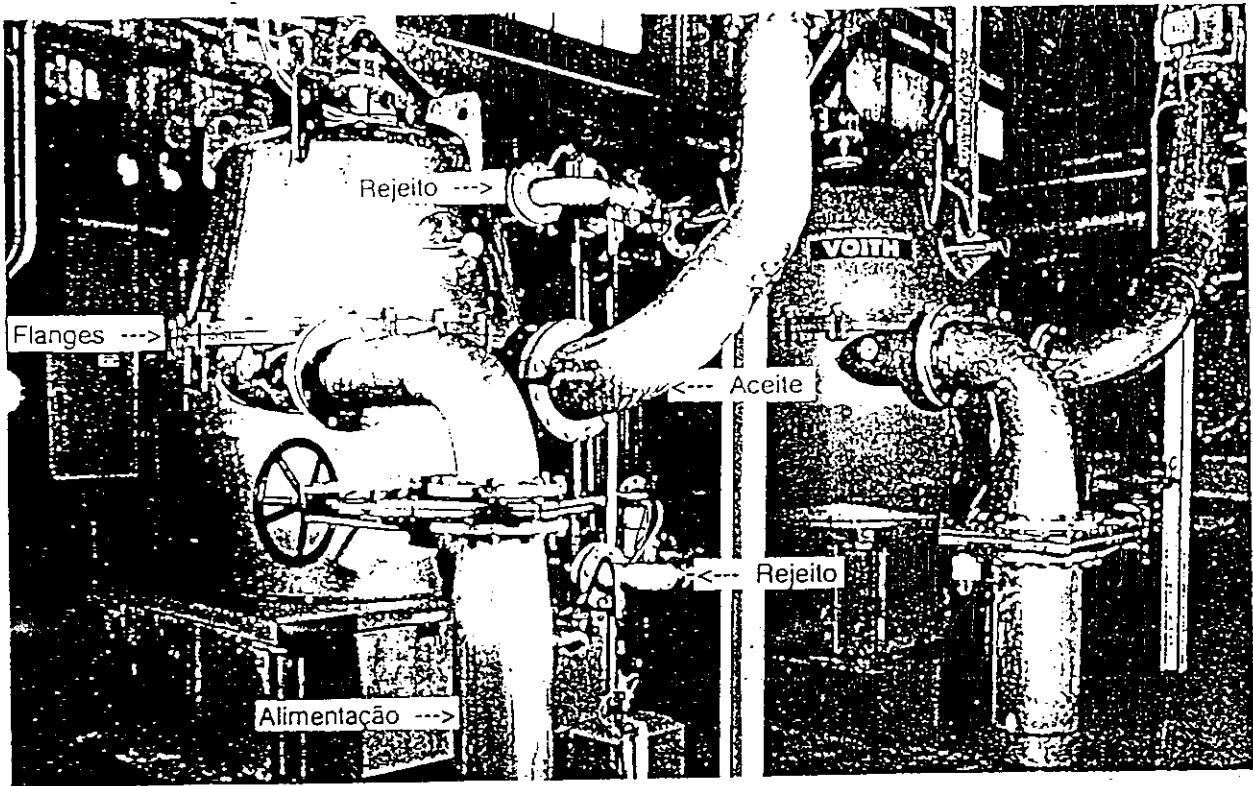


Figura 15: Dois estágios de SPECTRO[®] SCREEN D.

1.4 Integração do SPECTRO[®] SCREEN D em plantas industriais

A figura 16 mostra a disposição da pré-classificação em uma planta de destinação, que geralmente está imediatamente após a desagregação e antes da flotação. A figura 17 mostra uma ligação em três estágios com SPECTRO[®] SCREEN D. Para níveis médios de exigências de depuração, normalmente é suficiente pré-classificação com cestas peneiras com furos, já que será feita uma classificação a baixa consistência depois da flotação. Somente para níveis de depuração muito altos é recomendada uma classificação adicional com telas ainda na pré-classificação.

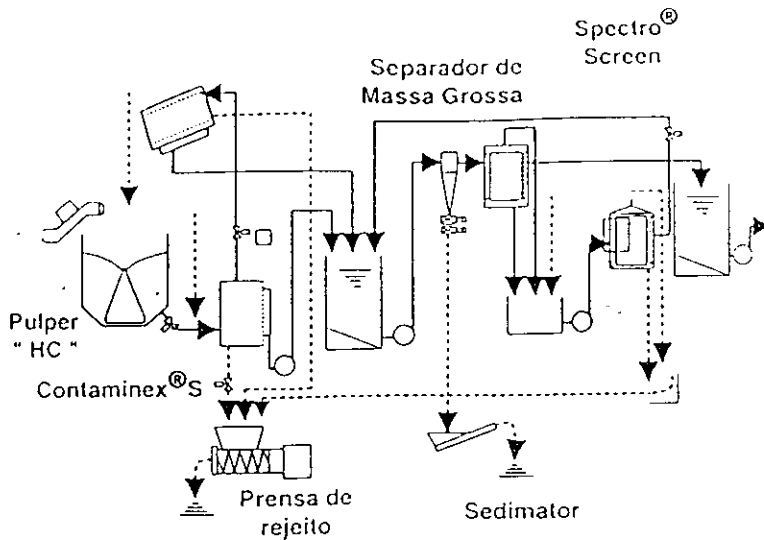


Figura 16: Pré-classificação em uma planta de destintamento.

Um equipamento de pré-classificação pode ser integrado em um estágio de uma planta industrial com a ligação em cascata ou ligação para avante. A ligação para avante é aquela na qual os aceitos dos estágios são misturados para serem conduzidos ao próximo passo do processo (conforme 2º estágio na figura 17) em oposição à ligação em cascata na qual o aceite de um estágio é aduzido à entrada do estágio antecessor (conforme 3º estágio na figura 17). Quanto à escolha entre a ligação em cascata e a ligação para avante para o equipamento SPECTRO® SCREEN D, a ligação para avante pode ser empregada indistintamente para a classificação por furos ou por fendas em virtude da otimização do equipamento, que permitiu redução na largura das fendas, rotação e taxa de rejeitos. A ligação para avante pode reduzir em muitos casos o tamanho e/ou a quantidade de equipamentos, contribuindo assim para reduzir o investimento. Além disso, os custos de bombeamento também são menores devido às vazões mais baixas.

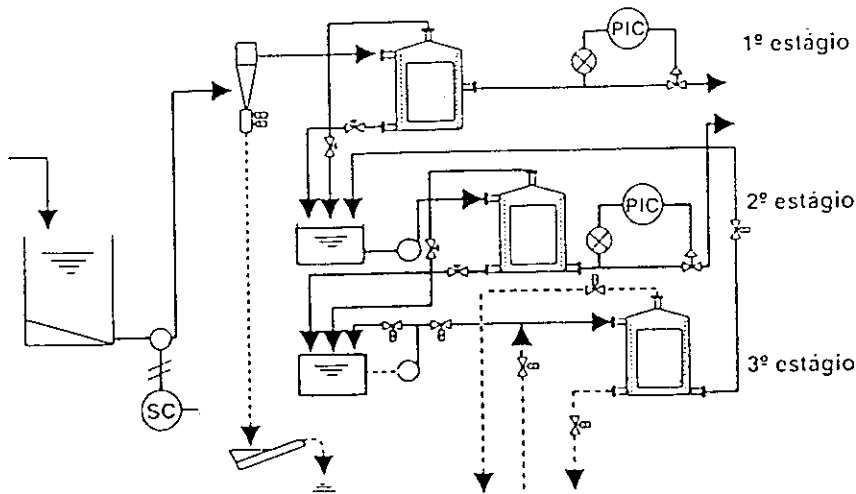


Figura 17: Pré-classificação em três estágios.

2. CLASSIFICAÇÃO FINA

Será abordada nesta parte a Cesta Peneira C-Bar desenvolvida e patenteada pela VOITH para aplicação na classificação fina. Neste ponto do processo, é necessário assegurar a remoção de todos os contaminantes adesivos que passaram pela pré-classificação, flotação e pelos separadores centrífugos. Todas as partículas contaminantes que passarem pela classificação fina não poderão mais ser removidas na planta de destintado, apenas podem ser dispersadas! Portanto é necessária uma otimização dos equipamentos classificadores usuais (isto é, depuradores verticais) para que eficiências máximas sejam obtidas com menor custo. Os conceitos apresentados na parte 1 tem aplicação nesta parte.

2.1 Necessidade para otimizar fabricação de Cestas Peneiras

A cesta peneira tipo S utilizada atualmente (tópico 1.1) com superfície relativamente lisa e perfilamento delicado apresenta um excelente efeito classificador e grande área aberta devido à sua concepção. Medindo-se a largura das fendas com precisão, porém, são identificadas variações de até aproximadamente $\pm 0,1$ mm (figura 18). Este fato também é válido para cestas peneiras fresadas, entretanto com menos intensidade. Devido às tolerâncias negativas da largura das fendas, não é possível atingir o limite inferior tecnologicamente possível, que era até recentemente em torno de 0,2 a 0,25 mm. Era imperativo, portanto o desenvolvimento da fabricação de uma cesta peneira, que mantendo as vantagens tecnológicas da cesta S (grande área aberta e excelente efeito classificador), apresentasse fendas ainda mais estreitas, mas com a menor tolerância possível na largura de fendas. Caso as fendas entupam e isto não seja proveniente de sobrecarga, aplicação ou características das fibras e impurezas, normalmente o motivo deve estar na fabricação da cesta. Na produção de papéis finos não se recomenda em princípio o emprego de cestas usinadas, porque as tolerâncias das fendas, arestas das fendas (rebarbas) e as superfícies no interior das fendas ou dos furos não satisfazem as exigências.

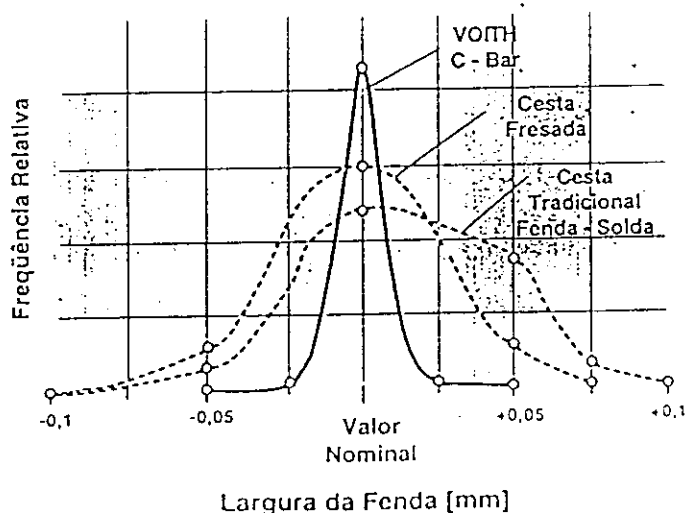


Figura 18: Variação na largura de fendas de diversos tipos de cestas-peneiras.

2.2 Apresentação da Cesta Peneira C-Bar

Como resultado da otimização surgiu um conceito patenteado completamente novo - a Cesta Peneira C-Bar (figura 19) com as seguintes características principais:

- (a) Tolerâncias muito pequenas na largura de fendas muito pequenas
- (b) Grande área aberta
- (c) Sem soldas, conseqüentemente sem perigo de trincas
- (d) Fluxo com perfil de escoamento otimizado
- (e) Superfície relativamente lisa
- (f) Baixa tendência para formação de tranças
- (g) Fabricada em aço cromo-níquel-molibdênio com a melhor resistência à corrosão.

Foi dada a maior importância à resistência intercrystalina como à corrosão sob tensão ou vibração. Estas características permitem o emprego de fendas de até 0,15 mm na classificação fina de massa destintada, sem que problemas ocorram.

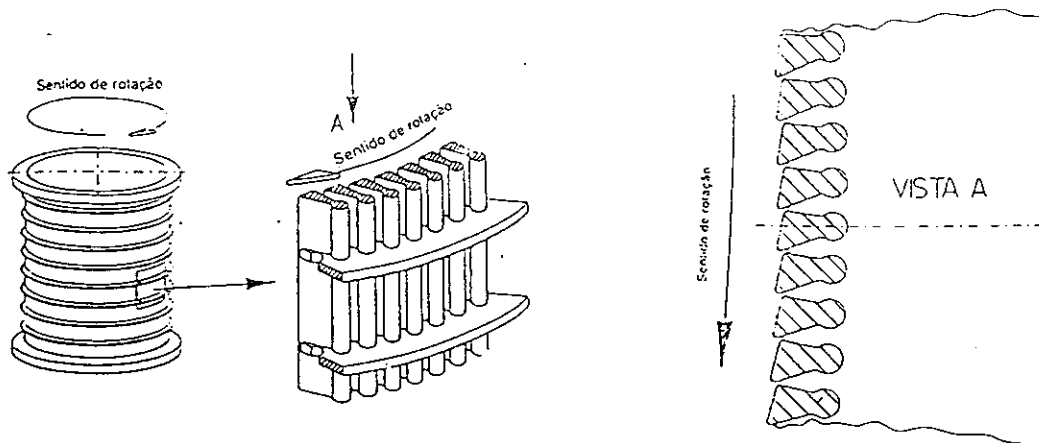


Figura 19: Cesta Peneira C-Bar.

A cesta peneira C-Bar com suas fendas muito finas possibilitou eficiências de classificação não tidas como possíveis, o que pode ser visto diretamente no rendimento de marcha de máquinas de papel com alto teor de massa de destintado. Dependendo do teor de contaminantes na entrada, atingem-se eficiências por estágio de até 90 %. Deve ser salientado que nestes casos já se atinge os limites de metodologia para medição. Devido a eficiências de classificação tão altas para rejeitos leves, no futuro possivelmente poderão ser dispensados separadores centrífugos, que normalmente têm eficiência mais baixa.

Os parâmetros citados anteriormente para o SPECTRO® SCREEN D (vide parte 1) são também válidos para depuradores verticais, especialmente com velocidades através da peneira não muito altas, no máximo de 1,5 a 1,8 m/s. Todavia, a velocidade limite absoluta não pode ser determinada teoricamente e depende da aplicação. É importante observar que resultados ótimos de classificação mesmo para pequenas impurezas somente podem ser atingidos em baixas consistências (inferior a aprox. 0,8%), como ocorrem naturalmente depois da flotação e dos separadores centrífugos. Devem ser aproveitadas as vantagens da eficiência de classificação um pouco mais alta obtidas com a ligação em cascata (tópico 1.4).

Para completar, deve ser dito que em virtude dos fatos mencionados, a cesta peneira C-Bar já foi também empregada com sucesso em depuradores de sistemas de água e massa de máquinas de papel e cartão. Cuidado especial deve ser tomado após troca de classificação por furos para fendas, quando há presença de fibras sintéticas ou de outros contaminantes em forma de fibras e que não podem ser separados com cestas com fendas. Especialmente após paradas prolongadas, as cestas peneiras C-Bar devem ser muito bem limpas, como qualquer cesta peneira. Se há muitas folhas de plástico moles e flexíveis, talvez deva ser verificado cuidadosamente o emprego do tipo de cesta, incluindo a aplicação da cesta C-Bar. É perfeitamente plausível que folhas de plástico finas e flexíveis se enrolem e tornem tão grossas que não possam mais passar pelas fendas. Efeito semelhante é conhecido em massas com forte tendência à fiação, quando turbilhão pode levar as fibras a formarem tranças, resultando que as tranças ficam várias vezes penduradas através das fendas e criam problemas na máquina de papel.

Concluindo, a escolha de cestas com furos ou com fendas deve ser exaustivamente discutida na implementação (vide tópico 1.1.1). Se houver plástico, é essencial investigar origem do plástico (estágios anteriores ou por sistema de refugos sem classificação) e sobretudo sua quantidade e qualidade (flexibilidade) na massa que vai para o tanque de mistura antes da depuração. Felizmente a classificação das quebras está se tornando uma regra, por ser essencial para uma diminuição das quebras da máquina de papel. Um sistema de refugos ineficiente pode ser responsável por até 80 % das quebras de uma máquina de papel segundo estimativa de um grande fabricante brasileiro de papel.

Resultados iniciais de um cliente na Alemanha indicaram que a partir do emprego de uma cesta C-Bar com fendas de 0,3 mm, a incidência de plástico diminuiu drasticamente em comparação com cesta lisa com furos de 1,8 mm e cesta tipo V com furos de 1,6 mm. Um importante fabricante brasileiro de papel branco relatou por escrito as vantagens com a substituição no depurador vertical de uma cesta com furos de 1,8 mm por uma cesta C-Bar de 0,3 mm. Um indicador de pressão de entrada foi instalado para um controle mais rigoroso em caso de eventual entupimento do depurador vertical. Foram indicados os ganhos:

- redução de amperagem de 240 para 185 A.
- aumento no rejeito de fibras, sendo necessária a instalação de controle no rejeito do depurador para facilitar acompanhamento do mesmo.
- redução no consumo de caulim, mantendo mesma retenção.
- melhora sensível na formação do papel com diminuição de aglomerados de fibras.
- grande diminuição de defeitos do papel (furos e manchas)
- Duoformer manteve-se mais limpo, facilitando seu condicionamento

A figura 20 mostra cestas de diversos tamanhos e também um vista interna da cesta C-Bar, onde se vê claramente que as fendas ao longo da altura da cesta peneira somente são interrompidas por finos anéis de reforço. Terminando, a figura 21 mostra um depurador aberto durante a introdução da cesta-peneira.



Figura 20: Cesta peneiras C-Bar



Figura 21: Depurador Vertical e cesta peneira C-Bar

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Motivado pela crescente demanda por classificação eficiente, o desenvolvimento do SPECTRO[®] SCREEN D para a pré-classificação e da Cesta Peneira tipo C-Bar para a classificação fina deve ter sido um grande passo para solucionar os problemas de classificação existentes.

Características principais do SPECTRO[®] SCREEN D

- aumento de produção para mesma área de peneira e espaço requerido para equipamento.
- excelente efeito de classificação.
- redução no consumo de energia.
- sensibilidade na flutuação de consistência.
- menor solicitação mecânica da cesta peneira.
- menor quantidade de rejeitos, com conseqüente alívio nos estágios subseqüentes.

Características principais da Cesta Peneira tipo C-Bar

- processo de fabricação que evita problemas de resistência e de operação.
- tolerâncias muito pequenas na largura de fendas muito estreitas.
- grande área aberta com alta eficiência de classificação.
- fluxo com perfil de escoamento otimizado.

Estes componentes são importantes para obter qualidade do papel produzido com melhora no desempenho da fábrica de papel. Fundamentos tecnológicos requeridos foram discutidos, sendo apresentadas aplicações e casos de referência. Como o assunto "classificação" é muito vasto e complexo, o desenvolvimento de classificadores deverá continuar em paralelo com o desenvolvimento de equipamentos para as outras operações em plantas de destintado e sistema de água e massa.

NOTAÇÃO

K [mm²/kg] stickies; R [%] resíduos; G [Vd] vazão mássica;

ζ [%] fator de eficiência definido no início do tópico 1.

índices: A - aceíte; E - alimentação; K - stickies; R - resíduos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Lothar Pfalzer - "Sistemas de Destintamento por Flotação e de Reciclagem de Papel Velho" Apresentado no 24º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP - Novembro 1991.
- [2] Herbert Ortner e Dietrich Bergfeld - "Reciclagem de Papel Velho - Situação atual - Desenvolvimento Futuro". Apresentado no 25º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP - Novembro 1992.
- [3] Reimund Rienecker - "SPECTRO[®] SCREEN D - eine neue Konzeption für die wirkungsvolle Sortierung im Stoffdichtebereich um 3%". Publicação VOITH p 2867 9/92.

Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

PREPARAÇÃO DE MASSA

MÓDULO 3 *REFINAÇÃO*

Eng. Silvio Roberto Romero

Março / 1997
VCP - Jacareí

Preparação de Massa

- Roteiro de Desenvolvimento dos temas:

Módulo 1

- 1 - Introdução*
- 2 - Desagregação de Material Fibroso*

Módulo 2

- 3 - Depuração Centrifuga e Depuração Fina*
- 4 - Informação Técnica Sobre Cestas-Peneiras*

Módulo 3

- 5 - Conceito de Refinação*

Módulo 4

- 6 - Tratamento de Fibras Secundárias*
- 7 - Exemplo e Fluxogramas de Processo*

CONCEITOS DE REFINAÇÃO

Este trabalho tem como objetivo básico a consolidação de conceitos de refino decorrentes da prática brasileira no tratamento da fibra de eucalipto.

Abordaremos os parâmetros básicos do refino cujas variáveis podem ser agrupadas conforme segue:

Matéria Prima	Refinador	Processo
Tipo de Celulose	Tipo	Consistência
Rendimento		
Branqueamento, processo e grau de brancura	Capacidade hidráulica	PH
Tipo de secagem	Guarnição	Temperatura
Grau de desagregação	Capacidade de carga	
	Carga no refinador	
	Ângulo de corte	
	Velocidade periférica	

A lista acima pode ser aumentada com outras variáveis, o que demonstra a complexidade do processo de refinação. Somente as variáveis importantes e decisivas para o dimensionamento dos sistemas de refinação serão abordadas nesta apresentação

MATÉRIA PRIMA

As características da matéria prima é um fator determinante para o dimensionamento do sistema de refinação. O processo de obtenção de celulose, (hoje em dia praticamente restringida ao processo sulfato) se a celulose é branqueada ou não (com que processo e com que intensidade) que o rendimento de celulose (Celulose de alto rendimento tem uma resistência maior ao refino devido à presença da hemicelulose que é o aglutinamento ativo da madeira) são fatores que devem ser considerados.

O tipo de secagem da celulose define o grau de desagregação necessário como também os parâmetros a serem considerados no despastilhamento. A celulose "Flash-dry" é secada a alta temperatura e contém nódulos que somente podem ser reduzidos a fibras individuais com muita dificuldade.

REFINADOR

O refinador de discos vem a substituir o refinador cônico , sendo que o novo projeto vem a cobrir um range de potências por unidade refinadora de 100-1500 KW. A simplicidade construtiva do refinador de discos possibilita variações máximas do desenho da área de refinação com baixos custos de fabricação quando comparado com outros tipos de refinadores.

Ambos aspectos, potência instalada e simplicidade permitem obter uma flexibilidade não obtida com outros tipos de máquinas.

GUARNIÇÃO

Dependendo de resultados tecnológico e de matérias primas pré-determinadas, a melhor aplicação para respectivas guarnições, depende dos seguintes critério de avaliação disponíveis.

a) Ângulo de corte grande e consistências altas favorecem a fibrilação e o desenvolvimento das propriedades de resistência, porém possivelmente uma formação insatisfatória.

b) Pequenos ângulos de corte e baixas consistência favorecem o efeito de corte com melhorias da formação, porém comprometendo as propriedades de resistência.

No que diz respeito a influência das larguras das facas pode se esperar um efeito de corte um pouco maior com facas mais estreitas, mantendo constante a carga específica. uma maior influência se obtém com o "formato de canto da faca" , um canto arredondado produz uma moagem fibrilante e um canto vivo uma moagem redutora do tamanho das fibras.

A profundidade da fenda na construção soldada "Silinox" , utilizada na refinação do eucalipto situa-se em torno de 12 mm, portanto se nada for feito na área refinadora, muitas fibras passariam pelo refinador sem entrar em contato com as facas.

Devido aos fatores expostos acima, a profundidade das fendas não só são reduzidas com material de enchimento, mas também são montadas interrupções nas fendas, para forçar a passagem da massa entre os discos. Durante a passagem da massa pelo refinador os pinos de obstrução além de melhoras o efeito do refino reduz a potência consumida em vazio, pelo refinador. Os discos utilizados na refinação de eucalipto são 3 x 3 com pinos na periferia e na área de refino.

CAPACIDADE DE CARGA

A potência específica necessária na refinação é definida em função do grau de refinação desejado, em função das propriedades que se deseja obter no papel a ser fabricado (fig.4).

Neste ponto em particular, o desenho da área de moagem e a velocidade periférica assume muita importância.

A potência de moagem, ou seja, a potência da máquina necessária para o desenvolvimento tecnológico das propriedades da fibra, está intimamente relacionada com a quantidade de facas da guarnição. Como fator característico da guarnição foi introduzido "comprimento de canto de corte por segundo - L_s " e como fator característico do refino a "Carga específica dos cantos - B_s " (fig. 5 e 6).

O comprimento do "Canto de corte por segundo" indica o total dos cantos que atuam um contra o outro, em um refinador em um segundo. Ele é definido pela expressão:

$$LS = Zst \times Zr \times (Le + Lr) \times \frac{n}{60}$$

onde,

L_s = comprimento do canto das facas por segundo em Km/s

Z_r = Quantidade das facas do rotor

Z_{st} = Quantidade das facas do estator

L_r = Comprimento atuante das facas do rotor em Km

L_e = Comprimento atuante das facas do estator em Km

n = Rotação em rpm

O comprimento de canto de corte por segundo, é portanto, uma medida para o comprimento aparente das facas por unidade de tempo. Ela pode fornecer uma opinião sobre a capacidade de carga de uma guarnição, mas não sobre o caráter da refinação: Fibrilante ou Redutor.

