

USP/ESALQ

LAN0451 Açúcar e Bebidas

EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DO CALDO

Prof. Dra Sandra H da Cruz

Açúcar de cana



http://web.coprodi.com.br/pages/visualizar/page:recepcao_preparo_e_moagem_de_cana



5. EXTRAÇÃO DO CALDO

cana-de-açúcar 12,5% fibra	a) Parte dura (casca e nó) 25% peso cana	75% fibra	→	20% peso
		25% caldo		caldo cana
	b) Parte mole (entre nós) 75% peso cana	8% fibra	→	80% peso
		92% caldo		caldo cana

- Extração em duas fases
 - preparo da cana
 - extração do caldo
 - moagem
 - difusão
- necessita desintegrar cana para liberar mais fácil o caldo
- resistência no preparo → função: relação das partes moles e duras. (recuperação da sacarose)

5.1 PREPARO DA CANA PARA EXTRAÇÃO

romper os tecidos da cana facilitando a remoção do caldo

OBJETIVOS:

- a. aumentar a capacidade das moendas pela maior densidade da massa fibrosa de alimentação (compacta e homogênea);
- b. romper a estrutura da cana facilitando a extração;
- c. produção de bagaço c/ embebição mais eficaz.

⇒ Outros benefícios advindos:

✓ maior eficiência das moendas:

✓ capacidade: toneladas de cana moída / h (10 a 30%);

✓ extração: pol extraído % pol da cana (5 a 10%).

✓ aumento do rendimento industrial;

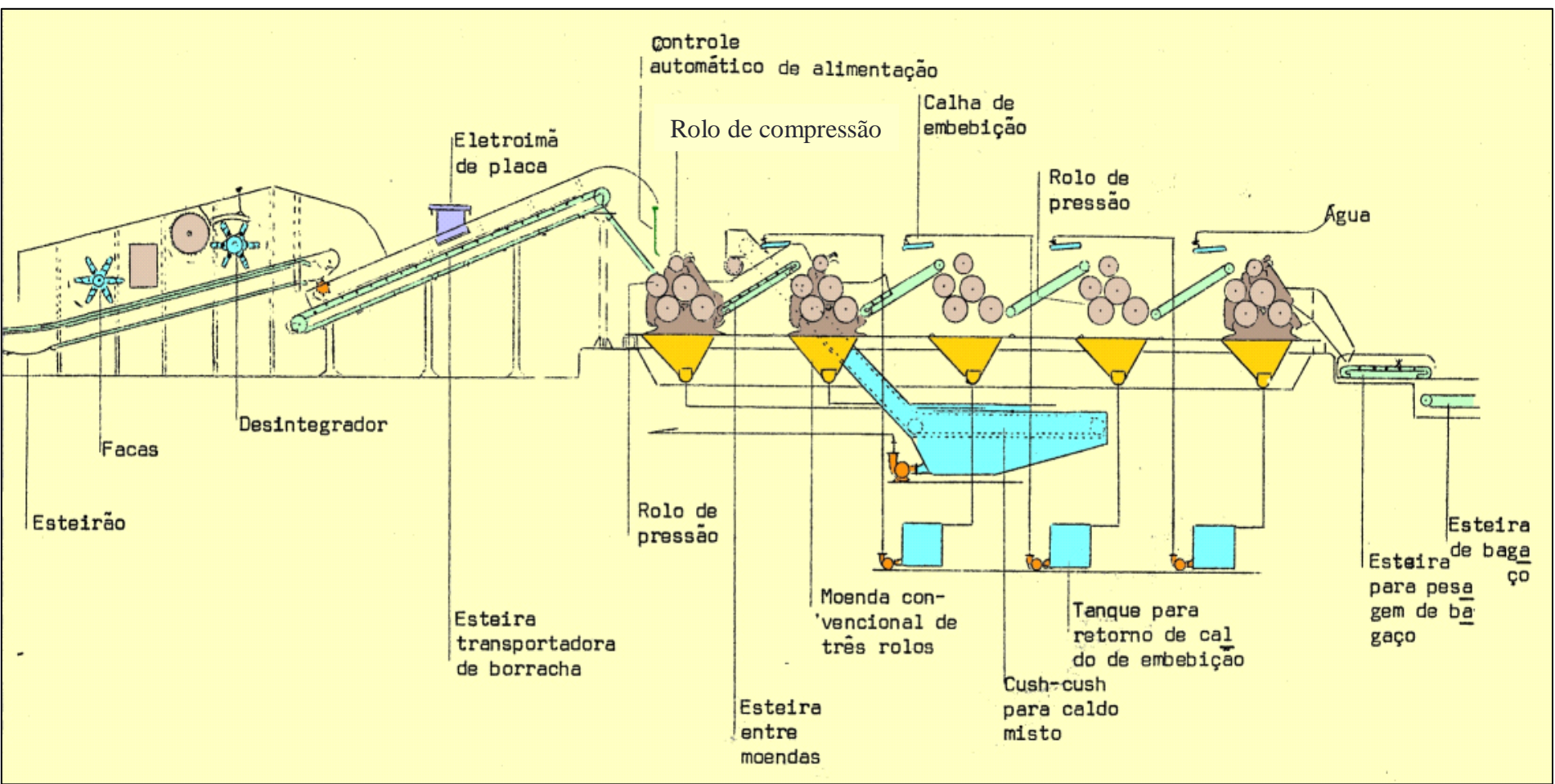
✓ regularidade de alimentação das moendas;

✓ reduzir consumo de energia;

✓ homogeneização do teor de fibra e,

✓ reduzir o desgaste e quebra das moendas.

Aparelhos do preparo {
- facas rotativas
- desfibradores ou desintegradores



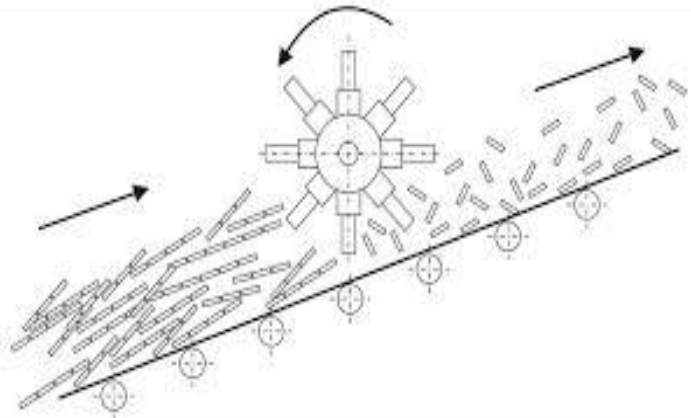
JOGOS DE FACAS



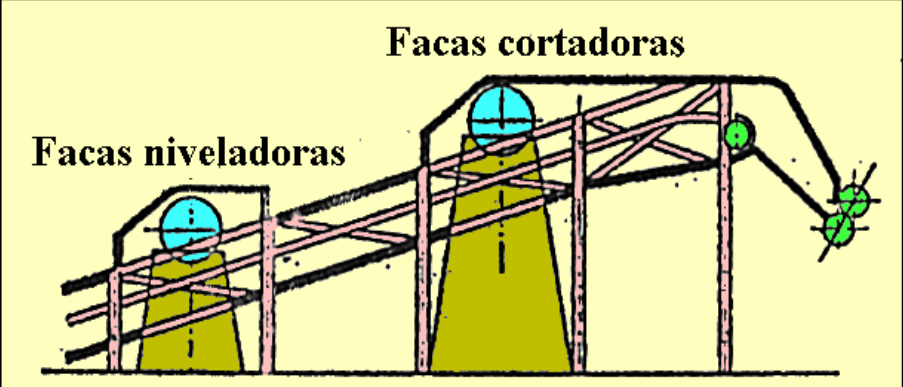
Jogos de Facas de tipo COP8 84" - Usina da Barra - São Paulo