Para definir o caráter da refinação foi introduzido o conceito de "Cargas específicas dos cantos Bs" :

$$Bs = \frac{(N - N_o) \times 1000}{Ls}$$

onde,

Bs = Cargas específicas dos cantos em Ws/km

Nm = (N - No) = Potência de refino em KW

N = Potência consumida em KW

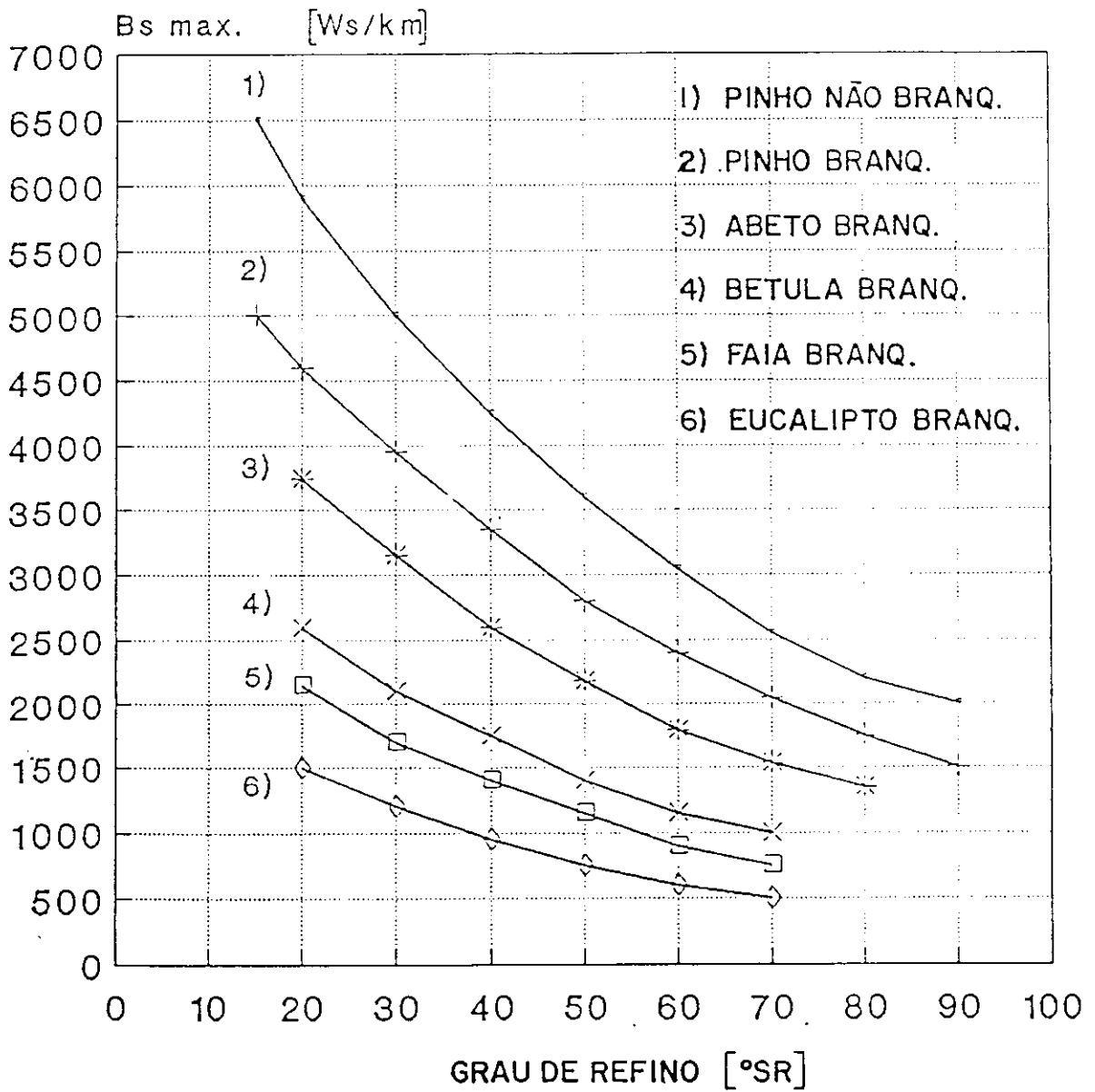
No = Potência em vazio em KW

Ls = comprimento do canto de corte por segundo (km/s)

Pressupondo a exatidão desta grandeza, significa que mesmo com máquinas diferentes se obtém um resultado de refino igual, quando se trabalha com a mesma potência específica, mantendo-se a mesma carga específica e dispondo da mesma matéria-prima.

O valor da carga específica indica os tipos de refinamentos. Um valor de 6000 Ws/km pode significar um refino severo e 3000 Ws/km, um refino preservativo (fig. 7,8).

MAX. CARGA ESPECÍFICA "BS" POR TIPO DE
CELULOSE A 4,5%



CARGA NO REFINADOR

A carga máxima aplicada entre as facas do rotor e do estator, não pode ultrapassar valores de resistência da própria massa, em refinação, valores estes que dependem do grau de refinação, portanto sua viscosidade. Ultrapassando esta carga específica, destroi-se a camada de massa entre metal das facas do rotor e estator, assim acabando rapidamente com as guarnições. Temos por resultado as "curvas limite de potência" (fig.9).

Naturalmente, cada tipo de celulose resulta uma curva de potência limite. As curvas mostram uma forte dependência dos seguintes fatores:

- a - potência limite
- b - grau de refino
- c - tipo de fibras
- d - consistência da massa
- e - vazão de processo
- f - dimensão e condição das facas de corte
- g - ângulo de corte
- h - tipo de guarnição

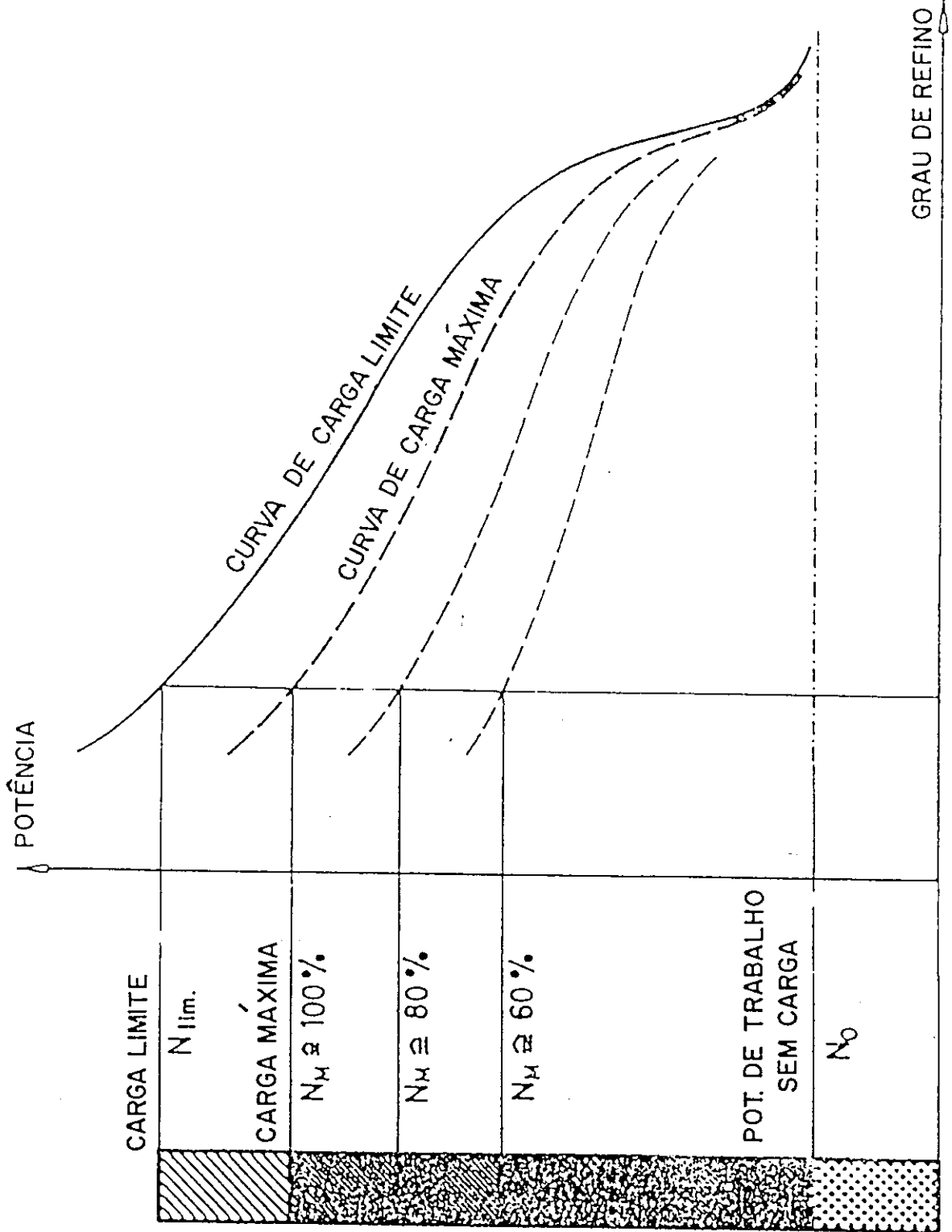
Quanto mais alto for o grau de refino e menor for a consistência da massa, menor será a diferença entre a potência limite e a potência em vazio (medida com água).

A fim de se manter o desgaste das guarnições a um nível tolerável, a potência máxima do refinador tem que ser mais baixa.

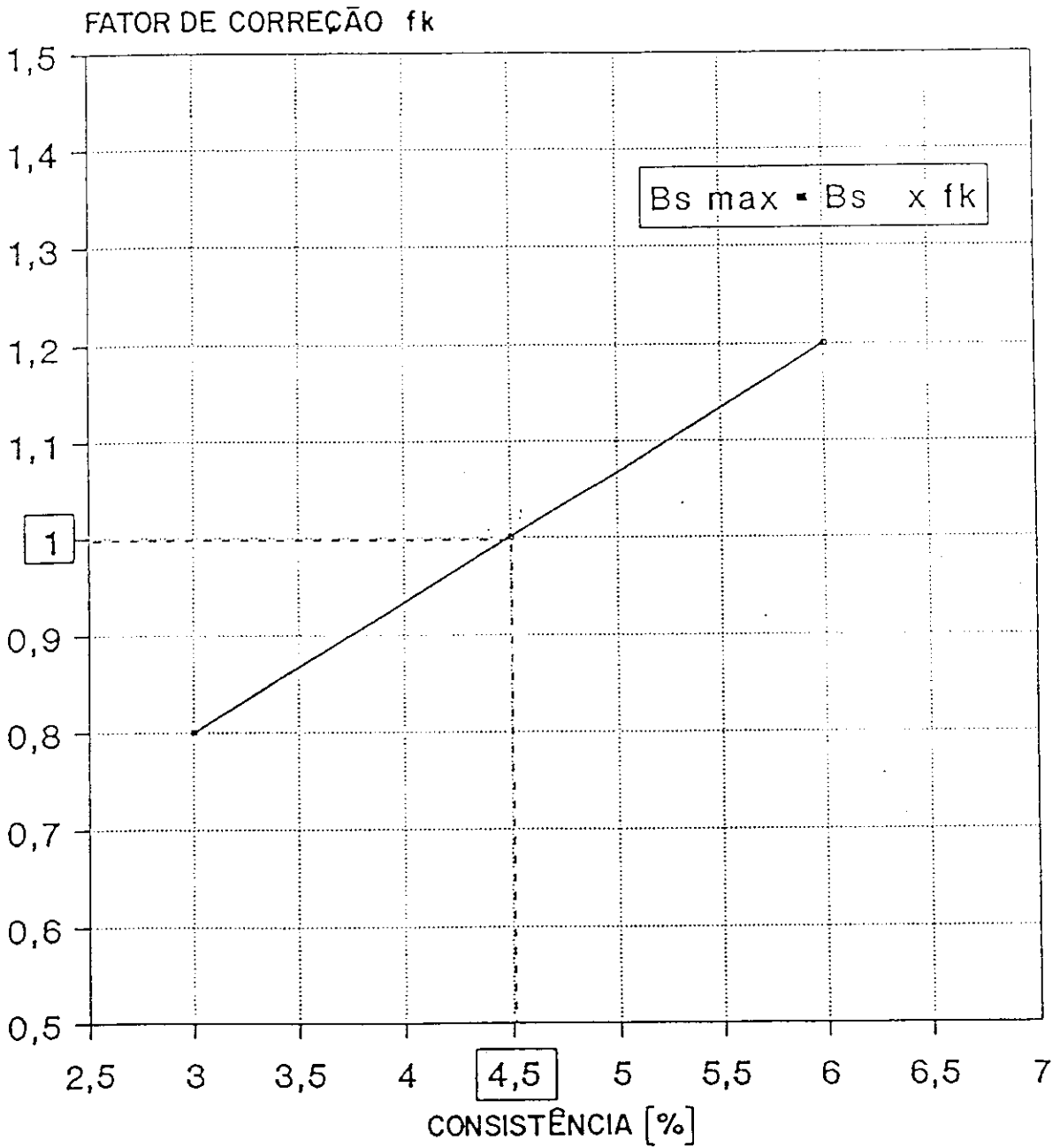
Esta potência de refinação, a qual é denominada "carga máxima" deve portanto, ter uma distância de segurança em relação à curva de potência limite.

Durante a moagem, a potência de trabalho em vazio No, a qual é medida de preferência somente com água, à vazão média e fenda de moagem de 0,5mm, permanece constante em todos os pontos da moagem.

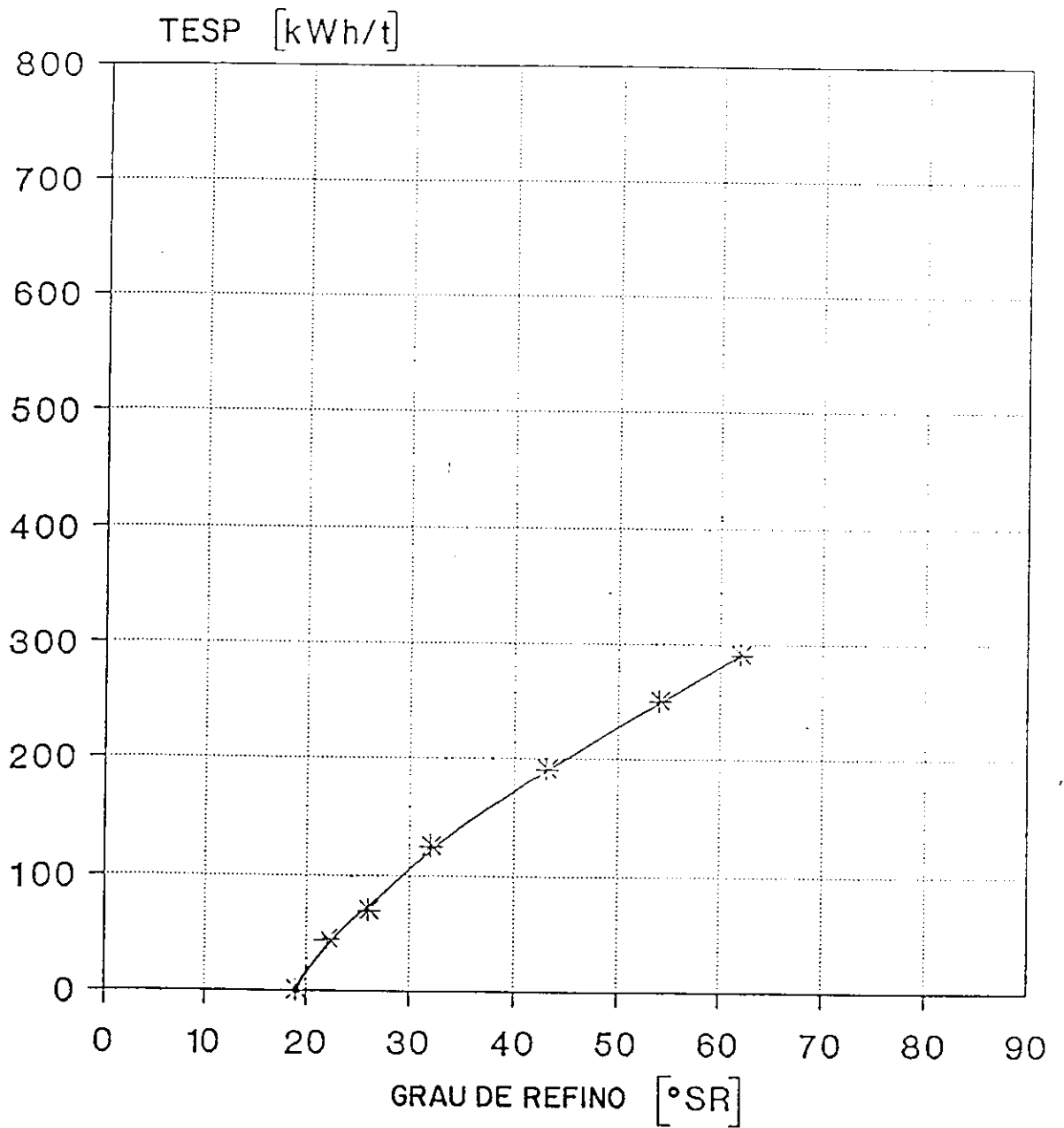
Observando-se novamente as curvas de capacidade de carga, podemos observar como a potência de refino aplicável, diminui com o aumento do grau de moagem. A distância de segurança entre a curva de potência limite e a curva de carga máxima, deve ser escolhida de acordo com a experiência (10 a 15% abaixo da curva da potência limite). Quanto menor for o grau de carga escolhido, mais preservativa é a moagem.(fig.10)



FATOR DE CORREÇÃO PARA BS MAX.



TRABALHO ESPECÍFICO DE REFINO



ÂNGULO DE CORTE

Em refinadores de discos, o ângulo da faca é medido no começo da zona de refino. Facas de moagem na direção do eixo tem, em virtude disto, o ângulo da faca de zero grau que são denominadas facas retas.

Com o ângulo de faca maior que zero grau, modifica-se na maioria dos casos, em cada ponto das facas o ângulo de corte. A fim de poder indicar um ângulo de faca representativo para a obtenção do ângulo de corte, o ângulo é tomado no diâmetro médio da área de refino, no centro do feixe de facas. (fig.11)

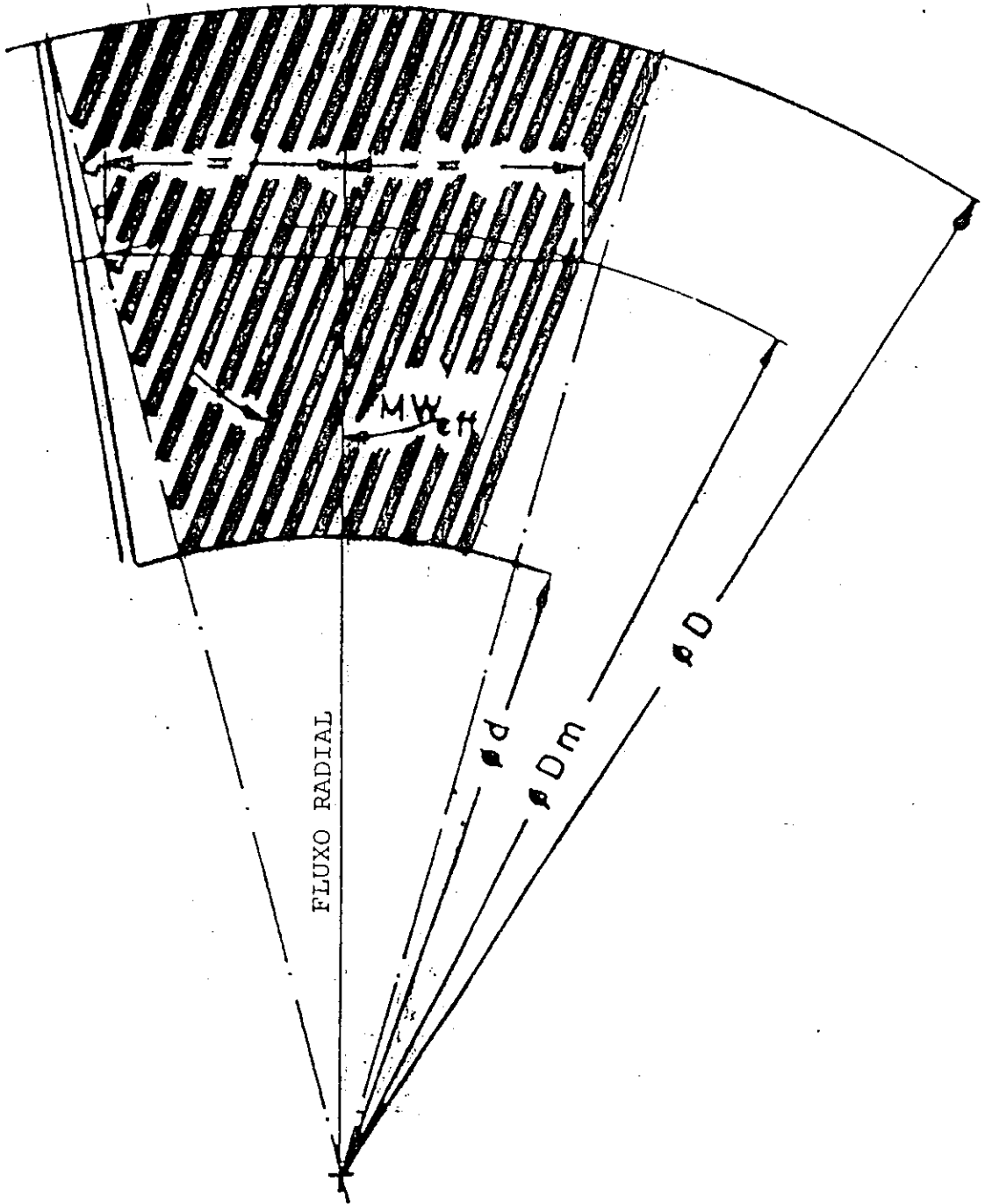
Uma guarnição de refinador de discos, com a indicação 45° , tem por exemplo 38° no diâmetro médio, e uma guarnição de 30° tem 27° no diâmetro médio.

Da adição dos dois valores de ângulos (obtido no diâmetro médio da área de refino) do rotor e do estator, resulta no ângulo de corte das facas.

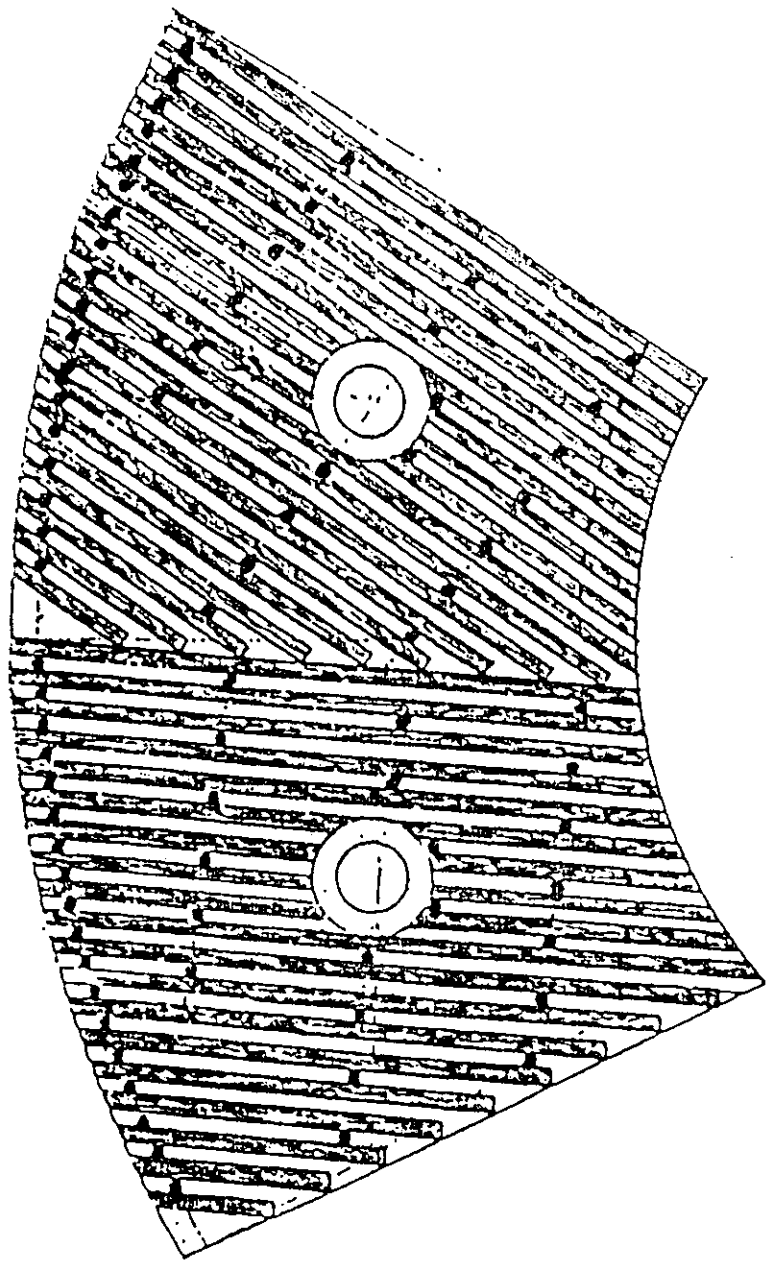
Isto resulta por exemplo que para a guarnição de 30° , teremos um ângulo de corte de $54^\circ (27 + 27)$.

Uma guarnição com grande ângulo de facas mostrou uma ação de corte muito baixa, até os mais altos graus de refinação. Estas guarnições estão aplicadas, por exemplo para papel carbono ou vegetal. Muito efetivamente, se aplica esta guarnição para refinação de fibras curtas, onde o corte de fibras só prejudica o aumento da resistência. A aplicação desta guarnição com faca de grande ângulo é muito proveitosa para aparas, onde obtêm-se excelentes aumentos de resistência, sem danificar as fibras que já foram refinadas uma vez.

Alternativamente, aplicam-se guarnições de baixo ângulo das facas procurando uma refinação cortante, como para fibras longas usadas num papel Kraft ou embalagem.



MWeff Ângulo da faca da área de moagem com metade do diâmetro



VELOCIDADE PERIFÉRICA

Assim como o ângulo de corte das facas também a velocidade periférica tem grande influência no resultado do refino.

O ideal para uma moagem fibrilante econômica, situa-se em uma velocidade circunferencial de 20-25m/s no diâmetro média da área de refino.

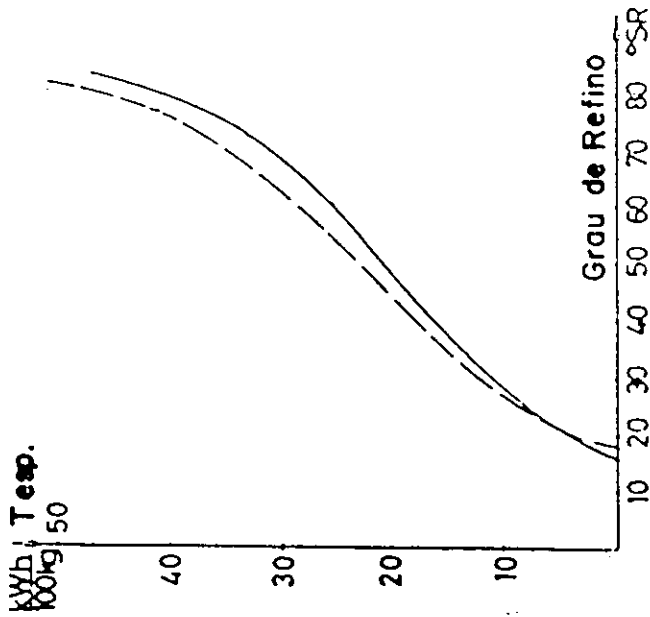
Deve ser levado em conta que o aumento da rotação é limitado pelo aumento da perda hidráulica que é proporcional à variação cúbica da velocidade.

Contudo dever ser considerado que a chamada potência de trabalho sem carga , não pode ser vista como potência perdida, porque ela também exerce uma determinada influência no tratamento das fibras.

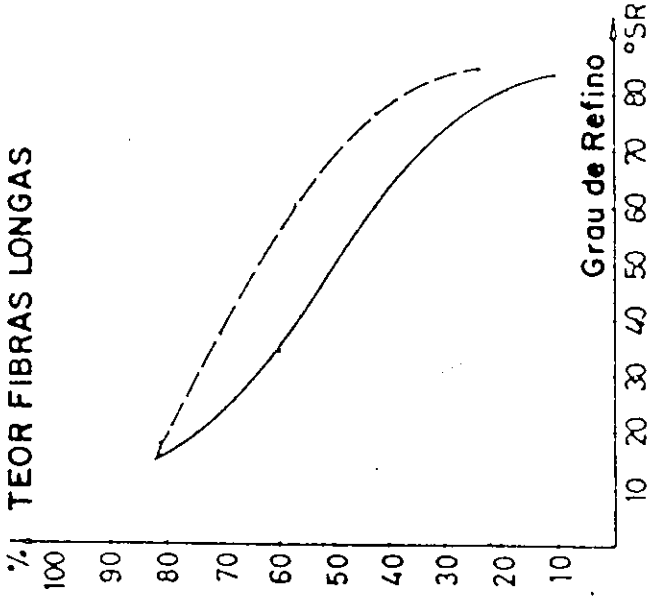
A fig.12 mostra uma comparação de discos LSDM com uma velocidade circunferencial média de 17 e 23 m/s. A maior velocidade periférica trouxe um nítido ganho de resistência e uma moagem consideravelmente mais preservativa sem consumo de energia maior. Já que em ambos os casos a energia (carga aplicada) foi a mesma.

Em outras palavras pode-se influenciar a característica do refino, mediante um motor de velocidade variável, controlando o efeito de fibrilação ou redução do tamanho das fibras.

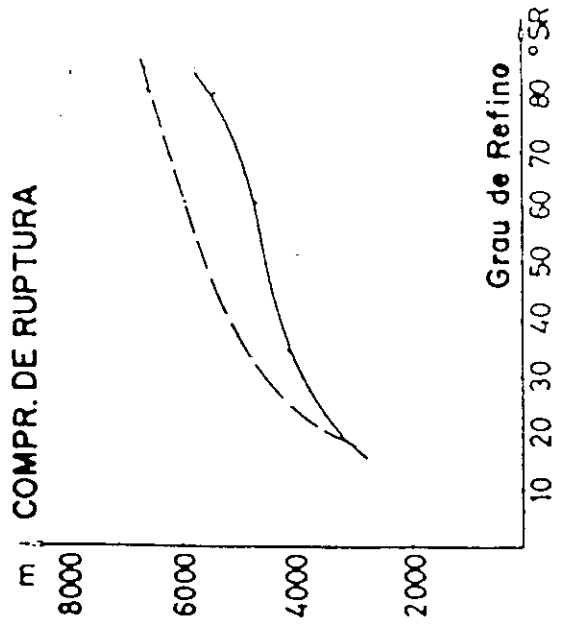
kWh / T esp.
100g / 50



TEOR FIBRAS LONGAS



m COMPR. DE RUPTURA



VELOCIDADE CIRCUNFERENCIAL

-17m/s ———
-23m/s - - - -

REFINADOR 1 SDM

-Carga 80%
-Angulo de Corte 54°
-Consistência 5%

ROTAÇÃO

Na fig.2, o maior número de rotação para o mesmo valor de auto-ruptura, resulta em um valor de rasgo mais alto, o que quer dizer menos corte de fibras. Este resultado se explica, devido a que o aumento de número de rotação aumenta também o comprimento de facas por segundo, resultando em uma diminuição de carga específica de facas, KW/km/s mantendo o consumo de força constante.

Verifica-se pelo gráfico 2, que o incremento de rotação corresponde a um melhor resultado de refinação. Porém, devido às perdas mecânicas e hidráulicas, torna-se anti-econômico, este aumento de rotações; além de um certo ponto ótimo.

ALTERAÇÃO DO NÚMERO DE ROTAÇÃO DO REFINADOR

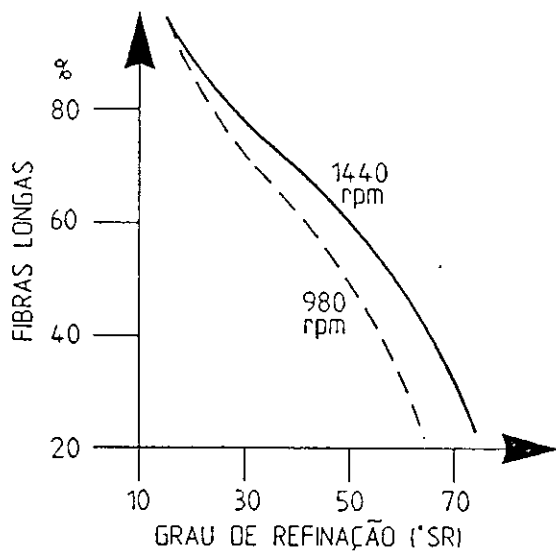
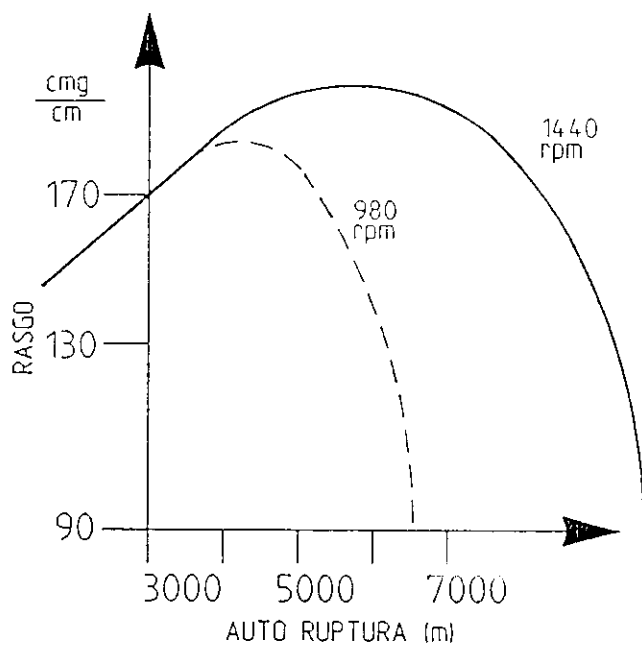
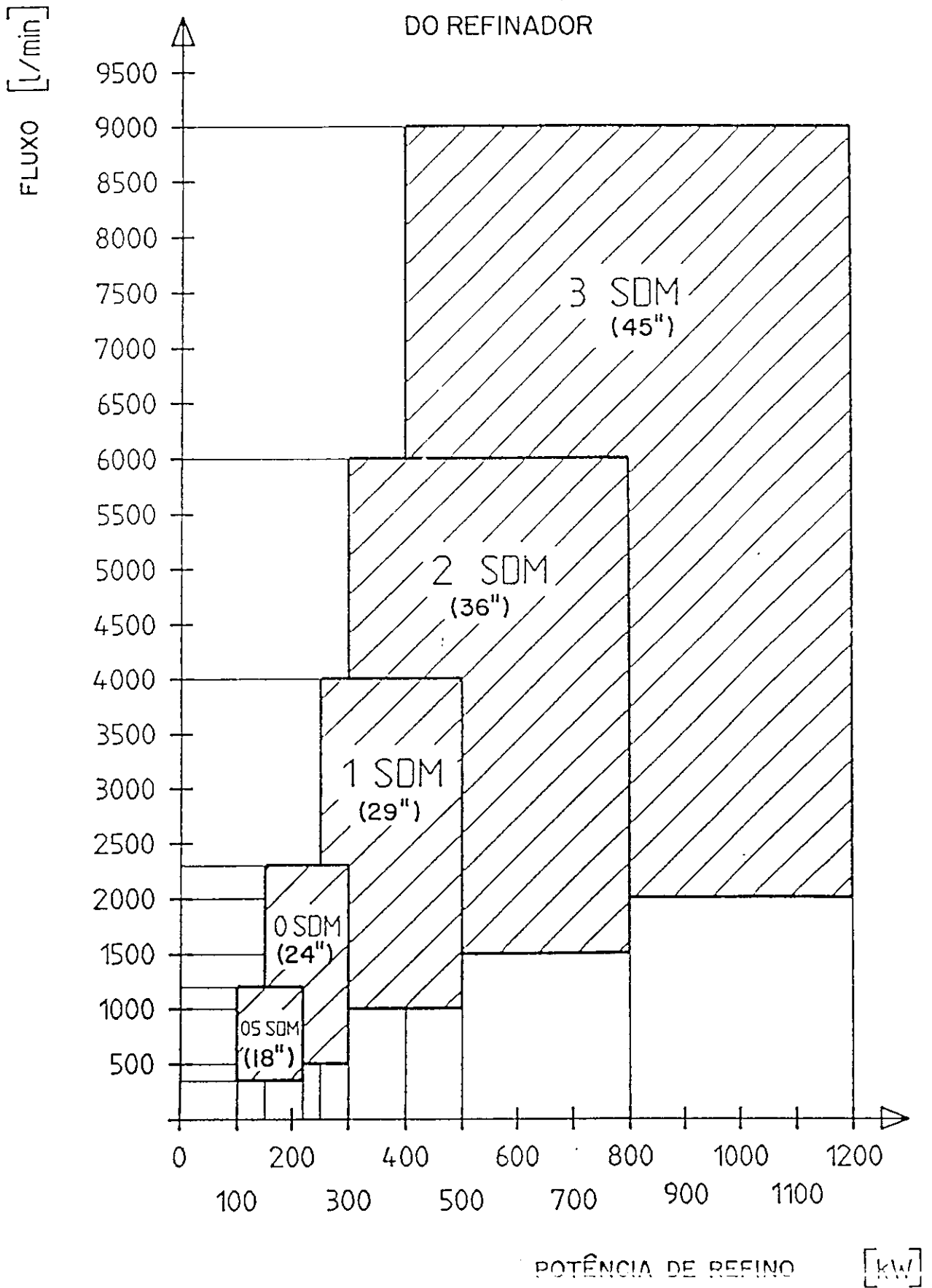


DIAGRAMA DE SELEÇÃO DO REFINADOR



PROCESSO

Hidratação - Consistência - PH

O grau de hidratação da celulose tem influência direta no consumo de energia esperando-se aumentos de 10 - 15% no consumo, quando comparamos o refino de uma celulose numa fábrica integrada com o refino em uma fábrica não integrada.

O limite normal de consistência situa-se entre 3,5 - 5,5% em casos extremos. Uma regra básica é que sob condições de refinação constantes, uma redução de consistência provoca um desenvolvimento mais rápido do grau de moagem, com o encurtamento mais intenso das fibras.

A influência da temperatura na faixa de 40 - 45°, não tem muita influência no caso do eucalipto.

No que diz respeito a influência do valor do PH, uma refinação na faixa neutra ou alcalina, traz uma economia no consumo de energia em comparação com uma moagem no meio ácido. Os valores de resistência medida na folha de papel, são mais altos quando a massa é proveniente de uma refinação neutra ou alcalina.

SISTEMAS DE REFINAÇÃO

No dimensionamento de instalações de refino é importante observar as variações de produção que definem a disposição dos refinadores em série, paralelo ou série/paralelo.

Temos dois exemplos de tipos de instalações de série-paralelo e em série.

Para se obter homogeneidade no resultado da refinação devem ser mantidas constantes as variáveis de processo: consistência, fluxo de carga de motor e vazão.

REFINADORES DE DISCO DUPLO TIPO SDM

TECNOLOGIA COMPROVADA PARA REFINAÇÃO EFICAZ DA MASSA

Os refinadores de disco duplo SDM da Voith com ajuste mecânico de discos lideram a área de diversos refinadores graças ao seu modo de construção progressivo e prático.

Os refinadores de discos duplo SDM da Voith estão disponíveis em uma série contínua para consumos de potência de 250 a 1250 kW. Eles garantem resultados ótimos de um ponto de vista tanto tecnológico quanto econômico para todas as tarefas de refinação encontradas na indústria de papel e celulose:

- Alto desempenho com baixa necessidade de energia específica;
- Fácil adaptação a todas as condições operacionais;
- Modo de operação confiável, alta disponibilidade;
- Troca de placas simples;
- Projeto robusto, longa vida.

Figura:

Sistema refinador com cinco refinadores de discos duplo 1SDM na linha de celulose de um sistema de preparação de material para matéria-prima de revestimento.

PERFEIÇÃO NA PRÁTICA

Dois Pares de Placas de Refinação

Os principais componentes do refinador de disco duplo são as placas de refinação, consistindo de dois discos do estator com um disco do rotor estriado em ambos os lados localizado entre eles. Um dos discos do estator é rigidamente conectado ao alojamento do refinador, e o outro é axialmente ajustável na tampa do alojamento. O disco do rotor montado no eixo é também axialmente ajustável. Para a transmissão de torque, o eixo e o rotor são positivamente conectados através de dentes do eixo acanalado.

Dependendo do tamanho e da aplicação dos refinadores de discos duplo, as placas de refinação são feitas de segmentos individuais ou anéis de refinação embutidos completos. Os elementos de rotação são balanceados.

Ajuste Mecânico das Placas de Refinação

As placas de refinação do conjunto duplo são ajustadas mecanicamente. O conjunto de ajuste instalado na tampa do alojamento, uma engrenagem helicoidal de dois estágios com motor de transmissão de permutação, altera a posição do disco do estator de tendência lateral por meio de uma biela rosqueada. Conforme o material passa, o rotor ajustável assume uma posição central, criando desta forma condições de refinação iguais em ambos os lados do conjunto duplo de placas de refinação.

Paralelismo Plano Máximo das Placas de Refinação

Buchas guia muito longas o disco do rotor e no cabeçote corrediço do disco do estator de tendência lateral asseguram o máximo paralelismo plano das placas de refinação e, portanto, tratamento uniforme da fibra e longa vida da placa de refinação.

Suporte do Eixo Simples

O eixo suspenso opera em mancais anti-atrito lubrificados com graxa. Graças ao seu projeto especial, o conjunto duplo de placas constitui um sistema embutido de forças, liberando os mancais do eixo das cargas axiais.

Alta Adaptabilidade

O refinador é equipado com duas entradas. Com pequenas produtividades, o material é alimentado através de uma entrada, e com grandes produtividades através de duas

Figura 1:

Nenhum trabalho de desmontagem dispendioso ou demorado é necessário para a troca de placas. Após a remoção dos parafusos de fixação da face terminal, a tampa do alojamento sustentada em uma dobradiça pode ser completamente aberta.

Figura 2:

Um dispositivo de montagem que faz parte do equipamento do refinador é utilizado para suspender o disco do rotor, que é então removido do eixo.

Figura 3:

O dispositivo de montagem e disco do rotor suspenso podem ser completamente retirados por oscilação. Todas as placas de refinação são então otimamente acessíveis para troca.

Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

*“ Agradecemos ao departamento de
Preparação de Massa - Profit Center PS
da firma VOITH S.A. pela colaboração
deste trabalho, e pelo material técnico de
apresentação gentilmente emprestado.”*

DADOS TÉCNICOS

Refinadores de disco duplo operam sempre como máquinas de bombeamento. Para altas vazões, diversos refinadores de disco são conectados em série. Para baixas vazões, é vantajosa a aplicação de tanques de recirculação.

Os refinadores de disco duplo SDM normalmente possuem uma transmissão de motor direta através de um engate flexível ou uma unidade de engrenagem. Unidades de engrenagem de dentes retos podem ser fornecidas pela Voith.

Tipos de transmissão:

1. Motor acoplado direto
2. Engrenagem redutora intermediária

Tamanho do refinador	05 SDM	05 SDM	0 SDM	0 SDM	1 SDM	2 SDM	3 SDM
Diâmetro da placa (mm)	415	465	500	610	750	875	1050
Produtividade (t/24h)	15-60	15-60	20-150	20-150	35-200	50-300	75-450
Consistência do material (t)	3,5-6	3,5-6	3,5-6	3,5-6	3,5-6	3,5-6	3,5-6
Consumo de energia (kW)	250	250	350	400	600	800	1200

Dimensões (mm)

Tamanho	b1	h1	h2	l1	l2	r1	r2	ØØ	ØØ
05 SDM	950	400	762	2050	2297	-1200	-960	65	100
0 SDM	1050	550	1010	2314	1165	-1210	-967	80	125
1 SDM	1300	650	1250	2717	1247	-1435	-1160	100	150
2 SDM	1410	650	1350	2965	1275	-1540	-1310	125	200
3 SDM	1650	800	1550	3665	1315	-1640	-1550	150	250

SEMPRE PRONTOS PARA OPERAÇÃO GRAÇAS À TROCA DE PLACAS SIMPLES

Controles

Os refinadores de disco duplo SDM podem ser controlados tanto a partir de um painel de controle central quanto a partir de uma coluna de controle direta. O equipamento de controle inclui interruptores de controle para o motor do refinador, o conjunto de ajuste da placa de refinação, a bomba de material e todos os instrumentos de monitoramento para o dispositivo de segurança sem fluxo. O próprio dispositivo de segurança sem fluxo consiste de monitores de pressão nos canos de suprimento e descarga de material, que voltam as placas de refinação com um certo atraso quando a pressão aumenta no cano de descarga, e imediatamente desligam o refinador e a bomba de material no caso de uma queda de pressão.

Se solicitado, um sistema de controle de energia ativa pode ser instalado para um modo ótimo de operação. Isto mantém o ponto de ajuste de energia ajustável constante.

entradas. Como o rotor é perfurado na zona de seu diâmetro interno, o material é distribuído uniformemente em ambas as metades do conjunto de placas, mesmo quando o material entra em apenas um lado.

Fácil Acessibilidade, Baixa Manutenção

Após a remoção de alguns parafusos, a tampa do alojamento pode ser aberta completamente para substituição conveniente das placas de refinação, com o rotor sendo removido do eixo e retirado por oscilação através de um dispositivo simples. A caixa de vedação possui uma vedação, conexão de água, e é facilmente acessível a partir do exterior. Todas as peças expostas à massa são feitas de aço inoxidável e são, portanto, isentas de manutenção por um longo período de tempo.

O refinador é fornecido com tubulação e fiação para conexão ao dispositivo de segurança de não-fluxo e ao sistema de suprimento de água de selagem.

1. Disco do estator estacionário
2. Disco do estator ajustável
3. Disco do rotor móvel com estrias em ambos os lados
4. Eixo
5. Mancal do rolo cilíndrico
6. Mancal de esferas de contato angular
7. Caixa de vedação com conexão de vedação de água
8. Alojamento do refinador
9. Tampa do refinador
10. Cabeça de oscilação
11. Engrenagem helicoidal de dois estágios com motor de permutação

12. Entrada frontal do material
13. Entrada traseira do material
14. Saída do material
15. Dreno com torneira de bóia flangeada
16. Engate

- Componentes estacionários
- Componentes rotativos fixados axialmente
- Componentes rotativos deslizáveis axialmente
- Componentes não-rotativos ajustáveis axialmente

① Fluxo paralelo com duas entradas

Disposições padrão para vazões médias e grandes. Rotor perfurado; assegura compensação de pressão com fornecimento não uniforme de material, e evita a operação a seco no caso de falta de fluxo em um lado.

② Fluxo paralelo com uma entrada

Disposição padrão para vazões baixas. Rotor perfurado; assegura distribuição do material aproximadamente uniforme a ambas as metades do conjunto de placas de refinação.

③ Fluxo em série

Disposição para produtividades baixas e altas liberdades. Rotor não perfurado.

PRINCIPAIS ADITIVOS DA INDÚSTRIA PAPELEIRA

1. CARGAS MINERAIS

2. AGENTES DE COLAGEM

3. SULFATO DE ALUMÍNIO

4. AGENTES DE RETENÇÃO

5. AMIDOS

6. CORANTES E ALVEJANTES ÓTICOS

1. CARGAS MINERAIS:

⇒ COMPOSIÇÃO MÉDIA DE UM PAPEL DE IMPRIMIR E ESCREVER:

CELULOSE	-	75 %
CARGA MINERAL	-	15 %
ÁGUA	-	5 %
AMIDOS	-	4 %
OUTROS	-	1 %

⇒ O QUE SÃO CARGAS MINERAIS ?

- ◇ MATERIAL INORGÂNICO INCORPORADO À MASSA FIBROSA (CELULOSE) DESTINADOS A FABRICAÇÃO DE PAPEL OU CARTÃO, CONFERINDO INÚMEROS BENEFÍCIOS.

⇒ QUAIS AS VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DAS CARGAS ?

ECONÔMICAS:

- ◇ SUBSTITUIÇÃO DE FIBRAS, REPRESENTANDO SIGNIFICATIVA REDUÇÃO DE CUSTOS DO PAPEL;

- ◇ AUMENTO DA CAPACIDADE DE SECAGEM DA M.P., POR MELHORIA NA DRENAGEM E FAVORECER EVAPORAÇÃO DA ÁGUA NA SEÇÃO DE SECAGEM;
- ◇ NO CASO DE CARBONATO DE CÁLCIO, HÁ ECONOMIA DE BRANQUEADOR ÓTICO.

QUALIDADE DO PAPEL:

- ◇ UNIFORMIDADE DA SUPERFÍCIE (LISURA), MELHORANDO PRINTABILIDADE;
- ◇ MAIOR OPACIDADE;
- ◇ MAIOR ALVURA (NO CASO DE CARBONATO DE CÁLCIO);
- ◇ MELHOR ESTABILIDADE DIMENSIONAL (HIDRÓFOBO);
- ◇ ADEQUAÇÃO DE POROSIDADE E PERMEABILIDADE (P.E. PAPEL CIGARROS)

⇒ QUAIS OS LIMITES PARA UTILIZAÇÃO DE CARGAS ?