Jogos de Facas de tipo FOL 84" - Usina da Barra - São Paulo



Comparação das Facas Niveladoras com Cortadoras

Itens	Niveladoras	Cortadoras
A - Função	- Regulariza e uniformiza o fluxo de carga de cana	- transforma a massa grosseira em camada densa com pedaços uniforme.
B - Localização	 <p style="text-align: center;">Facas niveladoras Facas cortadoras</p>	
C - Sentido de rotação e velocidade	- anti-horário e 50% adicional ao esteirão - 500 a 600 rpm	- anti-horário - 750 a 1000rpm
D - Número de facas e distância entre facas	- 36 a 48 facas (65 a 75% do nº de facas cortadoras) - 100 a 150mm	- 46 a 60 facas - 22 a 50mm
E - Ajuste no fundo da esteira	- Ajuste a 1/3 a 1/4 da altura do colhão	- 10 a 50mm do fundo
F - Potência consumida	- 2,0 a 2,5 HP/TCH - 15 a 20 HP/TCH	- 2,5 a 3,5 HP/TCH - 20 a 25 HP/TCH

Desintegradores : destruir por completo a estrutura da cana
maior extração < aumento na abertura de células e melhor embebição >
equivalente a mais um terno de moenda no tandem.

Constituintes: - tambor alimentador \approx 12 rpm
- placa desfibradora
- rotor com martelos \approx 600 a 750 rpm até 1000
- espalhador - 70 rpm

Operação \rightarrow força a passagem da cana pré-preparada entre martelo e placa denteada.



5.2 EXTRAÇÃO DO CALDO POR MOAGEM

- processo físico (pressão mecânica dos rolos da moenda sobre o colchão de cana)
 - Extração da cana em duas fases
 - preparo para moagem
 - extração do açúcar
- Primeira fase - equipamento de alta velocidade e baixa pressão
- Segunda fase - equipamento de baixa velocidade e alta pressão - moendas

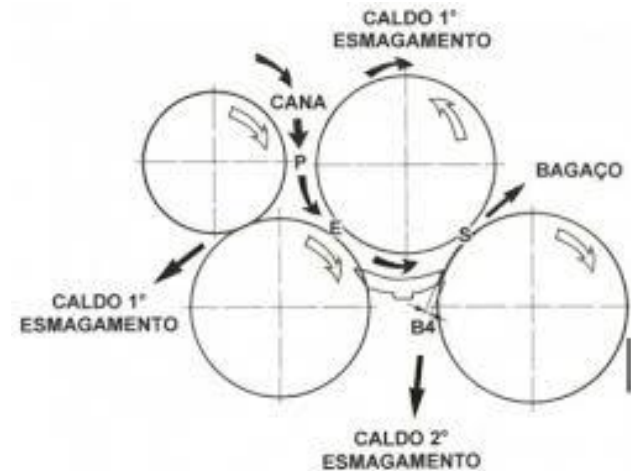
MOENDAS

equipamentos de três cilindros (terno) sustentados por uma estrutura metálica (castelo) e dispostos de maneira a formar um triângulo.

Três a sete ternos são empregados em série - conjunto de moendas ou tandem.



conjunto de moagem (4 a 6 ternos)



ALIMENTAÇÃO DO PRIMEIRO TERNO

1º Terno - Determina capacidade

2º Terno - Trabalha com 70%

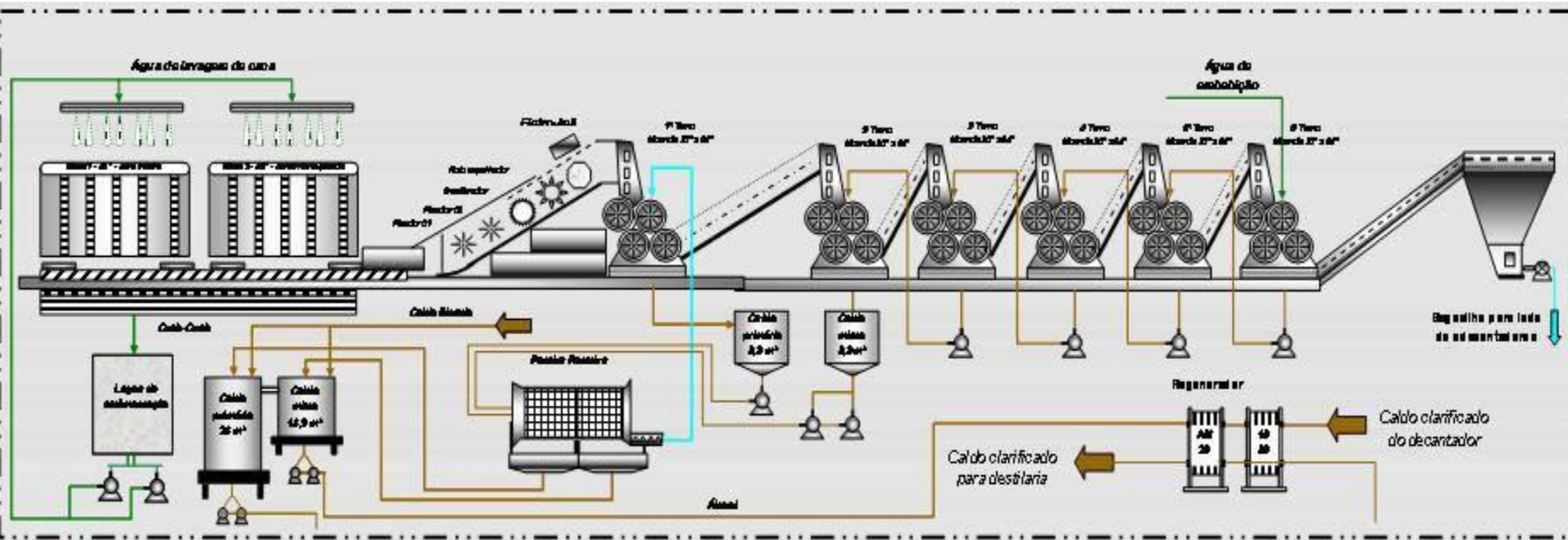
- Ranhuradas ou frisos de moendas
 - São constituídas nos cilindros com a finalidade de aumentar a sua superfície útil de contato com o bagaço
- Finalidades
 - aumentar a superfície útil do cilindro
 - melhorar a drenagem do caldo
 - melhorar a apreensão