- ◇ PERDAS DE RESISTÊNCIAS FÍSICAS DO PAPEL (PODENDO DIMINUIR EFICIÊNCIA DAS Mps);
- ◇ PERDA DE RIGIDEZ;
- ◇ FORMAÇÃO DE PÓ;
- ◇ ABRASIVIDADE DA MÁQUINA DE PAPEL E DAS MÁQUINAS DE CONVERSÃO;
- ◇ REDUÇÃO DA ALVURA (NO CASO DO CAULIM)

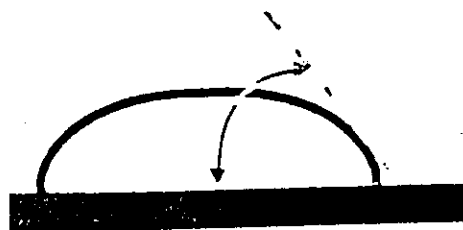
⇒ TIPOS DE CARGAS MINERAIS MAIS USADAS NA INDÚSTRIA PAPELEIRA:

- ◆ CAULIM
- ◆ CARBONATO DE CÁLCIO NATURAL (GCC)
- ◆ CARBONATO DE CÁLCIO PRECIPITADO (PCC)
- ◆ DIÓXIDO DE TITÂNIO

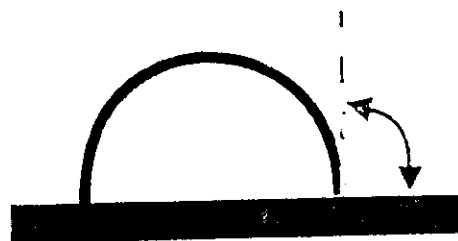
⇒ PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS MINERAIS:

	CAULIM	GCC	PCC	TiO ₂
ALVURA % ISO	85	96	97	98
TAMANHO MÉDIO DE PARTÍCULA (TMP)	3,0 - 6,5	1,5 - 5,0	1,3 - 3,5	0.5 - 1,0
RESÍDUOS EM MALHA 325 MESH	0,30	0,001	0,001	0,005
pH	3,0 - 5,0	9,5	9,0	4,0
ABRASÃO Einlehner,mg	6 - 10	16 - 18	4,5 - 6,0	14 - 21
FORMA DE PARTÍCULA	laminar	trigonal romboédrico	calcíticos e aragoníticos	prismático e acicular

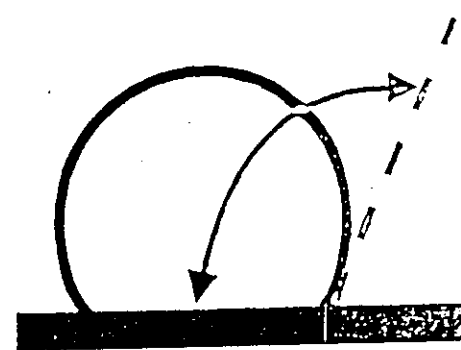
EFEITO DA COLAGEM NO ÂNGULO DE CONTATO



ÂNGULO DE
CONTATO $< 90^\circ$
Molhamento Distribuído



ÂNGULO DE
CONTATO 90°
Molhamento Controlado
Com Espalhamento



ÂNGULO DE
CONTATO $> 90^\circ$
Ausência de Molhamento

PROPRIEDADES DE TODOS OS AGENTES DE COLAGEM:

- ◆ PROMOVER REPELÊNCIA À ÁGUA (HIDROFOBICIDADE);
- ◆ PODER SER DISPERSADO OU EMULSIONADO;
- ◆ SER RETIDO NO PAPEL NA TRAMA FIBROSA;
- ◆ SER ANCORADO E ORIENTADO CORRETAMENTE ÀS FIBRAS.

SISTEMAS DE COLAGEM INTERNA:

⇒ ÁCIDA:

- AGENTE DE COLAGEM: Precipitado de Cola de Breu (produto da reação da cola de breu com sulfato de alumínio ou abietato de alumínio).
- ORIGENS: Cola de Breu - Obtidas à partir de resinas extraídas de árvores (coníferas), trata-se de um processo de fortificação e saponificação.

Breu -

- ◇ GOMA: destilação do material extraído de árvores vivas.
- ◇ MADEIRA: refinação do extrato de tocos envelhecidos de árvores (pináceas)
- ◇ TALL-OIL: destilação do tall-oil que é um subproduto da polpação kraft de pináceas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

- ◆ RETENÇÃO;
- ◆ PONTO DE APLICAÇÃO;
- ◆ ARMAZENAGEM;
- ◆ TUBULAÇÕES/BOMBAS

SITUAÇÃO DE USO DE CARGAS NO MUNDO (1996):

EUROPA	ESTADOS UNIDOS	BRASIL
20 % caulim	30 % caulim	52 % caulim
10 % outros		
70 % carbonato natural e precipitado	20 % carbonato natural	
	50 % carbonato precipitado	48 % carbonato precipitado

AGENTES DE COLAGEM

COLAGEM É A PROPRIEDADE QUE CONTROLA A PENETRAÇÃO DE LÍQUIDOS NO INTERIOR DE UMA FOLHA DE PAPEL.

A PENETRAÇÃO DE LÍQUIDOS OCORRE POR CAPILARIDADE: O PAPEL CONTÉM INÚMEROS POROS FORMADOS PELOS ESPAÇOS ENTRE FIBRAS, PERMITINDO A PENETRAÇÃO DE LÍQUIDOS.

A AÇÃO DE COLAGEM É A APLICAÇÃO DE UM RECOBRIMENTO PARCIAL DAS FIBRAS COM MATERIAL REPELENTE À ÁGUA. AS PAREDES DOS POROS PASSAM A SER RESISTENTES À UMIDADE, FAZENDO COM QUE A TAXA DE PENETRAÇÃO E O ESPALHAMENTO NA SUPERFÍCIE DA FIBRA SEJAM GRANDEMENTE REDUZIDOS. (fig. 1)

A MELHOR COLAGEM INTERNA OCORRERÁ QUANDO O ÂNGULO DE CONTATO ENTRE A BOLHA DE ÁGUA E A SUPERFÍCIE DO PAPEL FOR O MAIOR POSSÍVEL (POR REPELÊNCIA DA SUPERFÍCIE À ÁGUA - HIDROFOBIA) E OS RAIOS DOS CAPILARES FOREM OS MENORES POSSÍVEIS.

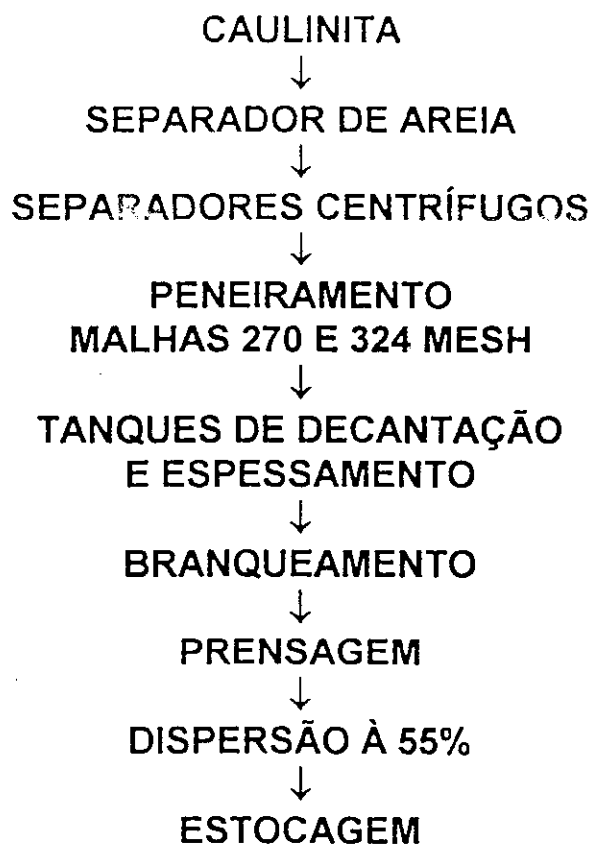
O ÂNGULO DE CONTATO ENTRE O LÍQUIDO E A FIBRA CELULÓSICA AUMENTA COM A COLAGEM INTERNA DO PAPEL E OS RAIOS DOS CAPILARES DIMINUEM COM A REFINAÇÃO (ATÉ CERTO PONTO, LIMITADO PELO AUMENTO EXCESSIVO DA ÁREA SUPERFICIAL DA FIBRA).

CAULIM PARA CARGA

<u>COMPOSIÇÃO QUÍMICA:</u>	48 %	SiO ₂
	38 %	Al ₂ O ₃
	1 %	Fe ₂ O ₃
	13 %	H ₂ O

OBTENÇÃO: À PARTIR DO MINERAL CAULINITA.

MÉTODO:

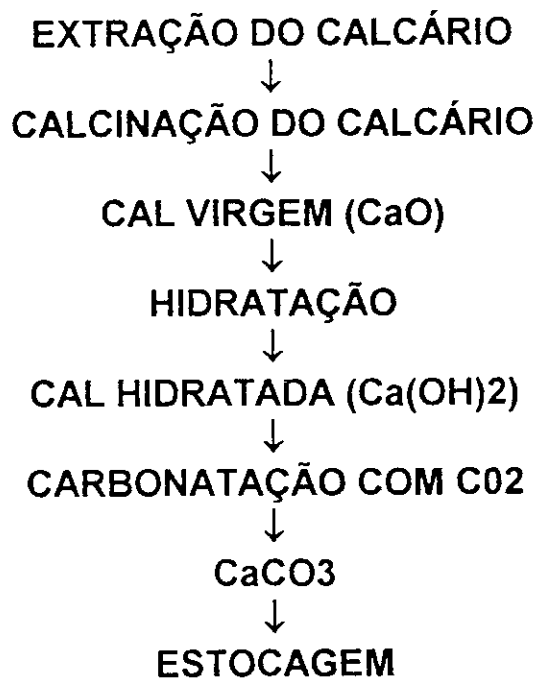


CARBONATO DE CÁLCIO PRECIPITADO

COMPOSIÇÃO QUÍMICA: 98,5% CaCO_3
 1,5 % OUTROS

FONTE DE OBTENÇÃO: CALCÁRIO

MÉTODO:



COMPOSIÇÃO DO BREU:

- 90 % - ácidos resinosos (abiéticos e pimáricos) - fig. 2
- 10% - fração neutra (ácidos graxos)

O PROCESSO DE FORTIFICAÇÃO E SAPONIFICAÇÃO DO BREU ESTÁ DEMONSTRADO NAS FIG. 3 E 4.

PROCESSO DE COLAGEM: CONSISTE NA PRECIPITAÇÃO DA COLA DE BREU ATRAVÉS DA ADIÇÃO DO SULFATO DE AL., RESULTANDO NUMA PARTÍCULA DE CARGA POSITIVA, QUE SOB CONDIÇÕES DE pH E CONTATO COM AS FIBRAS QUE TEM CARÁTER NEGATIVO, SERÃO ATRAÍDAS E FIXADAS POR ADSORÇÃO. fig. 5.

PRINCIPAIS CONTROLES:

- ◇ relação sulfato / cola;
- ◇ diluição da cola e do sulfato;
- ◇ dosagem de sulfato e pH;
- ◇ contaminantes p.e. Cl-;
- ◇ retenção.

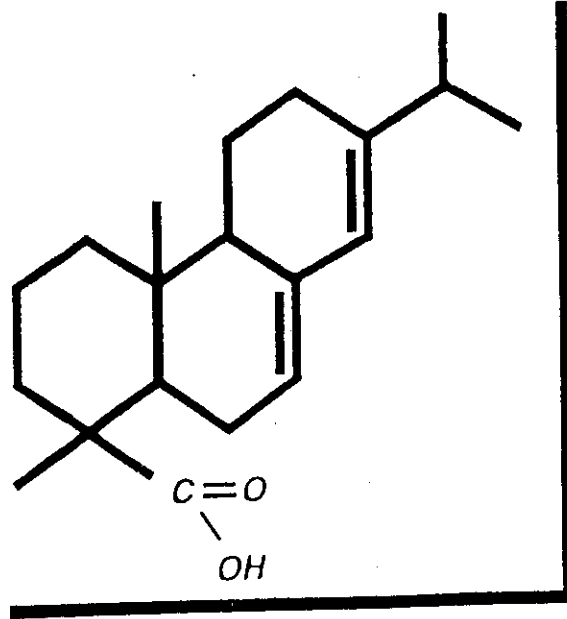
⇒ SISTEMA PSEUDO-NEUTRO:

AGENTE DE COLAGEM: breu emulsionado

ORIGENS: processo especial de emulsificação do breu em partículas aniônicas ou catiônicas.

PRINCIPAIS TIPOS DE ÁCIDOS RESÍNICOS DO BREU

Tipos Abiéticos



Tipos Pimáricos

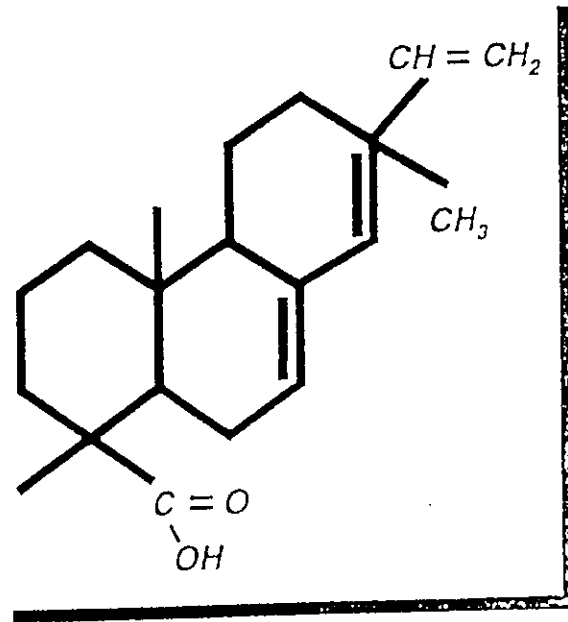
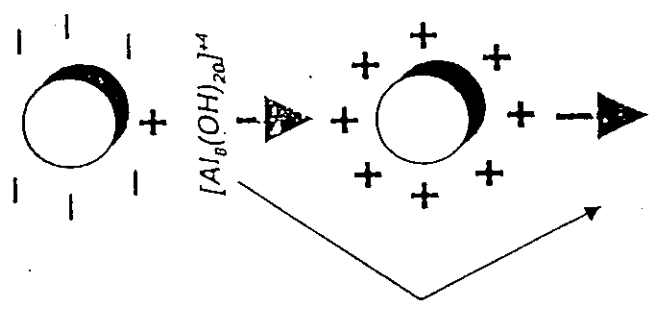


FIG. 2

HERSIZE - EMULSÃO ANIÔNICA DE BREU



0.2 - 0.5 Microns
Breu Particulado

Sistema em pH 4.7 - 5.2

Absorção Pela Atração
de Cargas Opostas

- O breu particulado necessita de uma quantidade de Sulfato de Alumínio, suficiente para mudar a sua carga negativa para positiva.
- Como a área superficial de Hersize é menor, por causa do seu maior tamanho, a quantidade de Sulfato necessária é menor que com as colas saponificadas.
- Os melhores resultados são obtidos na faixa de pH 4.7 - 5.2, onde é formado o Hidróxido de Alumínio Polimerizado, em razão do seu poder de retenção.

Superfícies negativas de
fibras, finos e cargas minerais.

⇒ ALCALINA:

AGENTES DE COLAGEM:

- AKD - Dímero de Alquil Ceteno
- ASA - Anidrido Alquenil Succínico

ORIGENS:

- AKD - Gordura Animal
- ASA - Resina Extraída do Petróleo

PROCESSO DE COLAGEM:

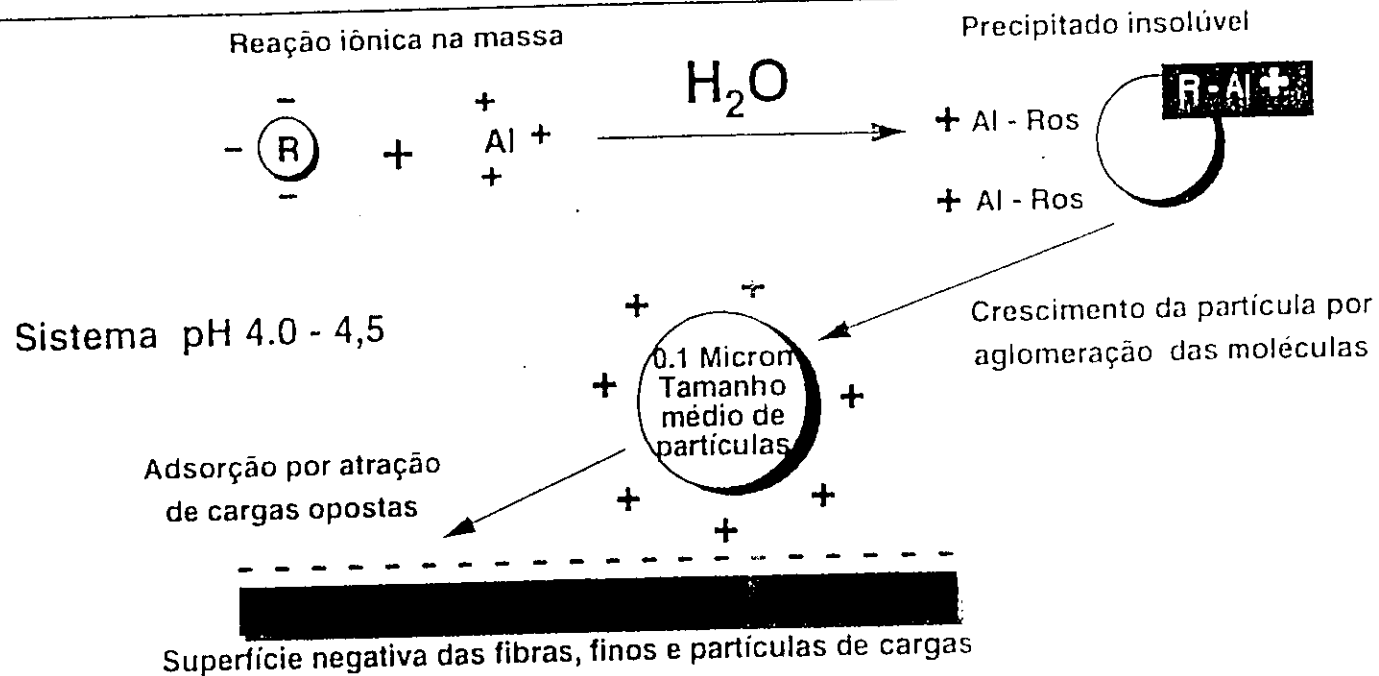
O AGENTE DE COLAGEM TEM A HABILIDADE DE FORMAR LIGAÇÕES COVALENTES COM AS FIBRAS DE CELULOSE (OCORRE UMA REAÇÃO QUÍMICA).

PRINCIPAIS CONTROLES:

- Retenção total e especialmente Retenção de Cargas;
- Pontos de Aplicação;
- Estudo cuidadoso dos aditivos e controles sob a matéria prima (abrasividade, área superficial específica, TMP)
- Alcalinidade;
- Demanda Iônica.

SISTEMA DE COLAGEM COM COLA SAPONIFICADA

Pasta ou Líquida



- Cola de breu saponificada reage com o alumínio para formar um precipitado insolúvel. No pH 4.0 - 4.5, a partícula do precipitado tem uma carga catiônica forte e é absorvido pela fibra, finos e cargas aniônicas.

FIG. 5

PROCESSO DE COLAGEM: Diferentemente da cola de breu saponificada não ocorre a formação de um precipitado.

O sulfato de alumínio, na forma polimerizada, cationiza a partícula de cola permitindo a adsorção nas fibras. Fig. 6.

IMPORTÂNCIA:

- ◇ Permite utilização de Carbonato de Cálcio como carga, obviamente sem o uso de colas sintéticas;
- ◇ Assume especial importância em sistemas que reutilizam aparas alcalinas;
- ◇ Não apresenta alguns inconvenientes das colas sintéticas como hidrólise e seus desdobramentos.

PRINCIPAIS CONTROLES:

- ◇ Retenção;
- ◇ Pontos de aplicação;
- ◇ Dosagem de sulfato (relação sulfato/cola mínima);
- ◇ PAC - contribui com a colagem.

FORTIFICAÇÃO DO BREU

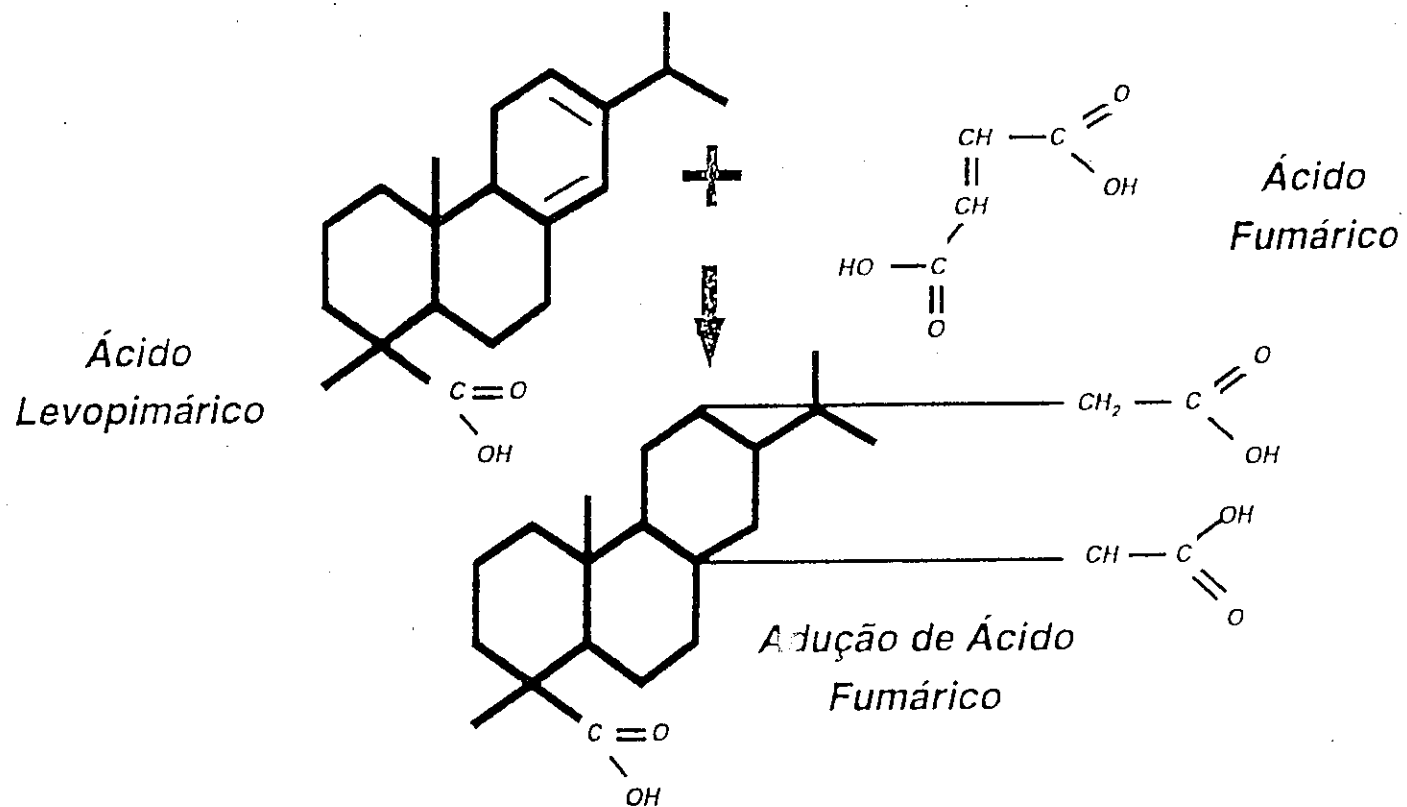


FIG. 3

RESUMO: COLA SAPONIFICADA x COLA EMULSÃO

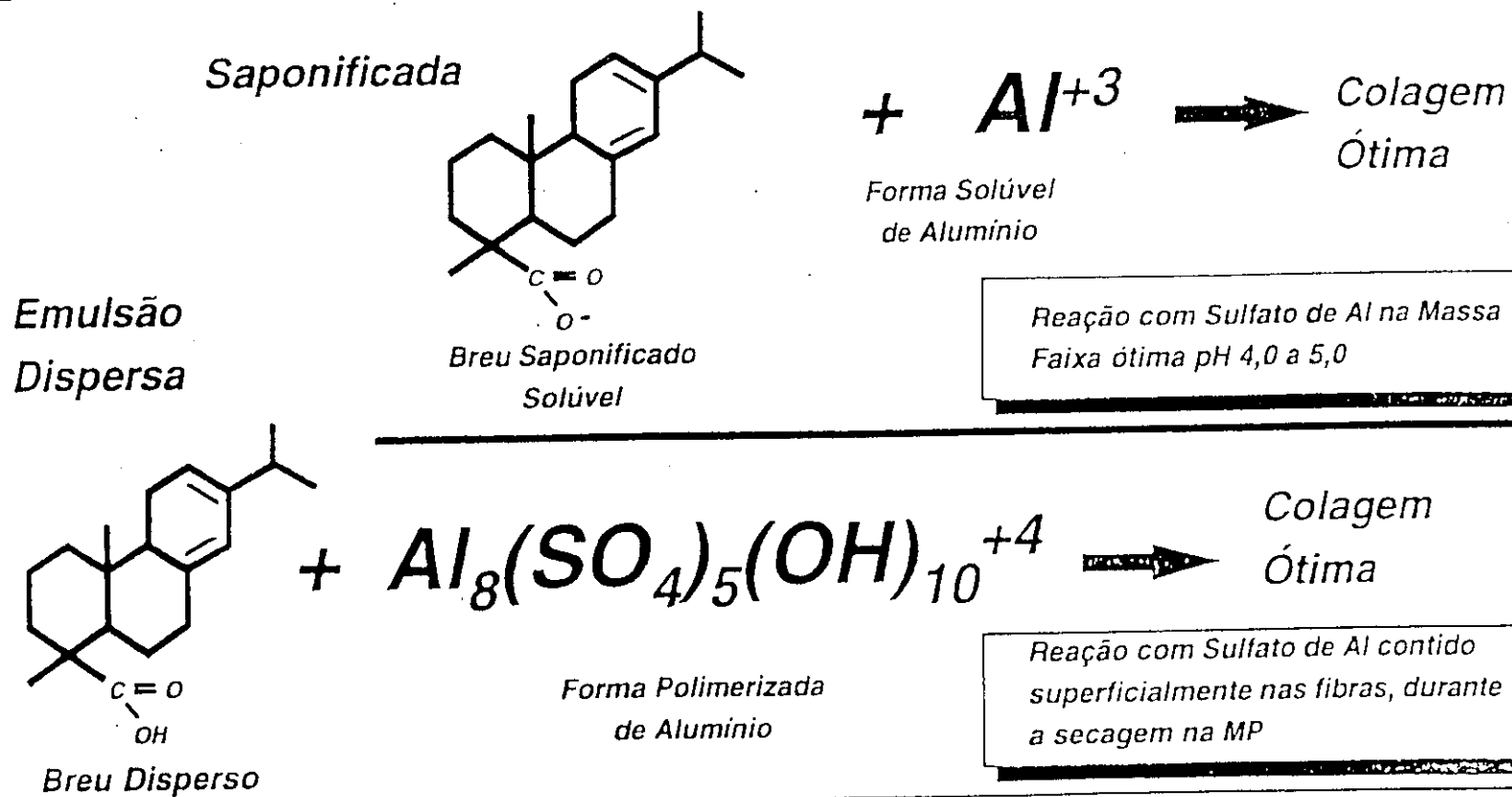


FIG. 4

QUADRO COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE COLAGEM
ALCALINA X ÁCIDA.

<u>PAPEL ÁCIDO (CAULIM)</u>	<u>PAPEL ALCALINO (CARBONATO DE CÁLCIO)</u>
<u>VANTAGENS:</u>	
<ul style="list-style-type: none"> -PROCESSO CLÁSSICO (APROX. 200 ANOS) -VASTO CONHECIMENTO DO CONTROLE DE PROCESSO -EM PAPÉIS QUE NÃO EXIGEM ALTA BRANCURA APRESENTA CUSTO BAIXO 	<ul style="list-style-type: none"> -TEOR DE CARGA MINERAL SUPERIOR -MAIOR DRENAGEM -MENOR CONSUMO DE ENERGIA -MENOR CARGA DE EFLUENTES -PERMITE O USO DE APARAS DE PAPEL COUCHÉ -MENOR CORROSÃO -MAIOR ALVURA -MAIOR OPACIDADE -MAIOR PERMANÊNCIA -CARBONATOS PRECIPITADOS PERMITEM EXPLORAR CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS -ATINGE-SE MAIORES NÍVEIS DE EFICIÊNCIA
<u>DESVANTAGENS:</u>	
<ul style="list-style-type: none"> -RESISTÊNCIAS FÍSICAS INFERIORES -ENVELHECIMENTO PREMATURO -CORROSÃO DE EQUIPAMENTOS ACELERADA 	<ul style="list-style-type: none"> -EXIGE MAIOR CONTROLE DE PROCESSO -DESCONTROLES DE PROCESSO RESULTAM EM PERDAS MAIS GRAVES -CURVA DE APRENDIZAGEM MAIS LENTA -CARBONATOS NATURAIS SÃO MAIS ABRASIVOS QUE O CAULIM

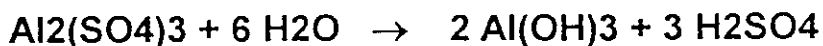
QUÍMICA DO SULFATO DE ALUMÍNIO (Al₂SO₄)

⇒ APLICAÇÃO:

- ◇ PRECIPITA A COLA DE BREU EM SISTEMAS DE pH ÁCIDO;
- ◇ CATIONIZA AS PARTÍCULAS DE BREU LIVRE NA COLAGEM PEUDO-NEUTRA;
- ◇ AUXILIA A RETENÇÃO E DRENAGEM EM QUALQUER SISTEMA, ATUANDO COMO COAGULANTE;
- ◇ CONTROLA O pH EM SISTEMAS ÁCIDOS (ALTO PODER DE TAMPONAMENTO NA FAIXA DE 3,8 A 4,2);

⇒ EM SOLUÇÃO APRESENTA: Al₂(SO₄)₃.14 H₂O
EQUIVALENTE À 17 % Al₂O₃ À 50 % → 7,5 - 8.5 % DE Al₂O₃.
(SECA)

⇒ REAÇÃO BÁSICA:



ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE O SULFATO DE ALUMÍNIO:

- Em sistema aquoso:

- ◇ Assume diversas formas químicas que convivem ao mesmo tempo;
- ◇ cada uma delas possui diferentes propriedades;
- ◇ o pH e a concentração determinam as formas;

São 4 as formas químicas de maior importância:

1. Íon solúvel de Alumínio (Al^{3+})

- ◇ é a forma tal qual recebemos;
- ◇ altamente catiônica e muito solúvel (difícil adsorção na fibra);
- ◇ forte presença em pH de 3,8 à 4,2;
- ◇ promove precipitação da cola;

2. Polímero solúvel de alumina: $Al_8(OH)_{20}^{+4}$

- ◇ é a forma mais reativa;
- ◇ alta intensidade de carga catiônica;
- ◇ coexiste em faixa pequena de pH 4,5 - 5,0;
- ◇ é rapidamente adsorvido à superfície das fibras;
- ◇ promove coagulação atuando como auxiliar de retenção e drenagem;
- ◇ permite equilíbrio químico em sistemas muito aniônicas.

3. Hidróxido de alumínio insolúvel: $Al(OH)_3$

- ◇ é gelatinoso e tem carga neutra;
- ◇ é a forma predominante da alumina entre pH 5 e 9;
- ◇ colabora na adsorção de colóides.

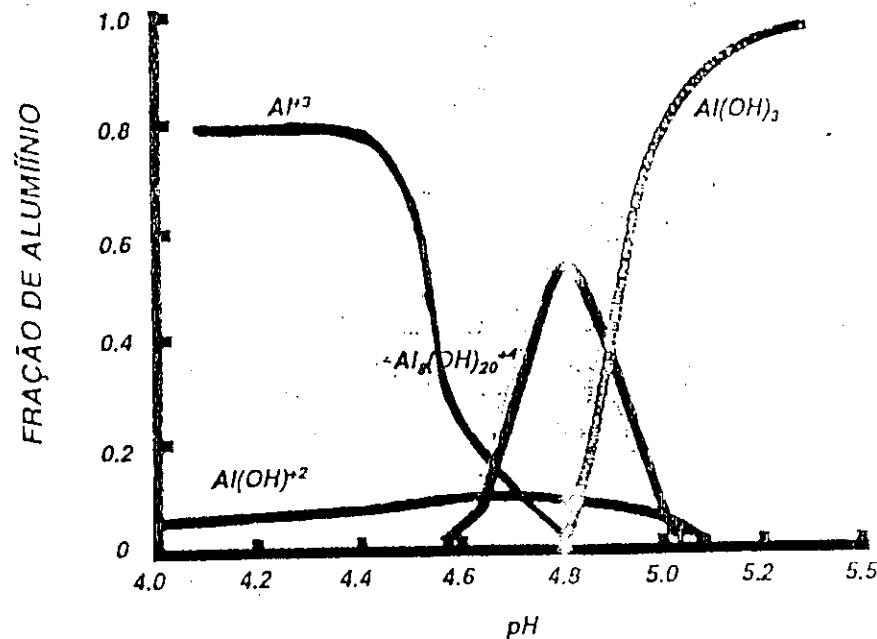
4. Íon solúvel de aluminato: Al(OH)_4^-

- ◇ é a única forma presente acima de pH 10;
- ◇ caráter aniônico, sem função de coagulação.

A FIGURA 1 MOSTRA COMO A ALUMINA ASSUME DIFERENTES FORMAS COM OS VALORES DE pH.

O uso excessivo de sulfato de alumínio para controles a baixos pHs, gera nos pontos de choque de pH, flóculos de hidróxido de alumínio gelatinoso. Este sub-produto gera entupimento de feltros, de rolos e incrustações químicas propiciando o acúmulo de microorganismos.

DISTRIBUIÇÃO DAS FORMAS DO ALUMÍNIO NA FAIXA DE pH 4.0 - 5.5



- A formação do Hidrato de Alumínio Polimerizado é desejável por favorecer a retenção. Estes dados representam um equilíbrio de valores, que podem variar com as condições de fábrica.

RETENÇÃO E DRENAGEM

DEFINIÇÕES:

RETENÇÃO TOTAL = $\frac{\text{quantidade retida na folha}}{\text{quantidade adicionada na massa}}$
E DE CARGA (%)

RETENÇÃO DE 1° = $\frac{\text{quantidade retida na folha}}{\text{quant. presente na cx. de entrada}}$
PASSAGEM TOTAL E DE CARGA (%)

MECANISMOS DE RETENÇÃO:

- ◇ **FILTRAÇÃO MECÂNICA:** iniciado pela filtração nas telas (aberturas de aproximadamente 75 μ) e efetivado pela formação da trama de fibras. fig. 1 e 2.
- ◇ **NEUTRALIZAÇÃO:** através de sistemas de coagulação, reduzindo a repelência mútua das cargas negativas, dá início ao processo de adsorção por sítios. fig. 3.
- ◇ **FLOCULAÇÃO:** pelo alto peso molecular (>100.000) atuam como verdadeiras pontes entre as partículas coaguladas, entrelaçando-as em um flóculo. fig. 4

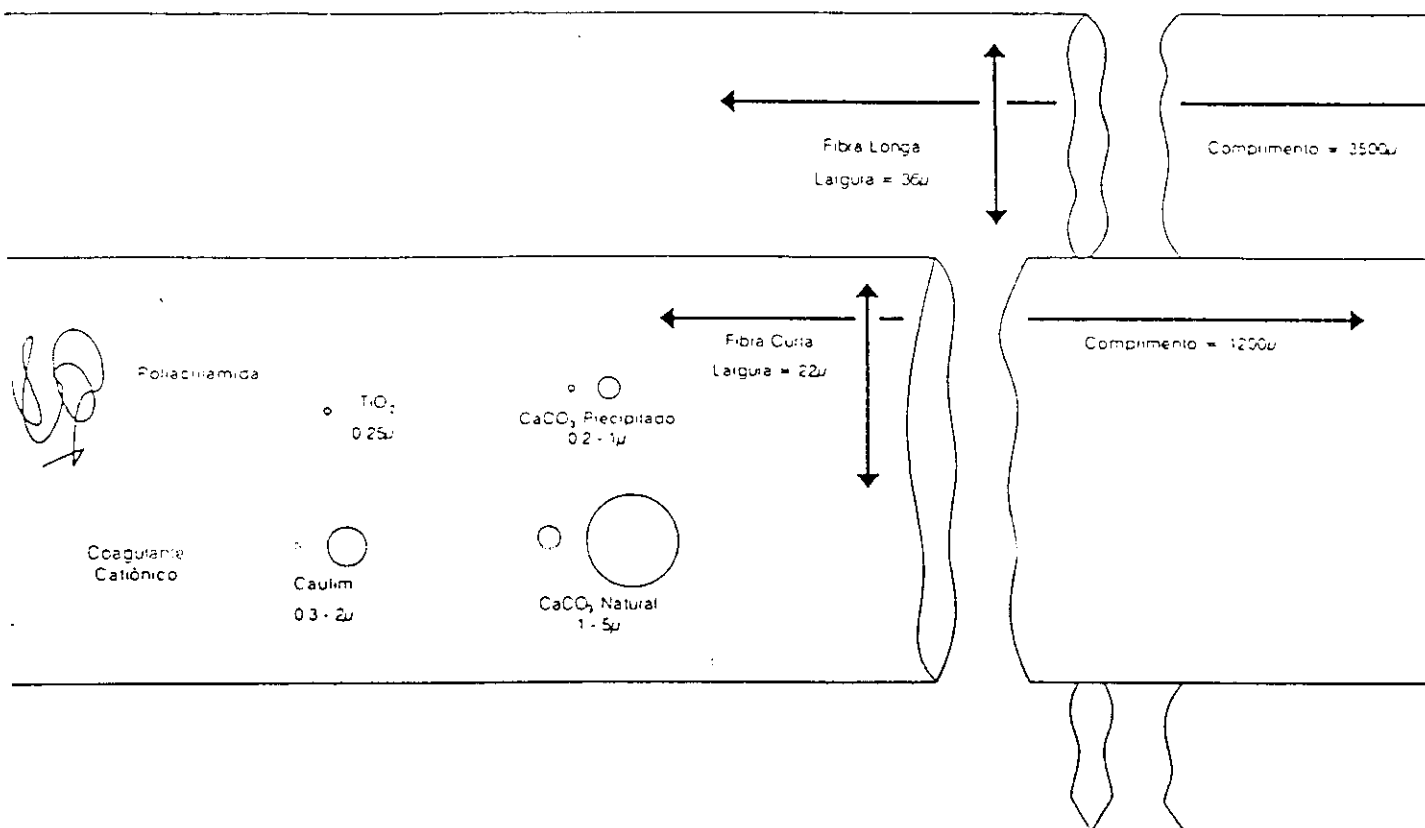


Figura 1. Componentes típicos da massa.

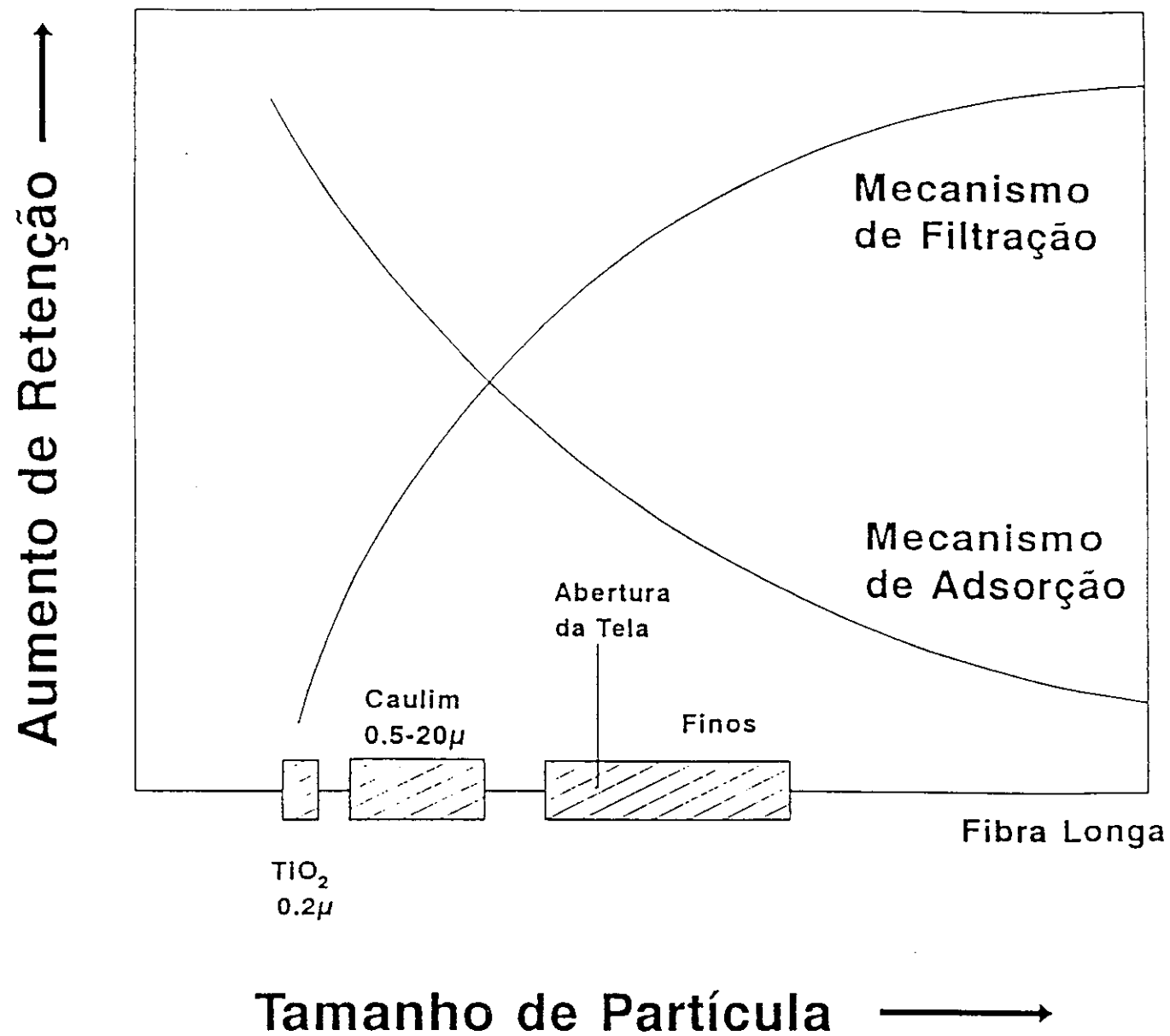


Figura 2. Efeito do tamanho de partícula no mecanismo de retenção.

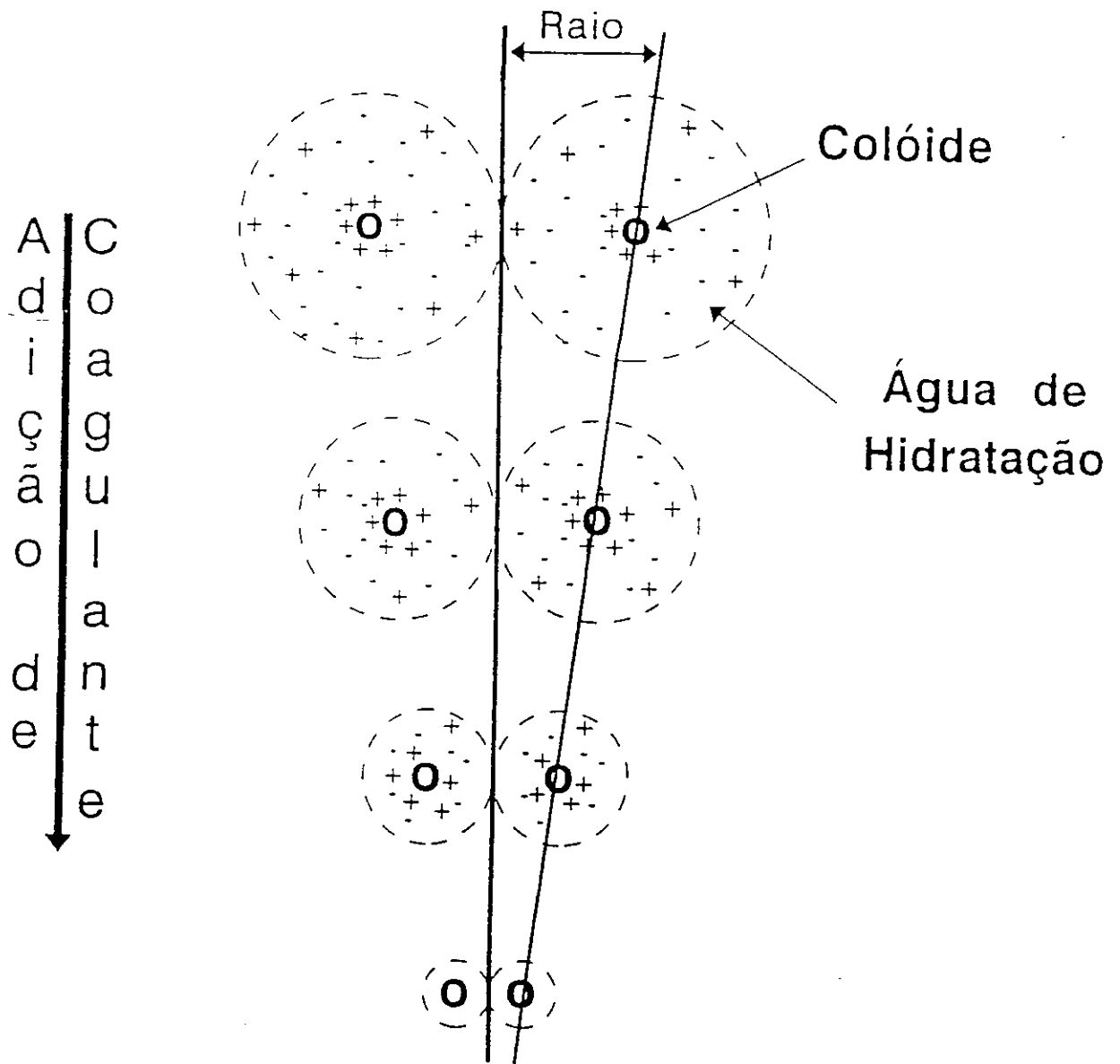
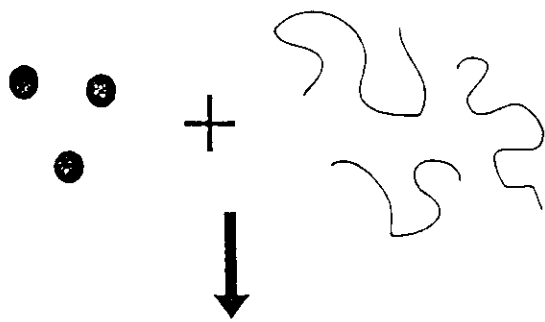
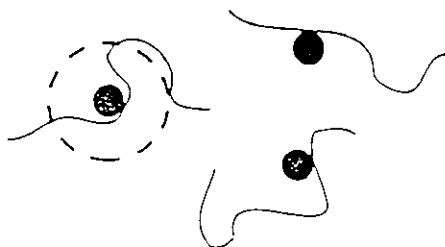


Figura 3. O processo de coagulação.

1. Dispersão de polímero e partículas coloidais.



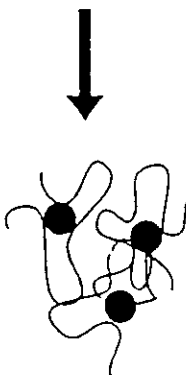
2. Adsorção à superfície.



3. Compressão ou assentamento do polímero adsorvido.



4. Colisão das partículas adsorvidas por polímeros para formação de ligações e floculos maiores.



As linhas pontilhadas mostram a dimensão da camada elétrica difusa (ou raio de repulsão elétrica entre as partículas). A cadeia do polímero adsorvido deve se estender além desta camada e estender-se sobre as demais partículas para formar uma ligação eficiente.

Figura 4. Ligação de partículas com floculantes de alto peso molecular.

PRINCIPAIS SISTEMAS:

◇ COAGULANTES INORGÂNICOS:

- SAIS DE ALUMÍNIO HIDROLISÁVEIS (SULFATO DE ALUMÍNIO, ALUMINATO DE SÓDIO).
- DEPENDENTES DO pH.

◇ COAGULANTES ORGÂNICOS:

- CATIÔNICOS
- BAIXO PESO MOLECULAR
- SOLUÇÃO AQUOSA
- NÃO AFETA O pH DO SISTEMA
- RELATIVAMENTE INSENSÍVEL AO pH DO SISTEMA

◇ SISTEMAS MICROPARTICULADOS:

- Se utilizam dos dois sistemas simultaneamente e mais um agente de aglomeração.

- Coagulação: sulfato/amido/polímero de baixo peso molecular;
- Floculação: amido catiônico/polímero de alta densidade de carga e médio peso molecular;
- Co-floculante: Sílica coloidal (bentonita é uma delas). Possuem áreas superficiais de alta atividade e alta densidade de carga.

VANTAGENS:

- aumenta drenagem pelo incremento da permeabilidade
- captura de colóides com alta eficiência
- melhor formação, pelo mesmo tamanho dos flóculos
- melhor resistência, teoricamente pela melhor formação.

AMIDOS DE MASSA

⇒ PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

- ◇ INCREMENTO DE RESISTÊNCIAS FÍSICAS DO PAPEL (SCOTT BOND, À ÚMIDO);
- ◇ AUXILIA A RETENÇÃO DE ADITIVOS E FIBRAS;
- ◇ INCREMENTA DRENAGEM;
- ◇ CONFERE ESTABILIDADE QUÍMICA IÔNICA DA MASSA.