Parâmetros de julgamento da eficiência

- **Capacidade** - é a quantidade de cana moída na unidade de tempo
 - Formas de expressar: TCH, TCD, TFH e TFD
- **Extração** - é a porcentagem de açúcar extraída em relação a quantidade existente na cana.
- Pol extraída % pol na cana
Outra forma: açúcar perdido no bagaço por cento da fibra da cana



Usina Ipiranga Mococa - Fluxograma de Processo - Açúcar e Alcool. Setor de Moendas





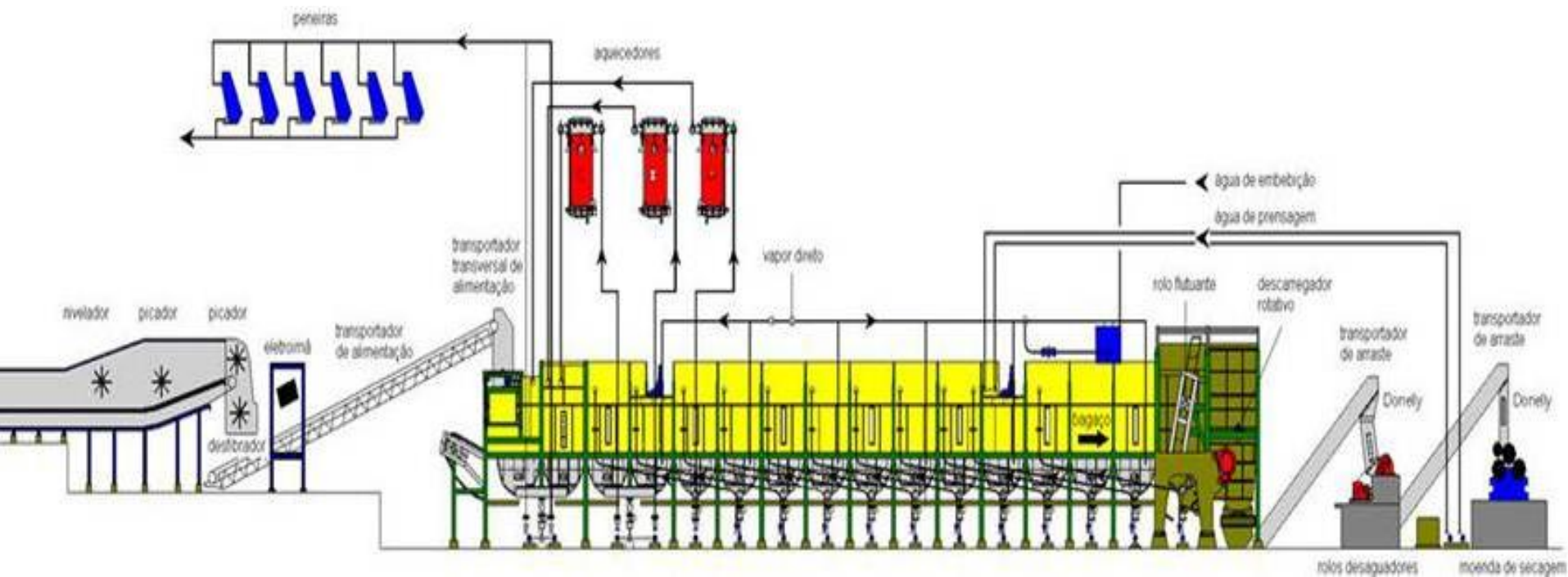
EMBEBIÇÃO

- adição de água ou caldo diluído ao bagaço entre um termo e outro (aumento da extração de sacarose)
- (1) Diluente: Dilui o caldo mais concentrado preso as células do parênquima da cana (“troca”)
 - (água ou caldo diluído)
- (2) compressão
 - Remover os açúcares retidos no bagaço

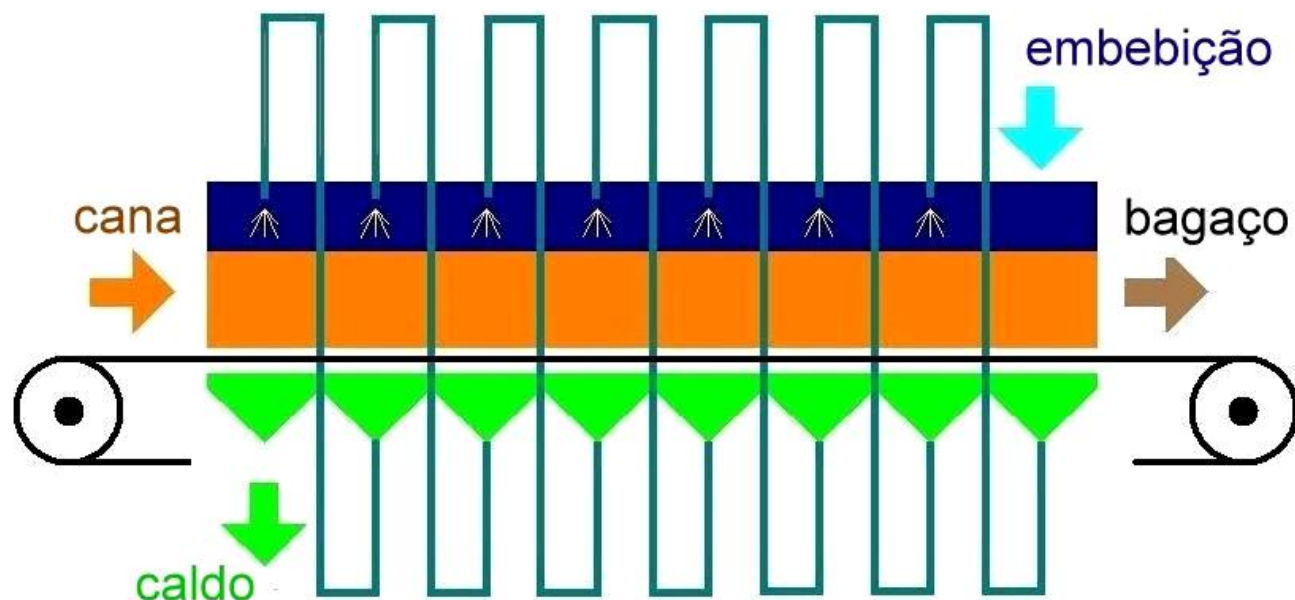
Uso correto envolve

- quantidade água
- localização
- modo de aplicação
- Temperatura 60°C (60 - 80°C)

5.3 EXTRAÇÃO DO CALDO POR DIFUSÃO



Esquema de Funcionamento do Difusor de Cana



- Água de embebição é alimentada na parte final do difusor
- Um aquecedor por contato direto com vapor com controle automático permite manter adequada temperatura da água.
- A embebição é enviada a uma canaleta transversal que cobre toda a largura do difusor e é uniformemente distribuída sobre o colchão de bagaço; a água percola através das fibras, passa pela chapas perfuradas e é recolhida no captador de caldo
- A circulação dos caldos é feita em contra-corrente com o bagaço, permitindo assim a manutenção de um diferencial de concentração praticamente constante ao longo do difusor.