⇒ ORIGEM:

- ◇ MILHO (65% AMIDO, 15% ÁGUA)
- ◇ BATATA (18% AMIDO, 78% ÁGUA)
- ◇ MANDIOCA

⇒ ESTRUTURA QUÍMICA: FIG 1

⇒ PRINCIPAIS COMPONENTES:

- ◇ AMILOPECTINA (POLÍMERO RAMIFICADO): PM CENTENAS DE MILHÕES.
- ◇ AMIOSE (POLÍMERO LINEAR): PM < 1 MILHÃO

Amido e Celulose

Estruturas Químicas

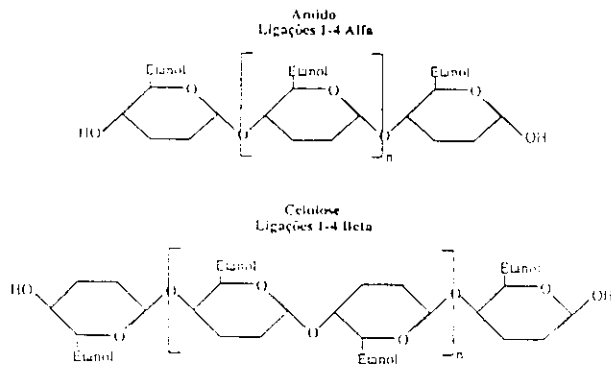


FIG. 1

COZIMENTO DO AMIDO / MODIFICAÇÃO DOS GRÂNULOS

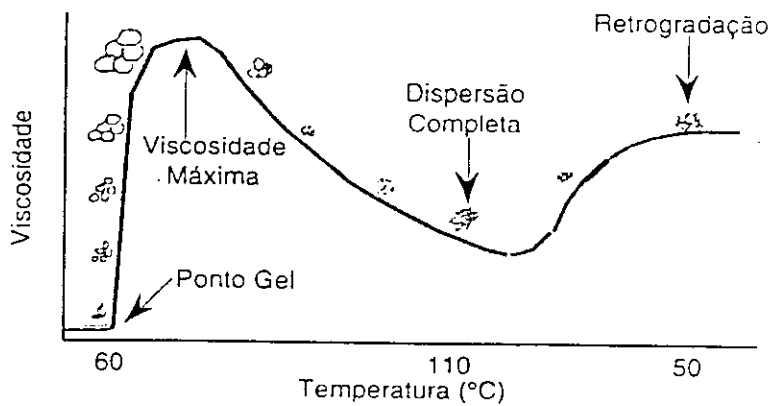


FIG. 2

PONTOS DE ADIÇÃO:

ADITIVO	LOCAL	MOTIVO
doador catiônico (sulfato de alumínio, PAC)	água branca - linha de alimentação da caixa de entrada	melhorar retenção e drenagem
amido interno	antes ou após depurador vertical	equilíbrio iônico e floculação
retentor (polímero ou sílica)	depois do amido interno	máximo de retenção - equilíbrio da química iônica.

CORANTES E ALVEJANTES ÓTICOS

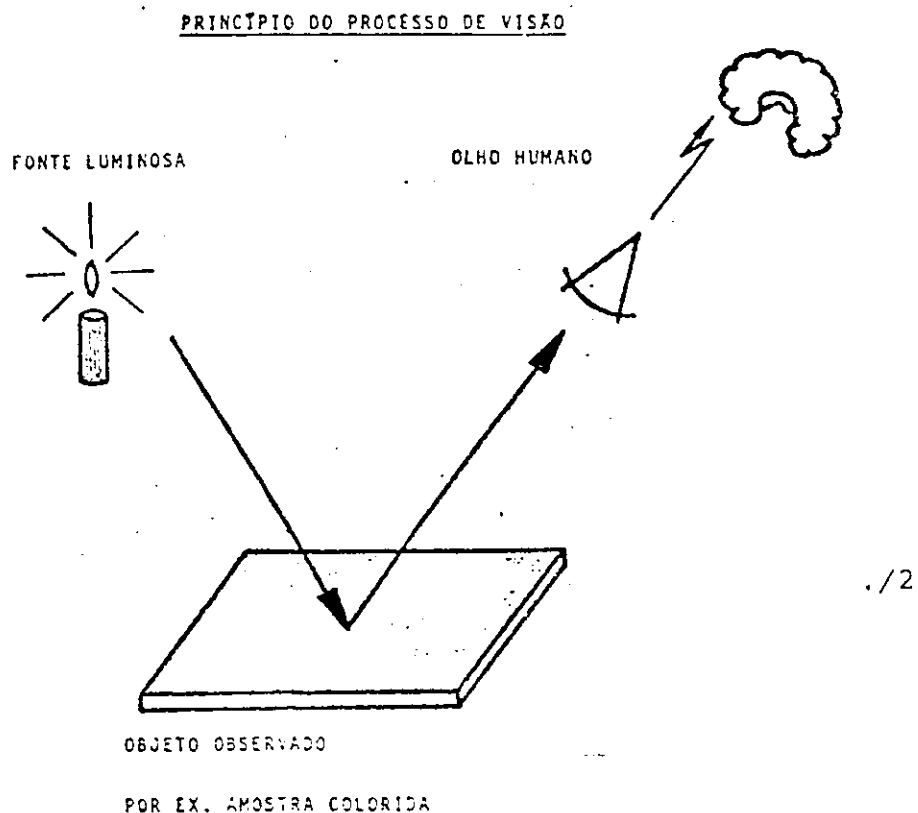
- NOÇÕES DE COLORIMETRIA -

COR: aparência dos corpos segundo o modo como refletem ou absorvem a luz.

COMO EXISTEM DIFERENTES CORES ?

A luz é constituída por ondas magnéticas de diferentes “comprimentos de onda” e cada objeto tem uma maneira particular de refletí-la ou absorvê-la. Finalmente o olho humano ou um equipamento apropriado terá a percepção visual ou, poderá quantificar a presença de cor. A Figura 1 mostra as fases que levam a percepção da cor que inicia-se na fonte de luz, reflete-se em um objeto e é percebida pelo olho humano.

Figura 1:



A. FONTES DE LUZ:

A figura 2 ilustra como se apresenta o chamado "espectro de luz visível" e os comprimentos de onda próximos a esta faixa.

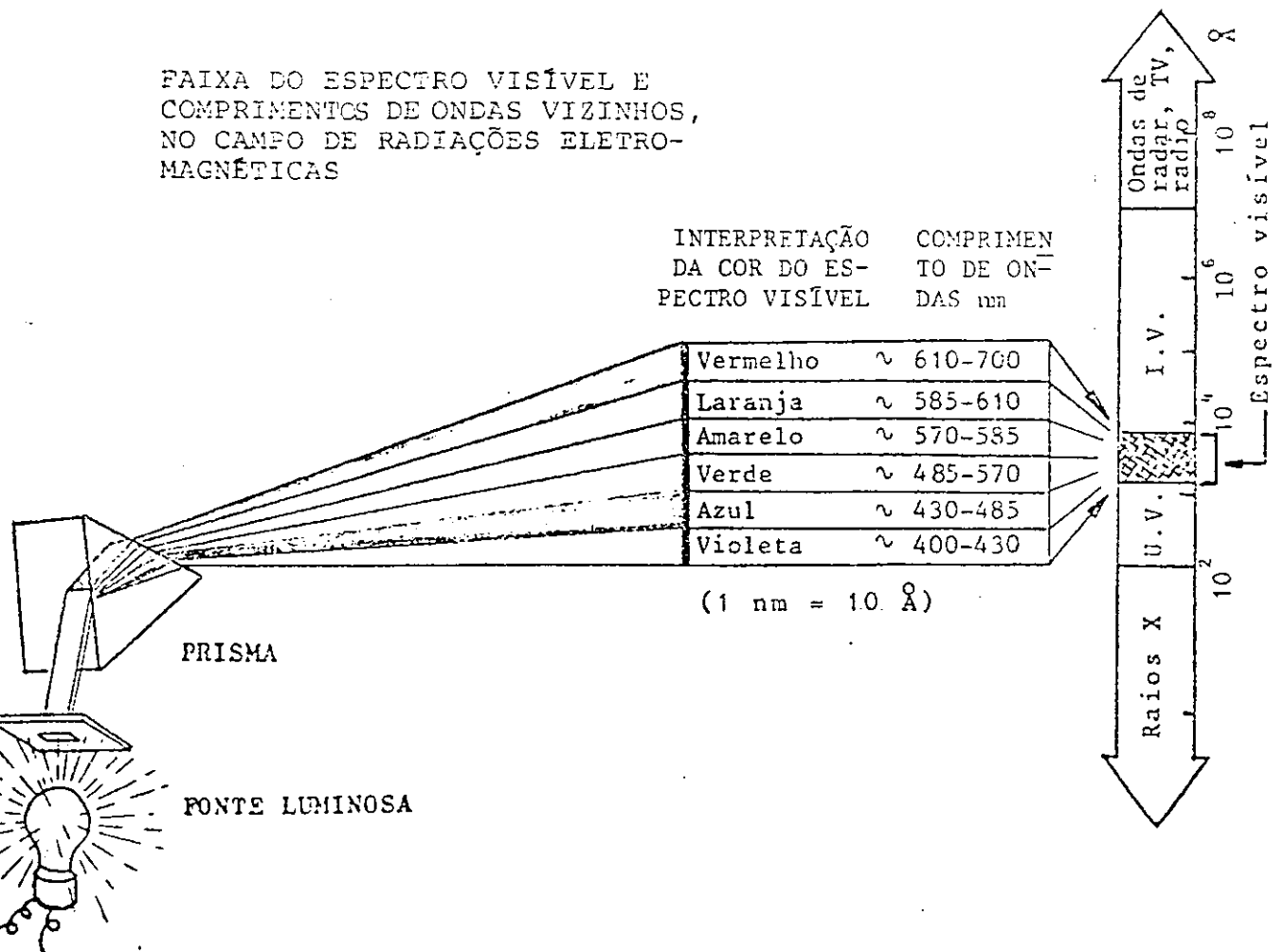
Figura 2:

FAIXA DO ESPECTRO VISÍVEL E
COMPRIMENTOS DE ONDAS VIZINHOS,
NO CAMPO DE RADIAÇÕES ELETRO-
MAGNÉTICAS

INTERPRETAÇÃO DA COR DO ES- PECTRO VISÍVEL	COMPRIMEN- TO DE ON- DAS nm
--	-----------------------------------

Vermelho	~ 610-700
Laranja	~ 585-610
Amarelo	~ 570-585
Verde	~ 485-570
Azul	~ 430-485
Violeta	~ 400-430

(1 nm = 10 Å)



B. OBJETOS:

Há essencialmente três comportamentos dos objetos em relação a luz:

- Transmissão: quando a luz atravessa o material;
- Absorção: quando a luz é parcial ou totalmente absorvida pelo material;
- Remissão: quando a luz é refletida pelo material.

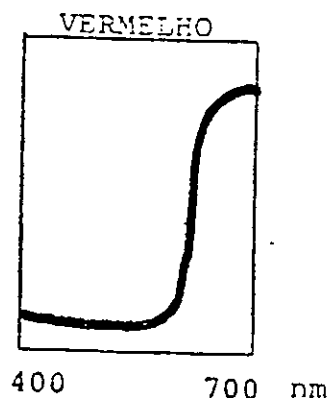
Em estudos de determinação de cores o fenômeno de remissão é o mais considerado.

O que ocorre com a luz branca:

- Totalmente refletida → o objeto é branco
- Parcialmente refletida → o objeto é apresenta cor
- Totalmente absorvida → o objeto é preto

Exemplos de remissão:

→ Quando a luz branca incide num objeto vermelho:



→ Quando a luz branca incide num objeto azul:



C. INSTRUMENTOS DE OBSERVAÇÃO:

⇒ Olho humano: usa três parâmetros para diferenciar as cores: tonalidade (matiz), intensidade de cor (luminosidade) e pureza (saturação).

⇒ Equipamentos: usa o mesmo critério que o olho humano e através de padronizações e procedimentos consegue quantificar a percepção de cor. A padronização é dada pelo sistema CIE (Comission Internacional de l'Eclavage).

Valores tri-estímulos:

Qualquer impressão de cor pode ser medida através destes valores e são demonstrados através do "diagrama de cromaticidade".

Figura 3: diagrama de cromaticidade x,y - em valores numéricos.

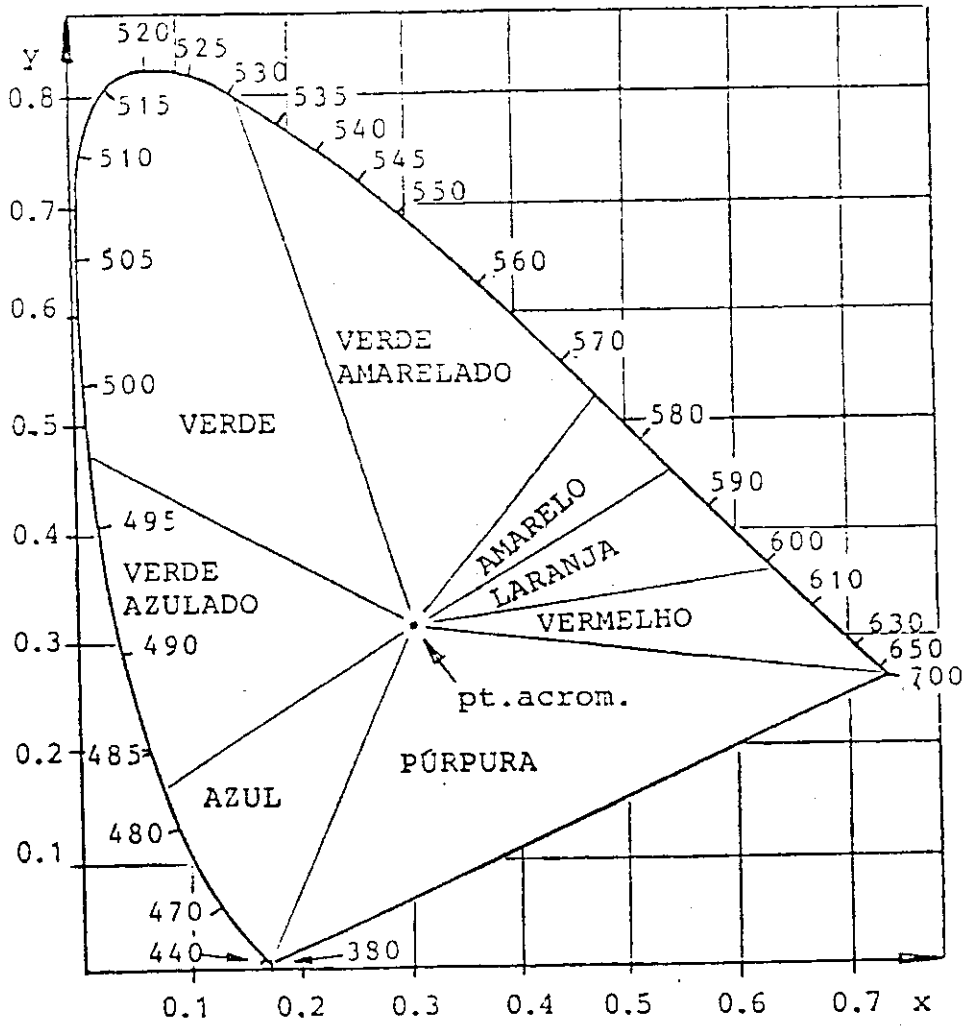
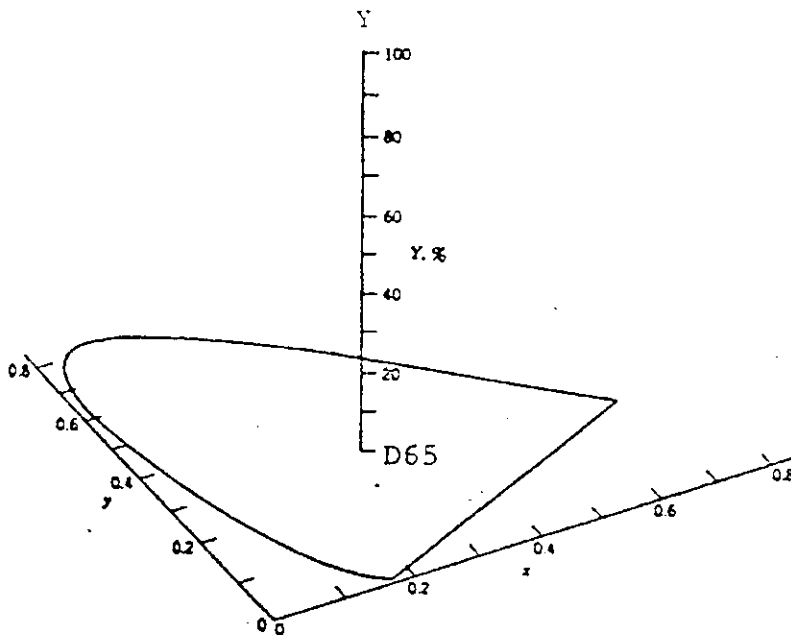


Figura 4: o corpo de cores CIE - intensidade de cor (luminosidade, claridade).



Para permitir medidas num sistema de maior aplicação prática foram criados os “sistemas uniformes de cromaticidade”, entre eles o sistema que usa a fórmula de Hunter, ou Hunterlab que se baseia em três eixos perpendiculares chamados L,a,b. (são coordenadas de cores).

Interpretação das medidas:

- a: valor negativo → verde
valor positivo → vermelho
- b: valor negativo → azul
valor positivo → amarelo
- c: valor 0 → preto
valor 92 → branco

Grau de Brancura:

Embora as coordenadas de cor X,Y,Z possam ser utilizadas na determinação do ponto cromático do branco, ainda assim não demonstra grande precisão porque também o olho humano se confunde nesta avaliação, variando de pessoa para pessoa.

Então foram criados índices especialmente para diferenciar estágios da cor branca:

- Grau de brancura W_{10} ou fator de tonalidade TW_{10} .
- Índice de Amarelecimento: expressa o grau de brancura pelo grau de amarelecimento do papel.
- Fluorescência: é a medida da transformação da luz UV artificial (366nm), em luz visível, promovida pelos alvejantes óticos.

ALVEJANTES ÓTICOS

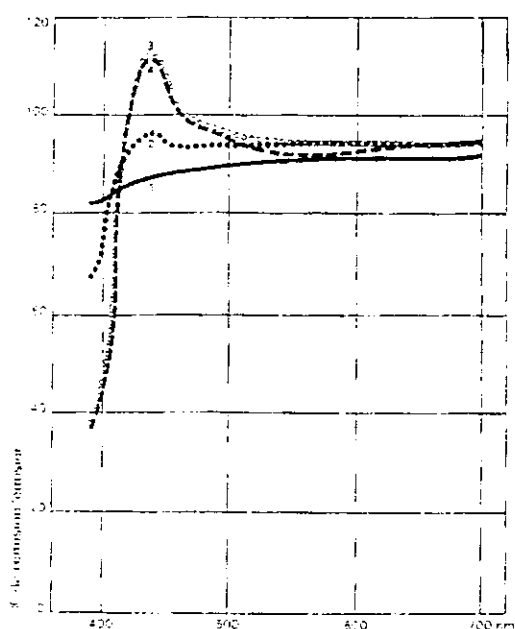
São compostos fluorescentes que incorporados a trama fibrosa branqueada absorvem as radiações ultravioleta (UV) invisíveis e as reemitem em forma de luz azul visível.

A faixa de conversão da luz UV ocorre desde o azul violetado até o verde azulado, ou desde 420 até 470 nm dependendo do tipo de alvejante ótico.

O aumento da impressão de branco é dado por dois mecanismos:

- Modificação do matiz;
- Aumento da reemissão, incrementando a luminosidade.

A reemissão de UV nos papéis tratados com alvejante ótico é muito pequena em função da reemissão em outra faixa de luz. Observa-se então o aparecimento da fluorescência na presença da luz do dia e em algumas luzes artificiais. A figura 6 mostra o efeito da introdução de alvejantes óticos ao papel:



1. Sem A.O.
2. 0,02 % de A.O.
3. 0,2 %
4. 0,2 % + Corante

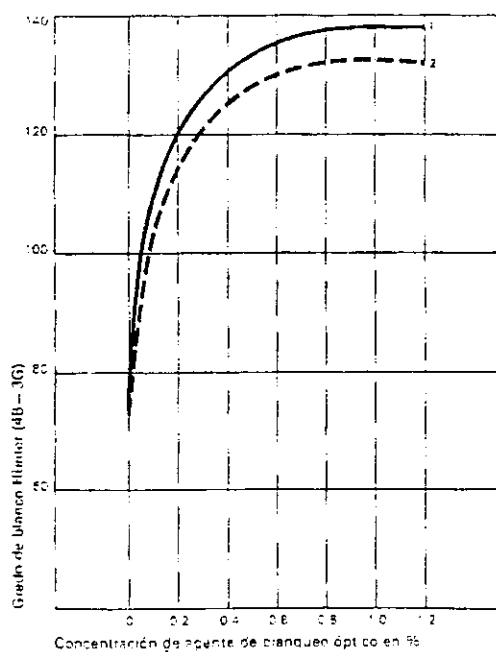
A eficiência dos alvejantes óticos (A.O.) depende basicamente:

- Da brancura original do papel - “fundo”;
- Da quantidade dosada de A.O. e as interferências sofridas até a formação da folha;
- Da estrutura química do A.O.;
- Da distribuição energética espectral da radiação UV ativadora.

- Principais Controles:

- Cuidados na preparação: os A.O. tem grande sensibilidade a contato com ferro e luz. Recomenda-se tanques de aço inox ou revestimento plástico e fibras. A armazenagem deve ser em ambiente livre de luz solar direta.
- Contatos direto com substâncias geralmente inibem a ação dos A.O., especialmente floculantes e amidos catiônicos, dependendo do grau de cationização e agente de resistência à úmido.
- pH muito baixo exige A.O. adaptado para este ambiente.
- Normalmente a eficiência do A.O. é maior quando dosado a média consistência, onde há maior poder de montagem sobre a fibra.
- A solidez à luz de alvejantes óticos geralmente é menor que a das pastas, o que não recomenda o uso de grandes quantidades, forçando o alvejamento.
- A combinação com corantes normalmente aumenta a eficiência dos alvejantes óticos.

- Há claros limites para a dosagem do A.O., A figura 5 mostra o ponto de saturação para dois diferentes tipos:
- A solidez à luz de alvejantes óticos geralmente é menor que a das pastas, o que não recomenda o uso de grandes quantidades, forçando o alvejamento.
- A combinação com corantes normalmente aumenta a eficiência dos alvejantes óticos.



SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUAS

⇒ PORQUE HÁ EXCEDENTE DE ÁGUA NAS FÁBRICAS DE PAPEL ?

FLUXOS DE ENTRADA:

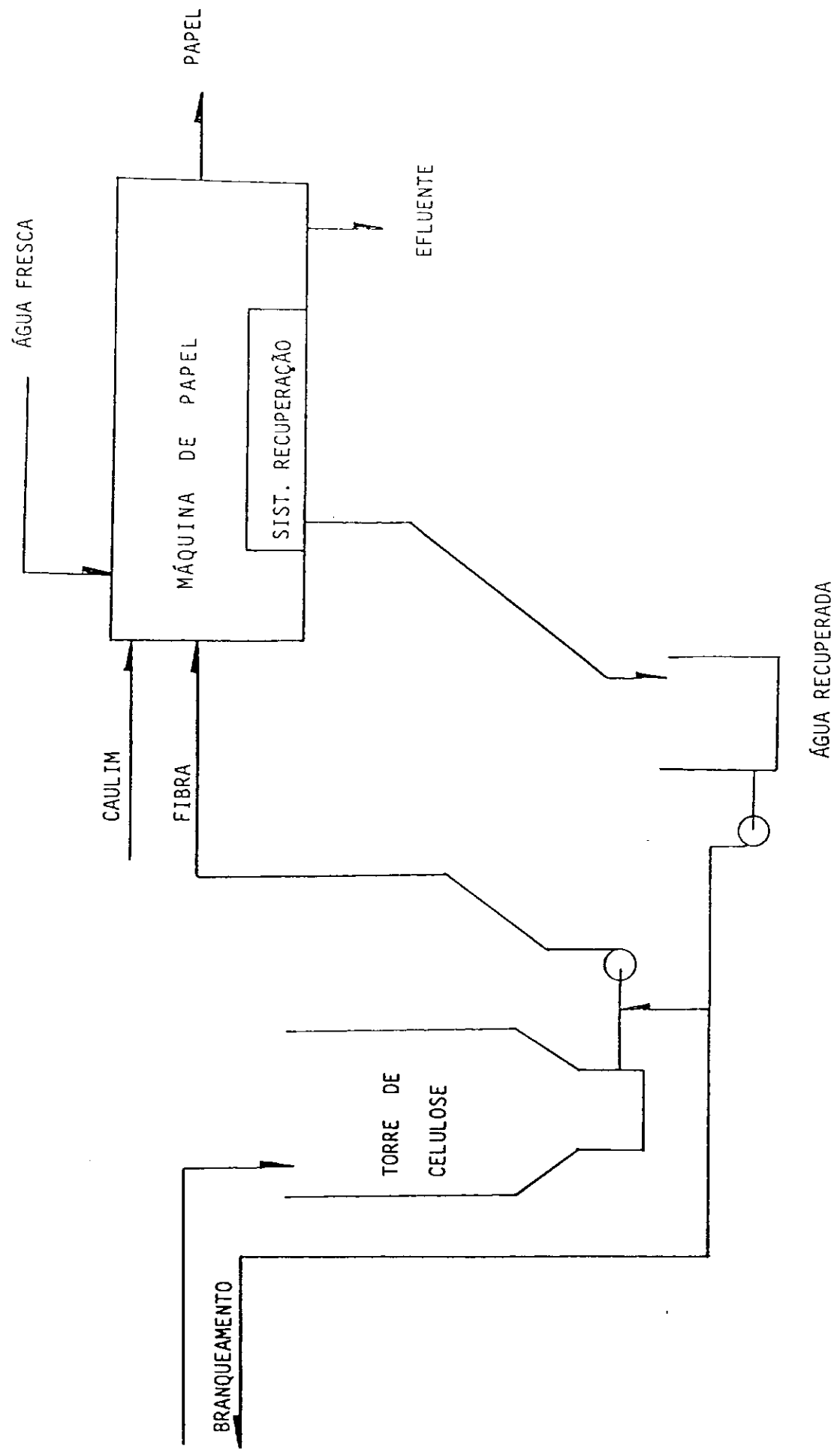
- ÁGUA CARREGADA PELO TRANSPORTE DE FIBRAS ATÉ A MÁQUINA (CONSIST. \approx 5,0%)
- ÁGUA DE DILUIÇÃO DOS ADITIVOS ESPECIALMENTE CAULIM E DILUIÇÃO DE RETENTORES DE CARGA
- ÁGUA DE SERVIÇO: CHUVEIROS, VEDAÇÃO DE GAXETAS, LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO.

FLUXOS DE SAÍDA:

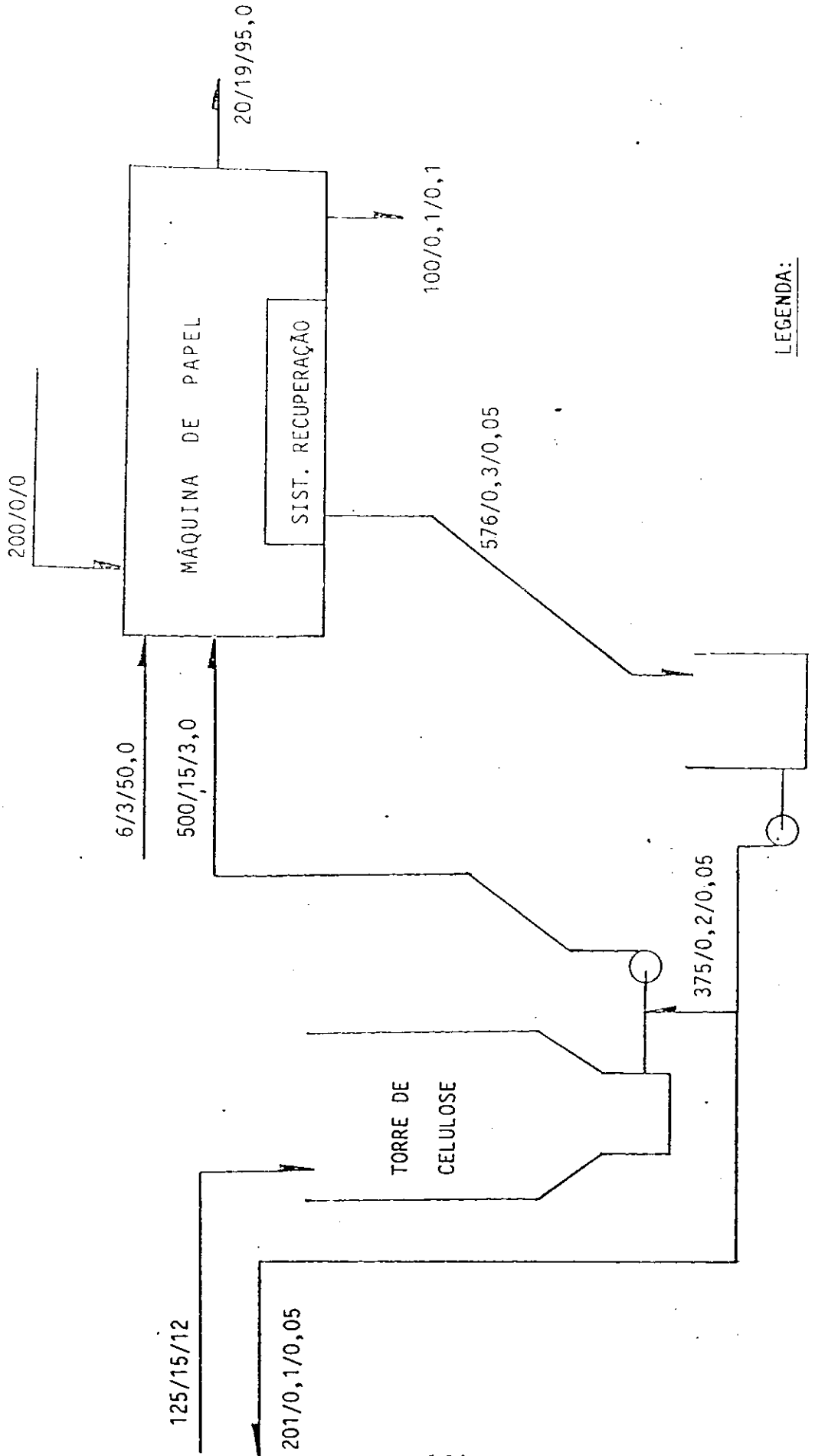
- ÁGUA A SER RECUPERADA
- EFLUENTE
- ÁGUA CARREGADA PELO PAPEL
- ÁGUA EVAPORADA

EXCEDENTE = ENTRADA - SAÍDA

S I S T E M A G L O B A L



BALANÇO GLOBAL



LEGENDA:

m³/h
ton/h
%

ÁGUA RECUPERADA

F E C H A M E N T O D E C I R C U I T O

UTILIZAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE ÁGUAS GERADAS NA PRODUÇÃO DE PAPEL.

. VANTAGENS

- . REDUÇÃO CONSUMO DE ÁGUA FRESCA
- . REDUÇÃO NO CONSUMO DE QUÍMICOS
- . REDUÇÃO VAZÃO DE EFLUENTES

. DESVANTAGENS

- . MAIOR DIFICULDADE NO CONTROLE MICROBIOLÓGICO
- . MAIOR VOLUME DE FINOS NO SISTEMA
- . PODE PROVOCAR DIFICULDADES OPERACIONAIS
- . CONCENTRAÇÃO IÔNICA NO SISTEMA DESCONTROLADA (BALANÇO DE CARGAS)
- . FORMAÇÃO DE DEPÓSITOS QUÍMICOS E PRECIPITAÇÃO DE PITCH
- . QUANDO HÁ MAIS DE UMA MÁQUINA DE PAPEL PROVOCA INTERFERÊNCIAS

. NECESSIDADES

- . MAIOR EFICIÊNCIA E UNIFORMIDADE NOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA
- . ADEQUAÇÃO DOS PONTOS CONSUMIDORES

MEDIDAS PARA FECHAMENTO DE CIRCUITO
REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA FRESCA

1. LEVANTAMENTO DE TODOS PONTOS CONSUMIDORES
 - . TIPO DE ÁGUA
 - . VAZÃO

2. AVALIAR EM CADA PONTO A POSSIBILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE ÁGUA POR UMA MENOS NOBRE
 - . CONSULTA A FORNECEDORES
 - . IDENTIFICAÇÃO DE TOLERÂNCIAS
 - . VERIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES PARA SUBSTITUIÇÃO (P.EX. BICOS DE CHUVEIROS, BOMBAS ADICIONAIS, RESFRIAMENTO, TRATAMENTO ADICIONAL)

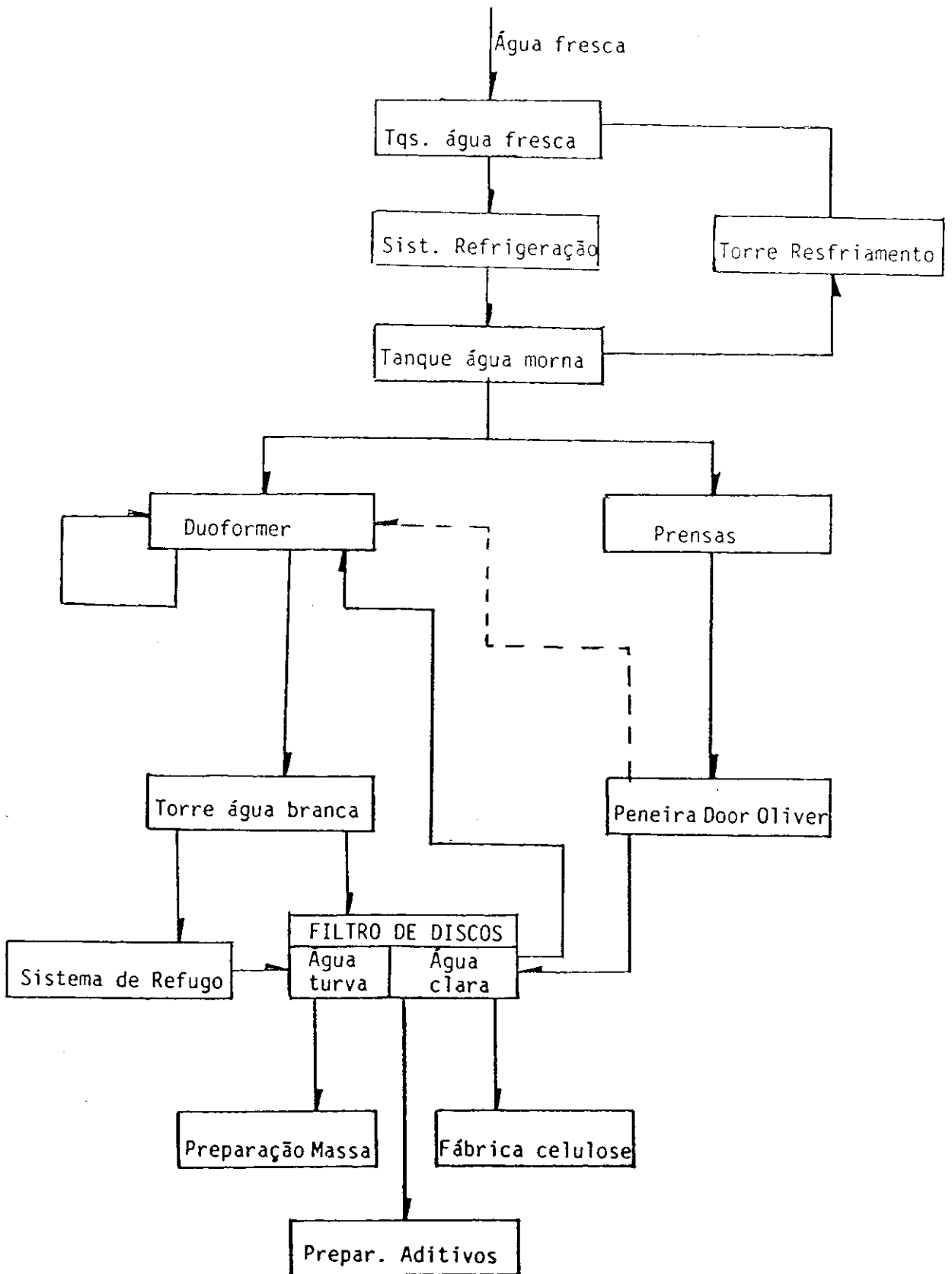
3. AVALIAR VIABILIDADE ECONÔMICA

C L A S S I F I C A Ç Ã O D E Á G U A S

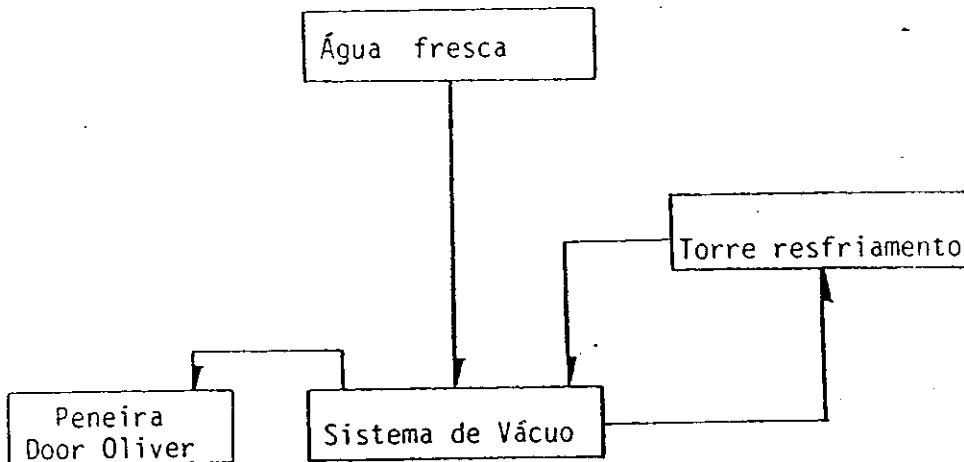
- . ÁGUA FRESCA
- . ÁGUA MORNA/QUENTE
- . ÁGUA SUPER CLARA
- . ÁGUA CLARA
- . ÁGUA TURVA
- . ÁGUA DO REFUGO
- . ÁGUA BRANCA
- . ÁGUA CANAL DE VÁCUO

PONTOS DE CONSUMO	ÁGUAS COM POSSIBILIDADE DE USO
CORREÇÃO DE CONSISTÊNCIA	TURVA E/OU CLARA
CHUVEIROS QUEBRAS	BRANCA, TURVA E CLARA
CHUVEIROS BAIXA PRESSÃO TELA	CLARA, SUPERCLARA, MORNA/QUENTE
CHUVEIROS BAIXA PRESSÃO FELTRO	MORNA/QUENTE
CHUVEIROS ALTA PRESSÃO TELA	MORNA/QUENTE
CHUVEIROS ALTA PRESSÃO FELTRO	MORNA/QUENTE
REFRIGERAÇÃO	FRESCA, MORNA RESFRIADA
BOMBAS DE VÁCUO	FRESCA, CANAL DE VÁCUO RESFRIADA

CIRCUITO DE ÁGUAS



CIRCUITO ÁGUA - SISTEMA DE VÁCUO



O ENCHIMENTO DA TORRE DEVERÁ ESTAR ADEQUADO AOS CONTAMINANTES DESTES TIPO DE ÁGUA

- FIBRAS E CARGAS
- 30 A 50 ppm

PARA EVITAR O ACÚMULO DESTES

PROCESSOS PARA RECUPERAÇÃO DE FIBRAS

FILTRAÇÃO	FLOTAÇÃO	SEDIMENTAÇÃO
Filtro de discos Filtro de tambor Peneira estática Filtro de membrana Filtro de espiral rígido	Flotador circular Flotador retangular	Decantador cônico Decantador cilíndrico

4.1 Recuperadores por Filtração

Estes equipamentos funcionam forçando o fluxo de água através de um meio filtrante que pode ser telas sintéticas e metálicas, chapas perfuradas ou membranas especiais semelhantes a um tecido.

Neste caso, as fibras e os sólidos suspensos ficam retidos e a água tratada passa através do meio filtrante.

a) Filtro de discos

São filtros formados por vários discos rotativos dispostos em paralelo em uma bacia de forma que o nível de água na bacia fique na altura do centro dos discos. Os discos são formados por setores circulares telados (tela sintética encolhível ou de aço inox) e suportados por um eixo vazado ligado a duas pernas barométricas independentes.

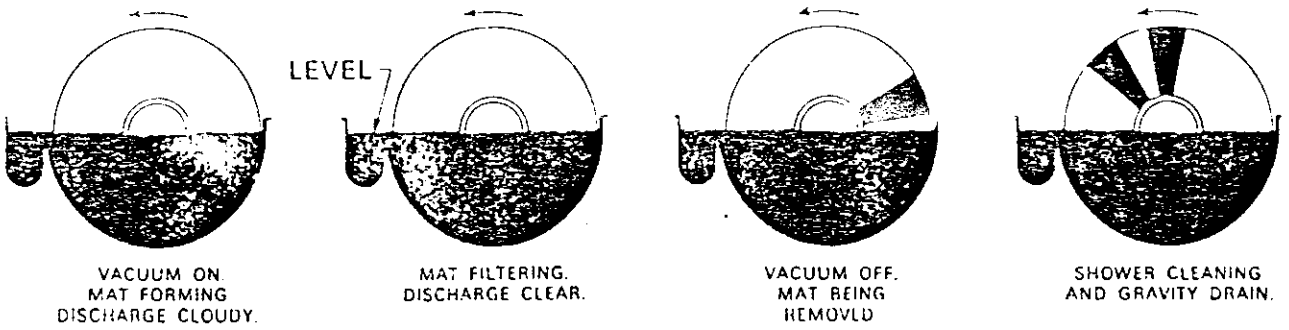
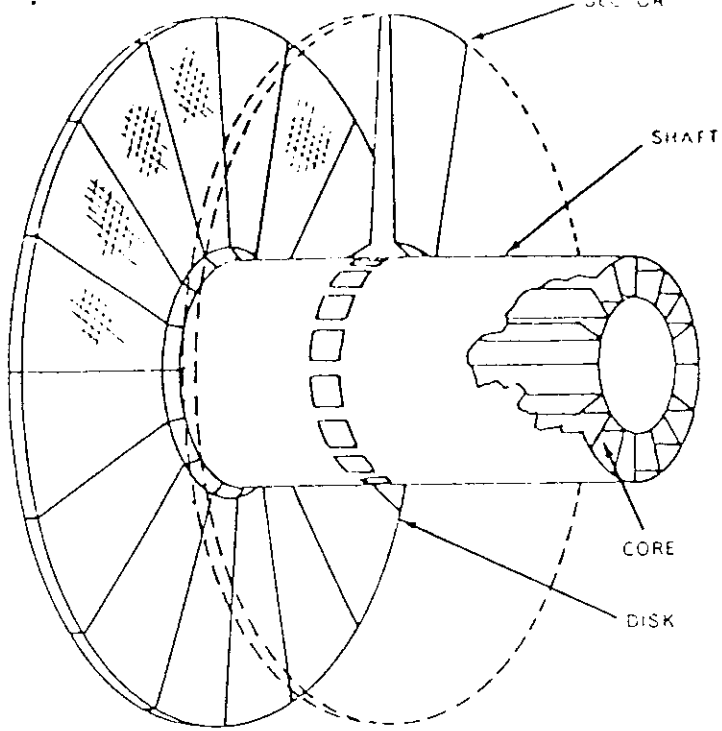
Na medida que os setores vão mergulhando na suspensão, o fluxo é submetido a ação do vácuo formado pelas pernas barométricas sendo que a água atravessa a tela dos setores circulares e as fibras e os sólidos em suspensão vão acumulando-se na sua superfície. Em um primeiro momento, grande parte do material em suspensão acompanha o fluxo de água incorporando-se a vazão da primeira perna barométrica e formando o filtrado concentrado (cerca de 200 ppm). Porém, na medida que vai se formando uma manta fibrosa na superfície da tela, o efeito de filtração torna-se mais eficaz reduzindo a passagem de material em suspensão através da tela. Neste momento, o fluxo de água é desviado para a segunda perna barométrica formando o filtrado clarificado (de 20 a 40 ppm). A manta fibrosa formada na superfície da tela (de 8 a 12% de consistência), acompanha o setor circular saindo da parte submersa, é destacada por intermédio de chuveiros de alta pressão e conduzida a uma calha para posterior reutilização no processo.

No entanto, para que a manta fibrosa seja formada, é necessário que a suspensão tenha uma consistência de aproximadamente 1%. Como, em geral, a água branca a recuperar têm cerca de 0,01 a 0,1%, é necessário misturar massa grossa (massa auxiliar) até atingir a consistência ideal. Neste caso, procura-se misturar massa refinada porém sem grande quantidade de finos (carga) pois isto poderia afetar a capacidade do equipamento por reduzir a taxa de filtração específica.

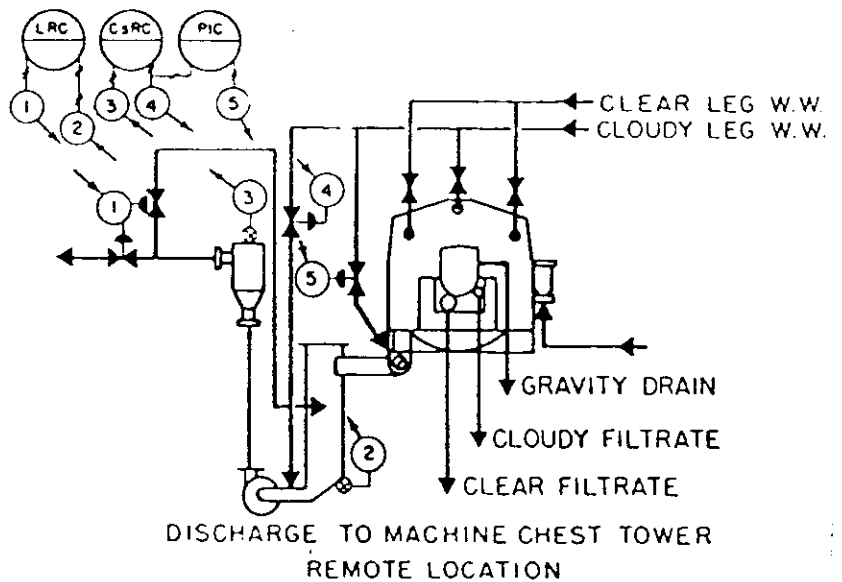
Por este motivo, este tipo de equipamento não é recomendado para trabalhar com processos que requeiram a utilização de massa altamente refinada. (80-90 oSR).

O diâmetro dos discos varia de 2250mm a 4510mm e a quantidade de discos varia de 4 a 30 discos por unidade dependendo da vazão de água a tratar.





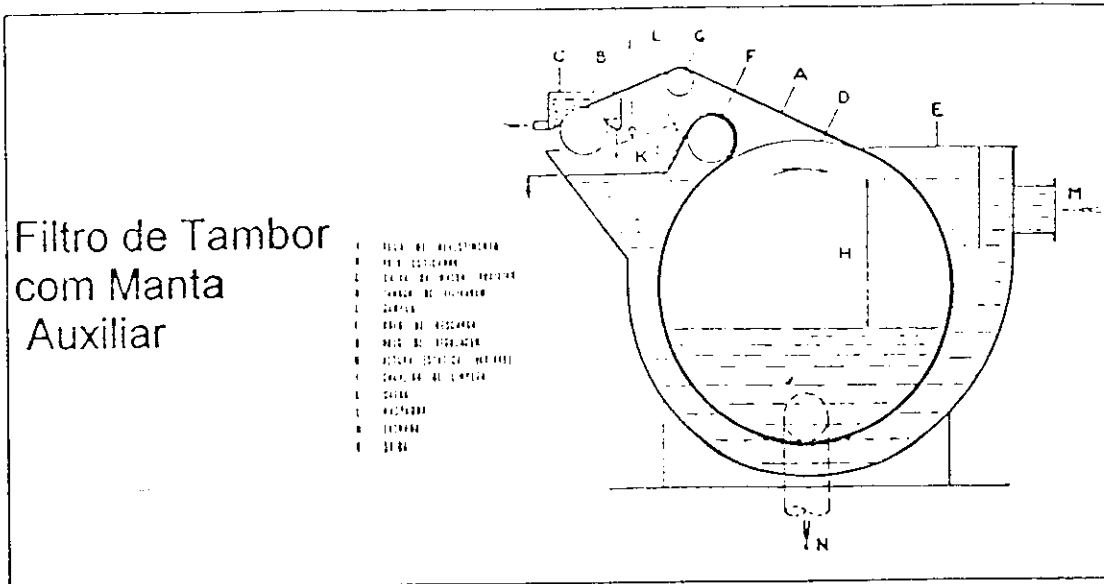
**TYPICAL
INSTALLATION
ARRANGEMENT**



b) Filtro de tambor

De funcionamento similar ao filtro de discos podem ou não ter pernas barométricas. São constituídos por um cilindro (tambor) mergulhado em uma bacia sendo o efeito de filtragem exercido pela diferença de pressão entre a bacia e o interior do tambor. Também pode trabalhar com massa auxiliar para melhorar sua eficiência de clarificação porém, nestes casos são necessárias grandes áreas de filtragem requerendo equipamentos de grandes dimensões ou equipamentos colocados em paralelo.

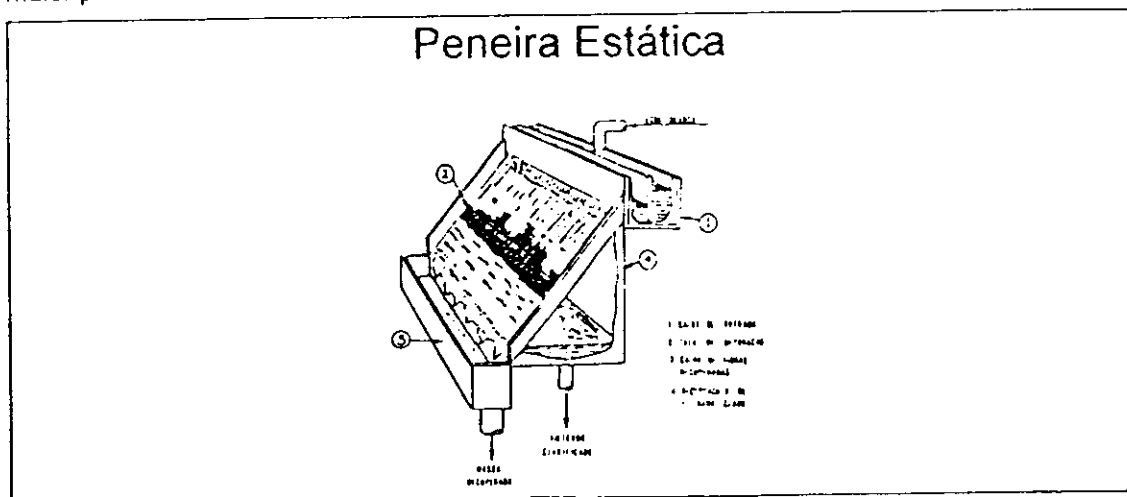
Existem variações destes equipamentos, nos quais a manta filtrante de massa auxiliar é formada separadamente e depositada sobre o tambor pouco antes da etapa de submersão na suspensão fibrosa. Após completar o ciclo de trabalho a manta auxiliar, bem como, a massa recuperada são destacadas do tambor por uma raspagem ou chuva e conduzidas para reutilização.