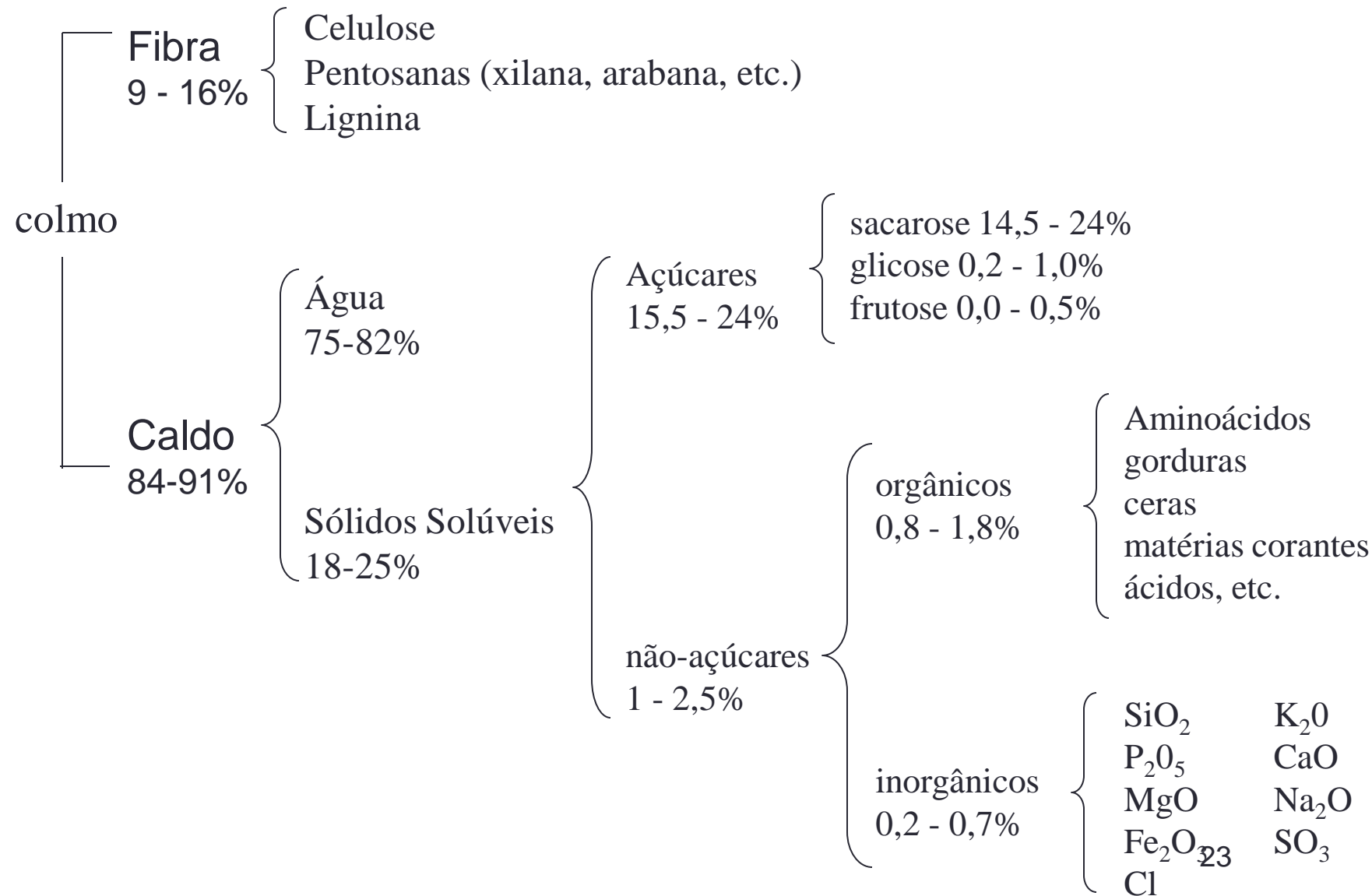
6. TRATAMENTO DO CALDO

Caldo misto = solução diluída de sacarose e contem impurezas

Fatores responsáveis pelo teor de impurezas do caldo:

- variedade e sanidade da cultura
- Tratos culturais
- Condições edafo-climáticas
- Sistema de corte e carregamento
- Tempo entre queima e processamento
corte e processamento
- Sistema de extração

COMPONENTES QUÍMICOS E TECNOLÓGICOS



COMPONENTES DO CALDO DE CANA E SEUS COMPORTAMENTOS NA PURIFICAÇÃO

Payne - define - caldo sob o aspecto físico-químico: um dispersóide que contém matéria em todos os gases de dispersão, desde partículas grosseiras até íons.

Tabela 1 - Classificação das partículas dispersas no caldo de cana (Von Weirmarn e Ostwald).

Dispersões	Diâmetro (μ)	% peso	Espécies
Grosseiras	> 1	2 – 5	bagacilho, areia, terra, gravetos
Coloidais	0,001 a 1	0,05 – 0,3	Cera, gorduras, proteínas, gomas, corantes, dextranas, amido
Moleculares e iônicas	< 0,001	8 - 21	Açúcares: sacarose, glicose, frutose, manose Sais minerais: sulfatos, cloretos, silicatos, fosfatos de K, Ca, Mg, Na Ácidos orgânicos: aconítico, oxálico, málico, etc

composição do caldo
varia

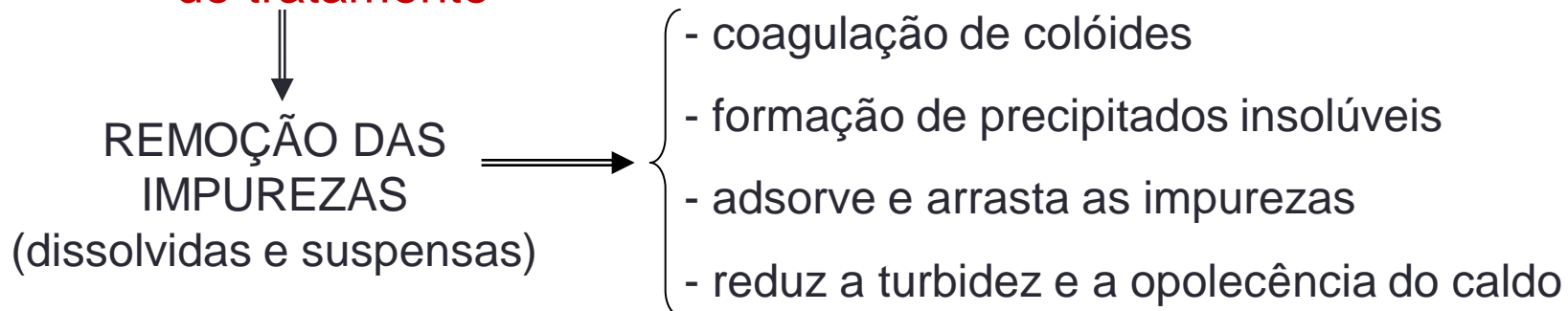
- tipo de solo;
- condições climáticas;
- adubação;
- tipo de colheita;
- tempo de queima/moagem;
- condições de moagem;
- etc.

Purificação visa eliminar > quantidade impurezas

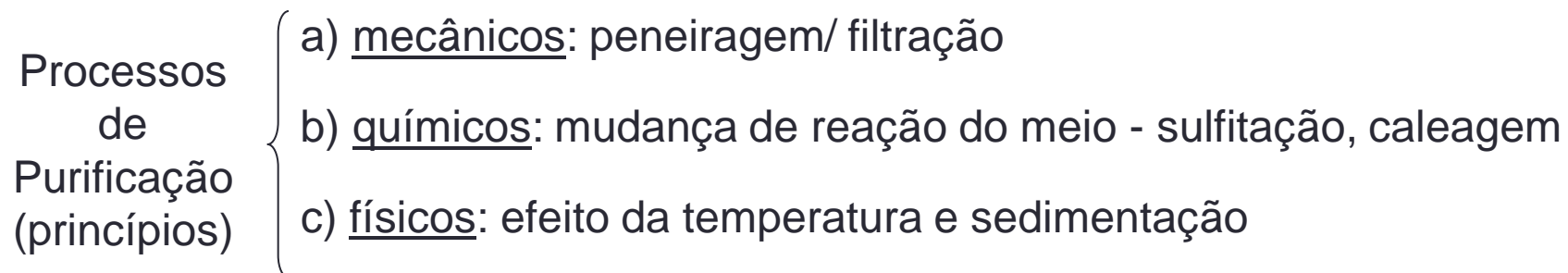
Reagentes

cal
gás sulfuroso
ácido fosfórico

Aspectos tecnológicos do tratamento



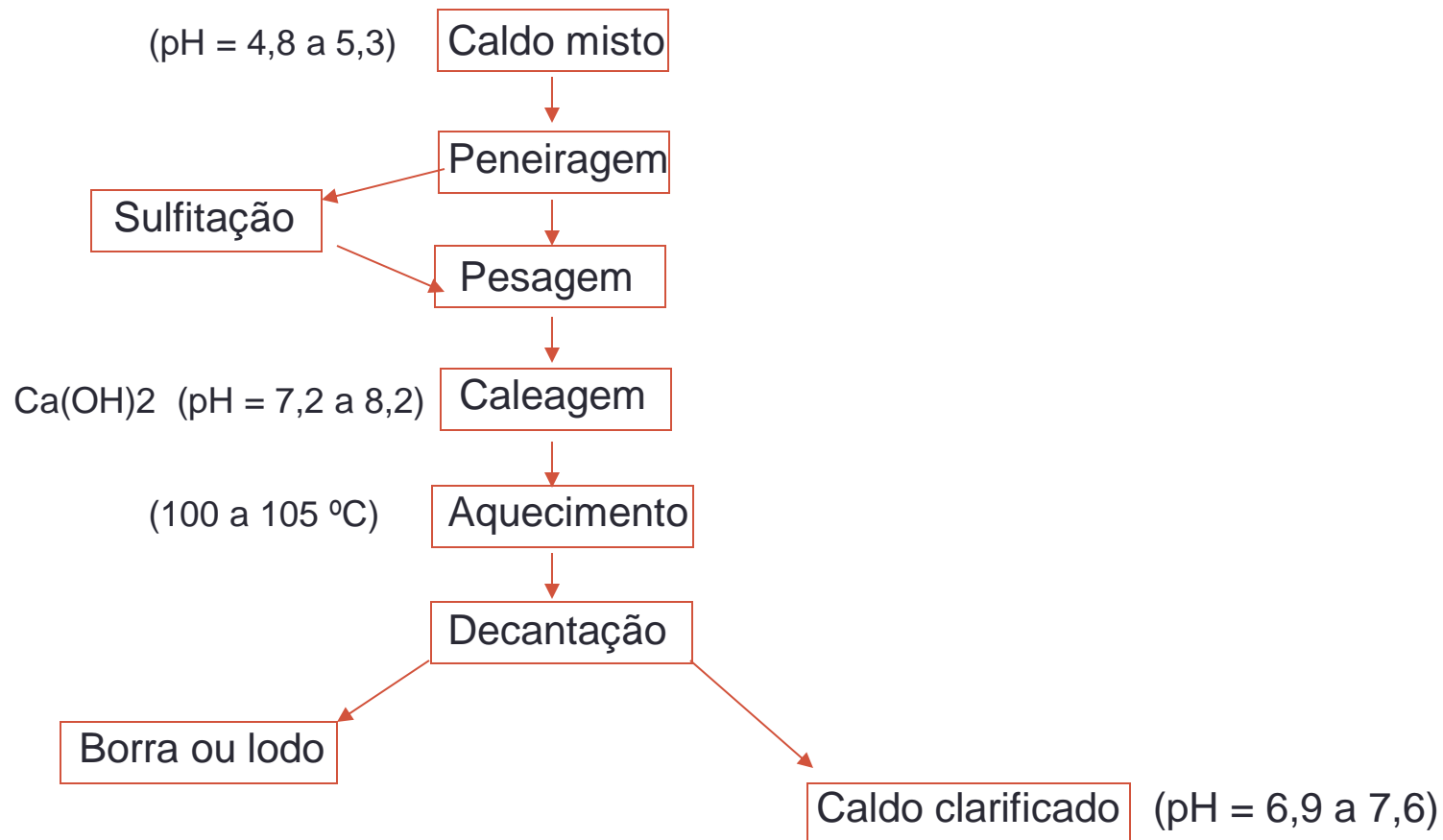
- Procedimento depende do produto final - açúcar ou álcool



Tratamento do caldo

- Peneiragem
 - Eliminação das impurezas grosseiras
- Clarificação
 - Eliminação das impurezas coloidais
- Aquecimento
- Decantação
- Filtração das borras