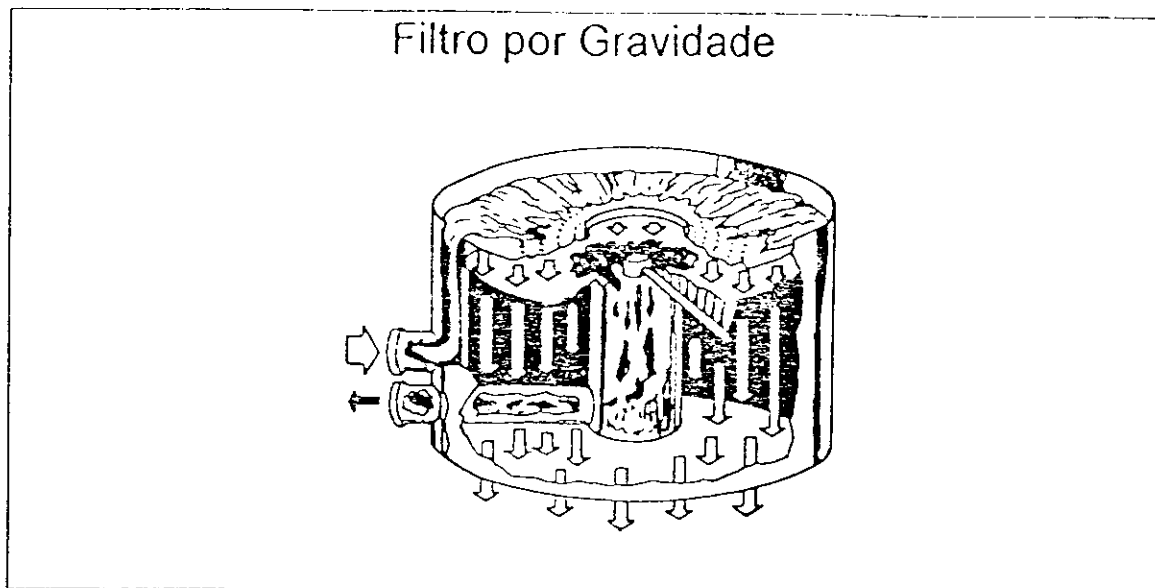
c) Peneira estática

São equipamentos muito mais simples, de menor eficiência e podem ser construídos de materiais muito baratos. É uma opção para os casos onde são necessárias separações grosseiras ou menos exigentes e baixas vazões. A suspensão fibrosa é lançada através de uma tela inclinada (plana ou curva) e a separação ocorre pela ação da gravidade. Devido a sua posição inclinada, na medida que o material vai se acumulando sobre a tela, ele também vai se deslocando para baixo onde, no final da peneira existe uma calha coletora para recolher as fibras e conduzi-las de volta ao processo.

Apesar da simplicidade do conceito operacional, atualmente existem equipamentos mais modernos, que são pressurizados, possuem chuveiros e são construídos com materiais mais nobres e com maior precisão.



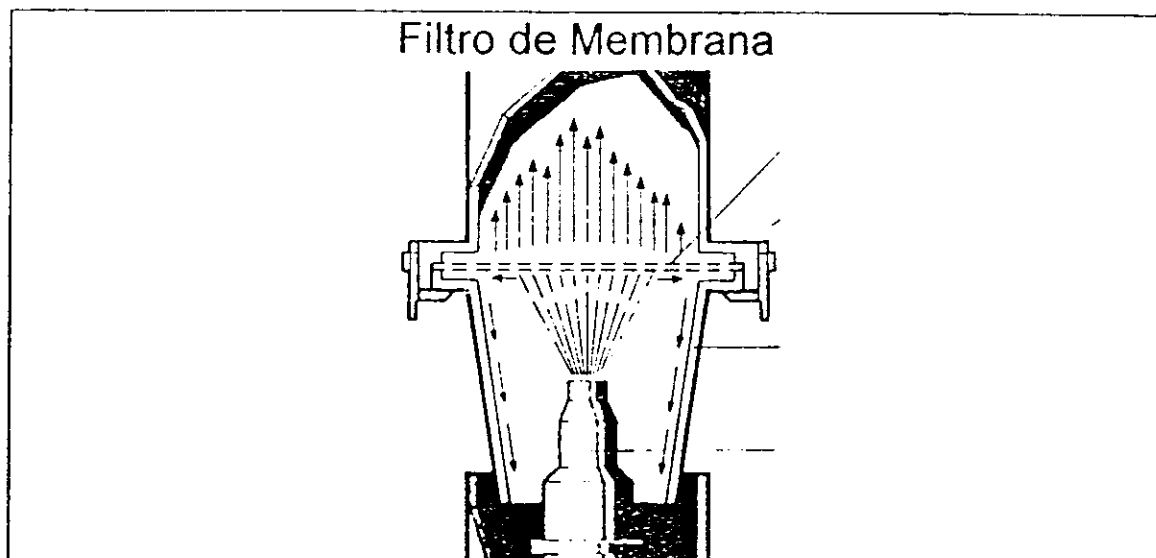
Na classificação de peneiras estáticas incluem-se, ainda, os filtros por gravidade (Gravity Strainers), também muito simples e constituído de uma cuba dividida em três compartimentos. O primeiro tem um prato distribuidor cuja função é espalhar o fluxo por toda a tela filtrante localizada no segundo compartimento. O lado inferior da tela têm um chuveiro rotativo de limpeza. A água clarificada cai diretamente dentro de um tanque (terceiro compartimento), e os sólidos são dirigidos para o centro onde se encontra o duto de rejeitos. Estes filtros são mais utilizados para aplicações onde há baixa concentração de sólidos na água branca.



d) Filtro de Membrana

São filtros compostos por diversas unidades filtrantes cada uma delas contendo uma película (tecido) especial com baixa permeabilidade. Estes equipamentos separam os sólidos em suspensão e permitem a reutilização do material no processo. Em geral, são aplicados em série com outros equipamentos de filtração, nos casos onde os requisitos feitos a água clarificada são extremamente rígidos.

Neste caso a água é lançada verticalmente sobre a tela filtrante através de bicos individuais. O filtrado clarificado atravessa a tela filtrante e é recolhido por uma câmara de nível constante. Os sólidos separados são arrastados, caem e são coletados em uma calha de recuperados para reutilização no processo.

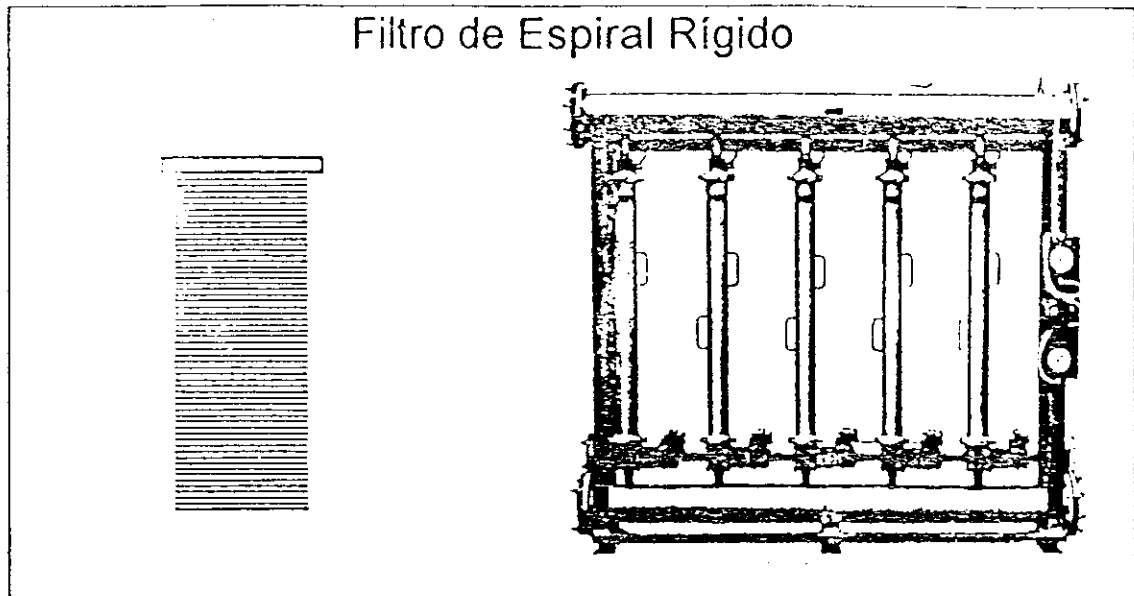


e) Filtro de espiral rígido

São equipamentos compostos por unidades filtrantes com elementos filtrantes removíveis semelhantes a cestas. Na realidade estes elementos são construídos através de um arame rígido, de perfil trapezoidal, enrolado na forma de espiral de tal forma que a distância entre suas arestas sejam muito pequenas (em geral 0,0006"). O fluido é injetado pelo lado externo do espiral, a água passa através das pequenas fendas formadas entre as arestas, e os sólidos suspensos caem pela superfície lateral da espiral em direção ao duto de rejeito.

Em geral, é aplicado em águas com baixo teor de sólidos e o material separado é descartado.

Devido a necessidade de limpeza periódica, é muito utilizado em bancadas múltiplas com retrolavagem automática através de monobras de válvulas com sequenciamento lógico comandado por um programador eletrônico.



4.2 Recuperadores por Flotação

Estes equipamentos têm como princípio básico de funcionamento a flotação dos sólidos suspensos na água branca. Em geral, o efeito de flotação é conseguido através da adição de ar comprimido no fluxo de entrada do flotador.

a) Flotador circular

Este tipo de flotador consiste em uma bacia cilíndrica de grande diâmetro em relação a altura. Antes de entrar no equipamento, o fluido, total ou parcialmente, passa por um tanque pressurizado onde é injetado ar comprimido. Nesta câmara, o ar se mistura a água branca, ficando homogeneamente disperso e, por efeito da pressão, também fica dissolvido na água.

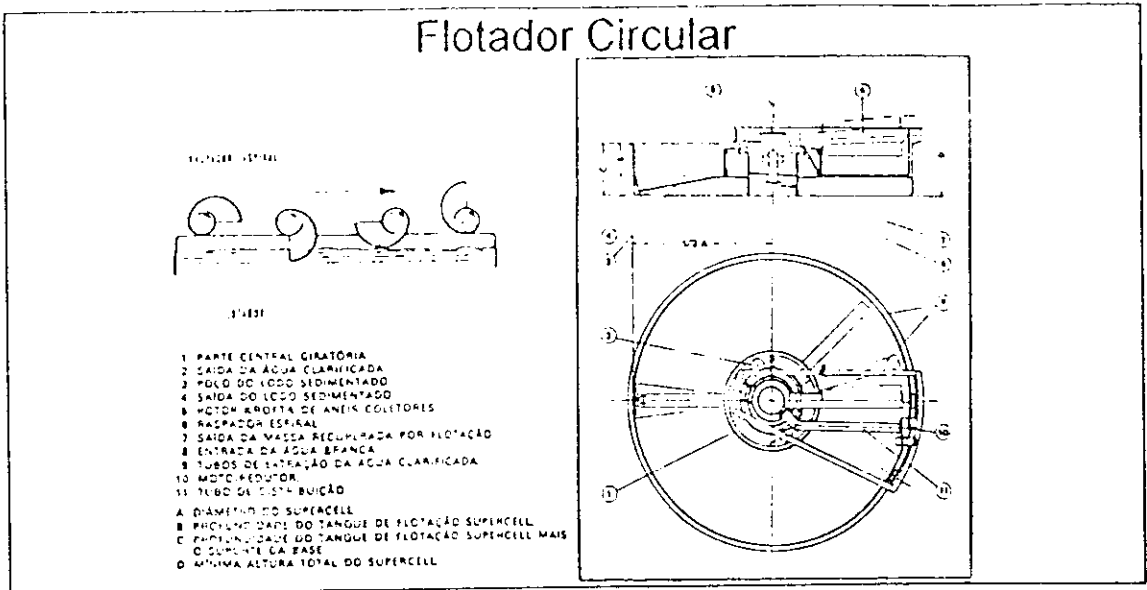
A flotação por ar comprimido pode requerer uma floculação prévia através da dosagem de produtos químicos como sais inorgânicos e polieletrólitos que causam a formação de flóculos levando a aglomeração dos sólidos suspensos e recuperando, assim, não só as fibras mas parte de outros materiais como cargas e finos.

No tanque de flotação o fluxo reduz sua velocidade permitindo a separação dos flóculos que sobem para a superfície formando uma camada de massa flotada. Esse material é retirado por um dispositivo em espiral que gira, pivotado pelo centro, na mesma velocidade que a água branca (portanto com diferencial de velocidade igual a zero) ocorrendo, assim, uma remoção suave e muito favorável aos processos de flotação e decantação.

A concha em espiral conduz a massa recuperada (com cerca de 2 a 4% de consistência) para uma das extremidades do equipamento onde, por gravidade, passa para um tubo para ser reaproveitado no processo.

A água clarificada é extraída por uma câmara que se encontra na parte central do flotor ou em sua extremidade.

Uma pequena parte da separação de sólidos também ocorre pelo processo de decantação. Para isso, o equipamento dispõe de raspadores fixados ao tubo de distribuição giratório, que limpam o fundo e a lateral do tanque, conduzindo o lodo decantado para um reservatório no fundo, de onde é periodicamente descartado.



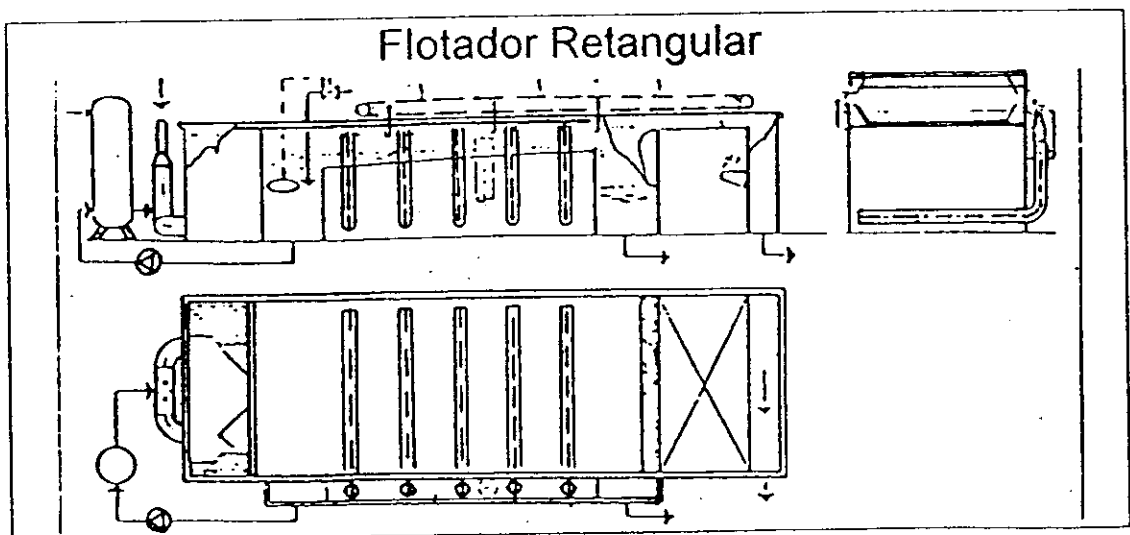
b) Flotador retangular

O flotor retangular têm tecnologia antiga (1920), seu funcionamento é muito semelhante ao circular porém sua forma construtiva é completamente diferente. Os mesmos processos de microaeração e floculação são necessários neste caso.

No entanto, estes equipamentos são geralmente construídos em concreto e o dispositivo de extração de massa recuperada é composto por um conjunto de simples raspadores de superfície.

O fluxo de água branca entra por uma das extremidades do tanque retangular e a massa recuperada sai pela extremidade oposta.

O filtrado clarificado é retirado por transbordo lateral através de tubos perfurados. Os tubos atravessam a parede lateral e após uma curva de 90º, continuam verticalmente até atingirem o compartimento de água clarificada. A parte superior de cada tubo é ajustável de forma que permita controlar o fluxo através de cada tubo e, conseqüentemente, o nível dentro do recuperador.



4.3 Recuperadores por Sedimentação

Estes equipamentos têm como princípio básico de funcionamento a sedimentação dos sólidos suspensos na água branca. Em geral, o efeito de sedimentação é conseguido através da adição de produtos químicos adequados e de um grande tempo de retenção. Após este tempo os sólidos em suspensão separam-se e podem ser removidos pelo fundo do tanque.

a) Decantador Cônico

Neste tipo de decantador procura-se otimizar as 4 fases do processo:

-Sedimentação livre

Na parte superior do vaso a concentração de sólidos é baixa e a distância entre as partículas é grande. Nesta fase, a velocidade ascendente do fluido é regulada para ser menor do que a velocidade de sedimentação dos sólidos, portanto, esta é a zona de clarificação do recuperador.

-Concentração

Nesta fase, partículas grandes e pesadas que decantam mais rápido, chocam-se com partículas menores e leves que decantam devagar, atrasando o processo de sedimentação.

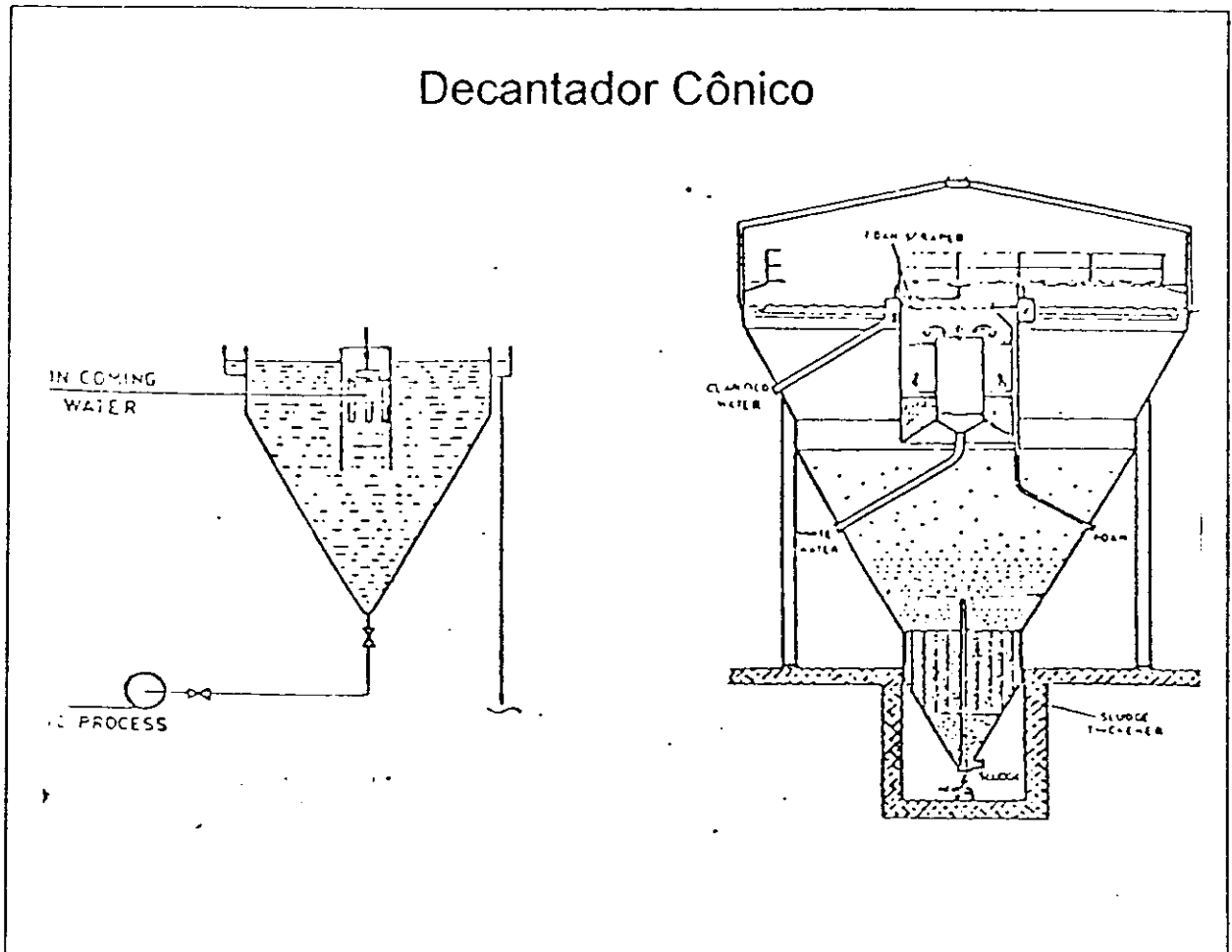
-Decantação retardada

As partículas chocam-se umas com as outras também pela ação da velocidade ascendente do fluido, que é grande nesta zona.

-Compressão e compactação

As partículas decantadas são acumuladas, comprimidas e compactadas, dependendo do tempo de parada. Este tempo é determinado pela proporção da remoção por uma válvula de descarga com intervalos pré-determinados ou por meio de um raspador de lodo montado no fundo do vaso.

Cada uma destas fases é dimensionada para atender as necessidades específicas mas, normalmente, o alto tempo de retenção necessário resulta em grandes volumes e enormes equipamentos.



b) Decantador Cilíndrico

Semelhante ao decantador cônico, têm a construção mais simples mas também requer altos tempos de retenção e grandes volumes de equipamento

Apresenta-se na maior parte no formato externo cilíndrico mas também tem um fundo cônico similar ao do decantador anterior. Na sua parte interna há um cone invertido, isto é, o diâmetro menor está colocado na parte superior do equipamento. Este dispositivo permite otimizar a separação das partículas na zona onde há a inversão do fluxo.

4.4 Comparação entre Recuperadores

A avaliação dos diversos tipos de recuperadores de fibra deveria ser feita para cada tipo de equipamento em particular. No entanto, para melhor entendimento, faremos a comparação entre os três princípios básicos de recuperação salientando, quando ocorrer, aspectos específicos referentes a um determinado recuperador.

Descrição	Filtração	Flotação	Sedimentação
Tempo de retenção	baixo	baixo	alto
Necessidade de espaço (área)	baixa	baixo	alta
Facilidade para troca de papel (qualidade e cores)	boa	satisfatória	insatisfatória
Necessidade de produtos químicos	não	quase obrigatoriamente	eventualmente
Necessidade de massa auxiliar	obrigatória para alguns tipos	não	não
Necessidade de coluna barométrica	obrigatória para alguns tipos	não	não
Sensibilidade a variação de fluxo, propriedades químicas e concentração da água branca	baixa (em alguns casos ocorre a mistura com massa auxiliar)	alta	alta
Consistência da fibra recuperada	alta (pode ser controlada)	baixa (efeito de diluição na preparação de massa)	baixa/média (com concentrador)
Facilidade de reaproveitamento das fibras recuperadas	boa (alguns tipos tem finos já distribuídos e misturados com a massa auxiliar)	pouco satisfatória (presença de ar)	pouco satisfatória (presença de impurezas)
Facilidade de aumento de capacidade	boa para os filtros de discos	nenhuma	nenhuma
Tratamento de massa altamente refinada	difícil	satisfatório	satisfatório
Custo de manutenção	baixo	baixo	muito baixo

CORANTES

O princípio do tingimento está baseado na possibilidade de se obter qualquer cor à partir da mistura de três cores fundamentais, por meio de uma mistura conhecida como aditiva ou subtrativa.

Mistura aditiva ⇒ quando há essencialmente a mistura de determinadas luzes.

Mistura subtrativa ⇒ quando a luz que incide no objeto parte é absorvida e parte é refletida gerando a impressão de cor. (ocorre a subtração de alguns componentes de cor da luz branca).

Uma mistura subtrativa de cores gera:

- azul + vermelho = violeta
- vermelho + amarelo = alaranjado
- amarelo + azul = verde

Em papel, todo processo de tingimento (exceto alvejamento) com corantes, resulta de uma mistura subtrativa.

Os corantes apresentam-se em 4 grupos:

- Inorgânicos naturais;
- Inorgânicos sintéticos;
- Orgânicos naturais;
- Orgânicos sintéticos.

Os mais utilizados em papel são os corantes orgânicos sintéticos que se subdividem em outros 4 tipos (o poder tintorial é muito diversificado):

- **Corantes Básicos:**

Apresentam grande pureza e intensidade (luminosidade), mas baixa solidez à luz e, na prática, é usado para papéis de embalagem de pouca exigência. São conhecidos também pela boa montagem sobre as fibras.

- **Corantes ácidos:**

Não tem afinidade com as fibras e precisam de fixadores. Tem a vantagem de não promoverem tingimento de fibras.

- **Corantes substantivos (ou de montagem direta)**

Tem grande espectro de utilização e apresentam grande solidez à luz.

- **Pigmentos orgânicos:**

Comportamento diferente dos demais, especialmente na dificuldade de montagem, embora apresente excelente solidez.