Esquemas Industriais de Tratamento



A. Peneiragem do caldo

Objetivo - remoção material em suspensão

Quantidade bagacilho
função

{
variedade de cana
grau de preparo da cana
assentamento da bagaceira
tipo esteira intermediária
uso de solda

quantidade terra

{
condições climática
textura solo
carregamento da cana

peneiragem

{
primária - malha grossa
secundária - malha fina

Peneiragem

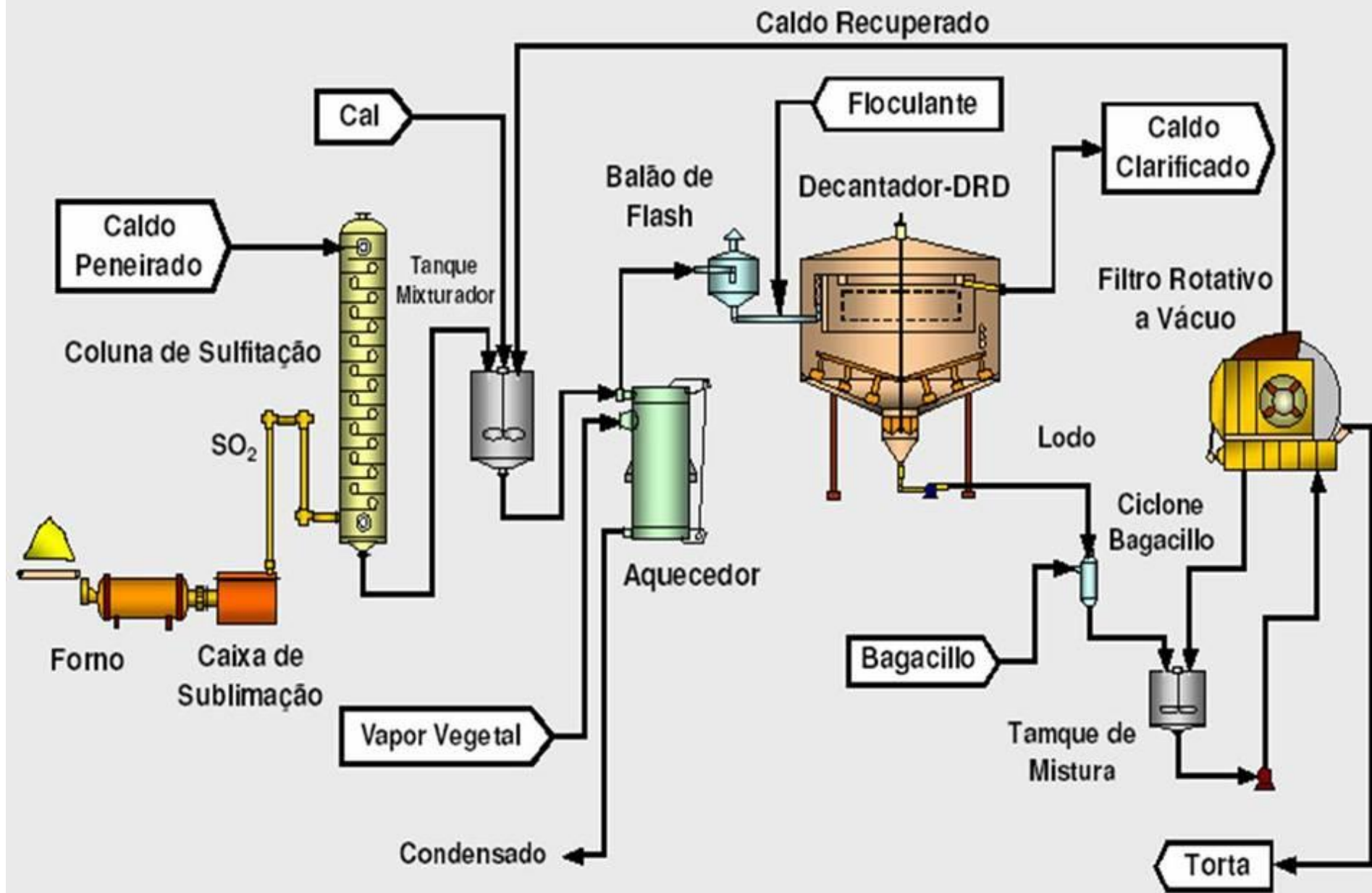
- Tipo de peneiras
 - Fixas (Peneira Cush-Cush, Peneira DSM)
 - Vibratórias ou estáticas (malhas mais finas)
 - Rotativas (menor área de exposição)
- Passa pelo cush-cush
 - Vai para peneira vibratória ou estática
- Peneira rotativa
- Peneira DMS ou vibratória

Peneiras rotativas



B. Clarificação do caldo

- Defecação simples ou caleagem
- Sulfo-defecação



OBJETIVOS DA CLARIFICAÇÃO

- remover impurezas em suspensão;
- evitar inversão de sacarose;
- evitar a destruição de AR;
- diminuição máxima de teores de não-açúcares;
- aumentar o coeficiente pureza aparente;
- produzir um caldo límpido e transparente (baixa turbidez, mínima formação de cor);
- volume mínimo de lodo;
- conteúdo mínimo de cálcio no caldo.

Caleagem

- Obtenção de açúcar cristal bruto ou demerara (MP refinarias)
- Emprego hidróxido de cálcio (mudança de reação do meio)
- Auxiliares de clarificação
 - Fosfatos
 - Bentonita
 - Polieletrólitos

SISTEMAS DE ALCALINIZAÇÃO

- ⇒ **Com leite de cal comum** (Cal hidratada- $\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- ⇒ **Com sacarato de cálcio** (cal dissolvido em solução açucarada)
- ⇒ **Com leite de cal dolomítico** (CaCO_3 MgCO_3 forma $\text{CaO} - \text{MgO}$)

REAÇÕES COM O HIDRÓXIDO DE SÓDIO

Conjuntos formados $\left\{ \begin{array}{l} - \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \\ - \text{CaHPO}_4 \end{array} \right.$

Açúcar branco > fração fosfato biácido
(pH 6,8 - 7,2)

Açúcar bruto > fração fosfato monoácido
(pH 7,5 - 8,0)

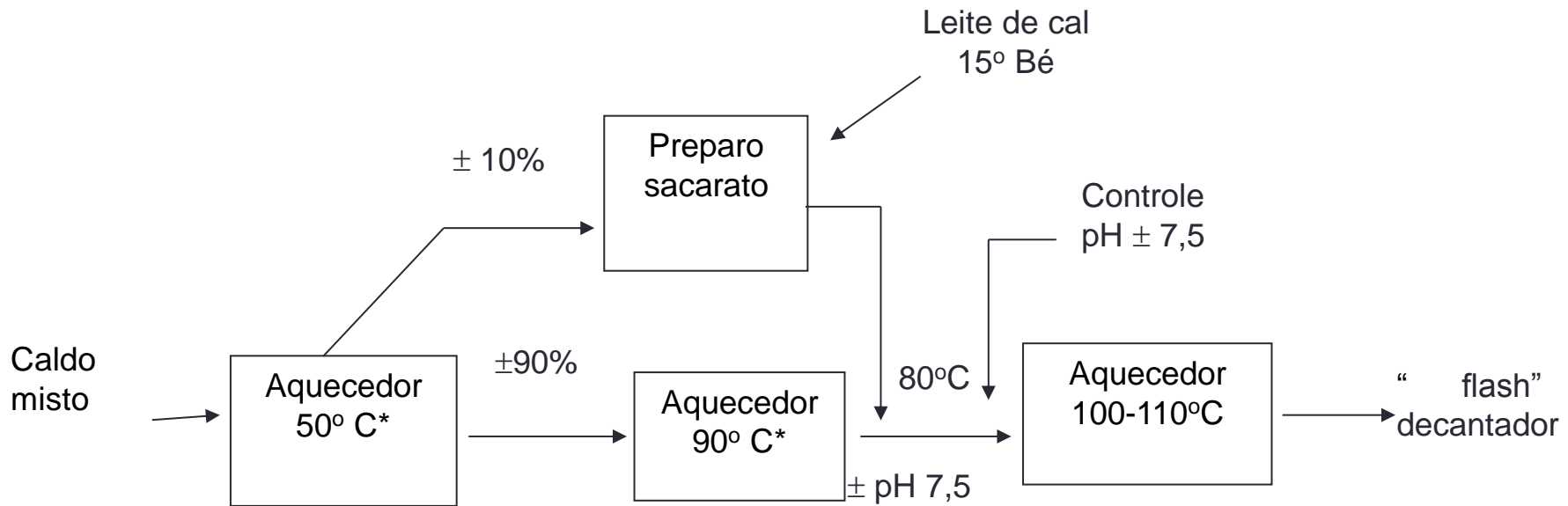
Procedimentos de seqüência de calagem e aquecimento

- Caleagem – aquecimento
- Aquecimento – caleagem – aquecimento
- Caleagem – aquecimento – caleagem – aquecimento

SACARATO COMO TÉCNICA DE CLARIFICAÇÃO

- Leite de cal (Ca(OH)_2) – suspensão – pouco em solução
- Sacarato Ca – solução – forma iônica
- Cal mais solúvel em soluções açucaradas do que em água
 - 1 kg solução de açúcar a 13% a 30°C → 14,8g de CaO
 - 1 kg água a 30°C → 1,13g de CaO

Temp. (°C)	Solubilidade de Ca(OH) g.kg ⁻¹	
	Em solução sat. de cal em água	Em solução de sacarose a 13%
20	1,23	21,2
30	1,13	14,8
40	1,04	9,9
50	0,96	6,5
60	0,86	4,5



SULFITAÇÃO DO CALDO

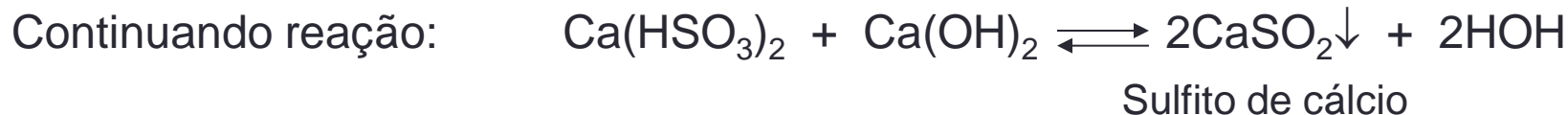
- Sistema produção de açúcar branco
- Consiste - redução pH do caldo misto de 5,2 - 5,4 para 3,8 a 4,6.
- Adição de SO_2

AÇÕES DO ANIDRIDO SULFUROSO

- purificante
- descorante
- inversiva
- neutralizante
- fluidificante
- precipitativa

SULFITAÇÃO DO CALDO

Ação precipitativa



OBTENÇÃO DE ANIDRIDO SULFUROSO (SO₂)

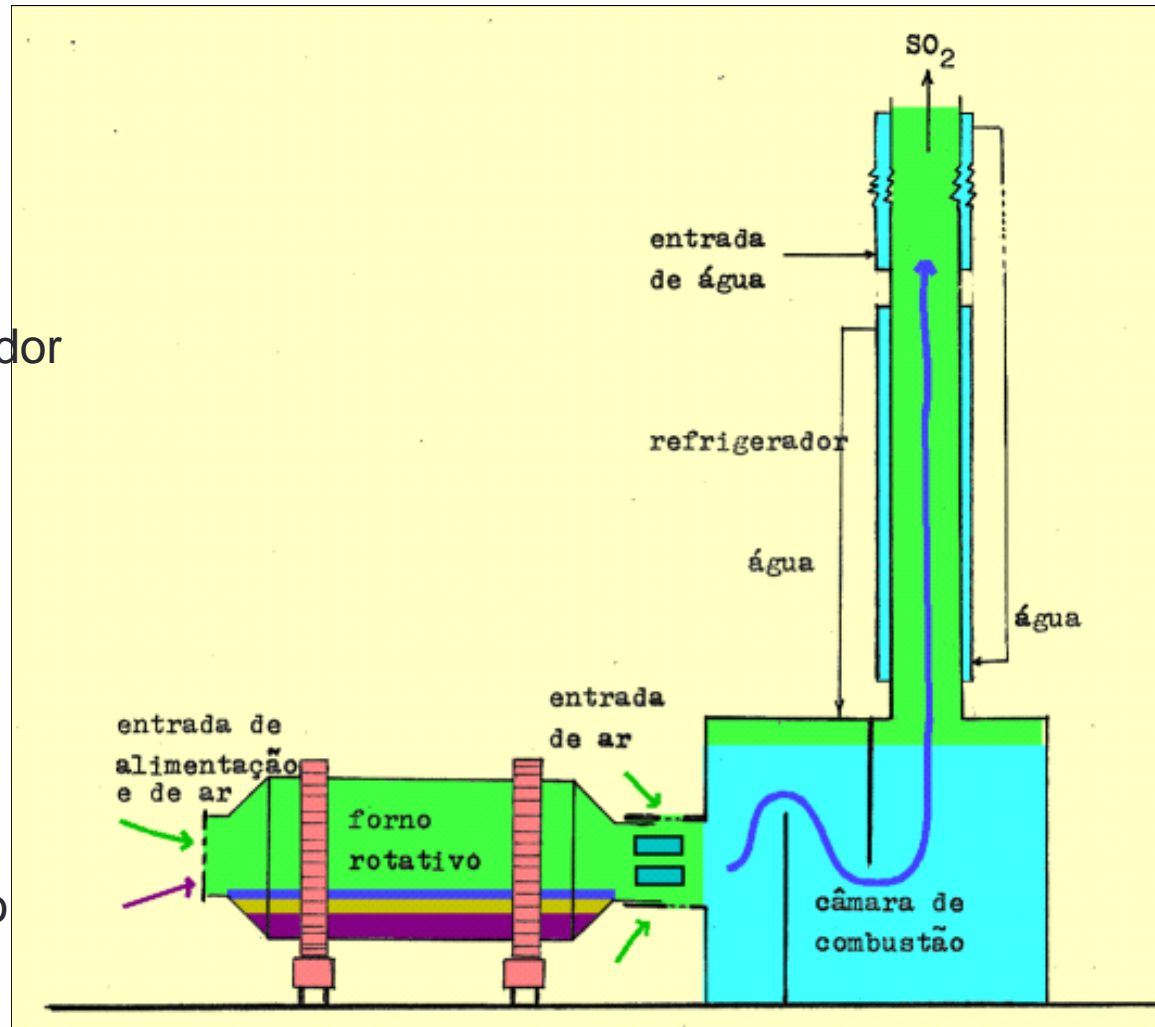
Obtenção SO₂ { fornos rotativos
forros fixos

Constituição forno rotativo:

- tambor rotativo
- câmara de combustão
- refrigerador ou sublimador



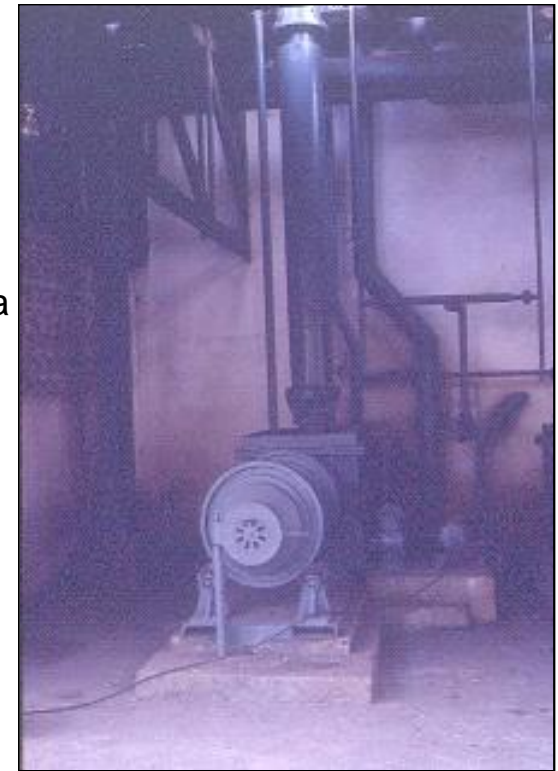
Forno rotativo





a) coluna de sulfitação

b) forno de queima de enxofre



Eficiência do equipamento de sulfitação
 }
 dimensionamento do equipamento
 sistema de contato - caldo / gás
 qualidade do gás

Consumo de enxofre - 280-300 g / TC

C. AQUECIMENTO DO CALDO

Objetivos do aquecimento {

- acelerar as reações
- provocar coagulação e floculação de colóides
- reduzir a densidade e viscosidade do caldo
- aumentar a velocidade de sedimentação e emersão das impurezas

Aquecimento gradual {

- Primários - 82 - 87°C
- Secundário - 100 - 105°C

Componentes básicos {

- corpo (cortado)
- cabeçote (cabeçais)
- espelho e,
- feixes tubulares.

Aquecedor {

- vertical {
 - multi-tubular
 - múltiplas passagens
- horizontal {
 - Dupla passagem
 - multi-tubular

D. DECANTAÇÃO DO CALDO

Eficiência do processo {

- qualidade do caldo
- qualidade da clarificação
- pH e temperatura do caldo
- tempo de retenção do caldo

Objetivos {

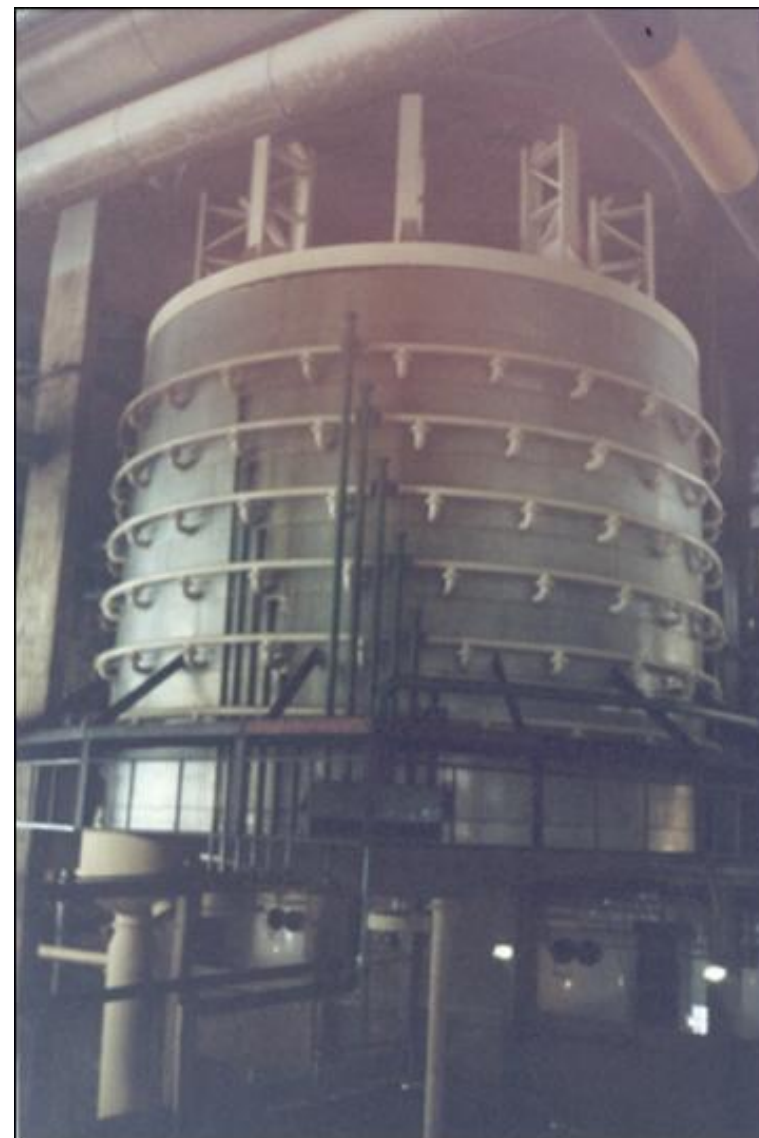
- precipitação e coagulação dos colóides;
- rápida velocidade de sedimentação;
- mínimo volume de borras ou lodo;
- borras densas, e
- produção de um caldo límpido e transparente.

Velocidade sedimentação { tamanho, forma e densidade da partícula
densidade e viscosidade do meio

Lei de Stokes - sedimentação depende { resistência do meio
ação da gravidade



Decantador de caldo



Decantador "Door" com tomadas externas de caldo

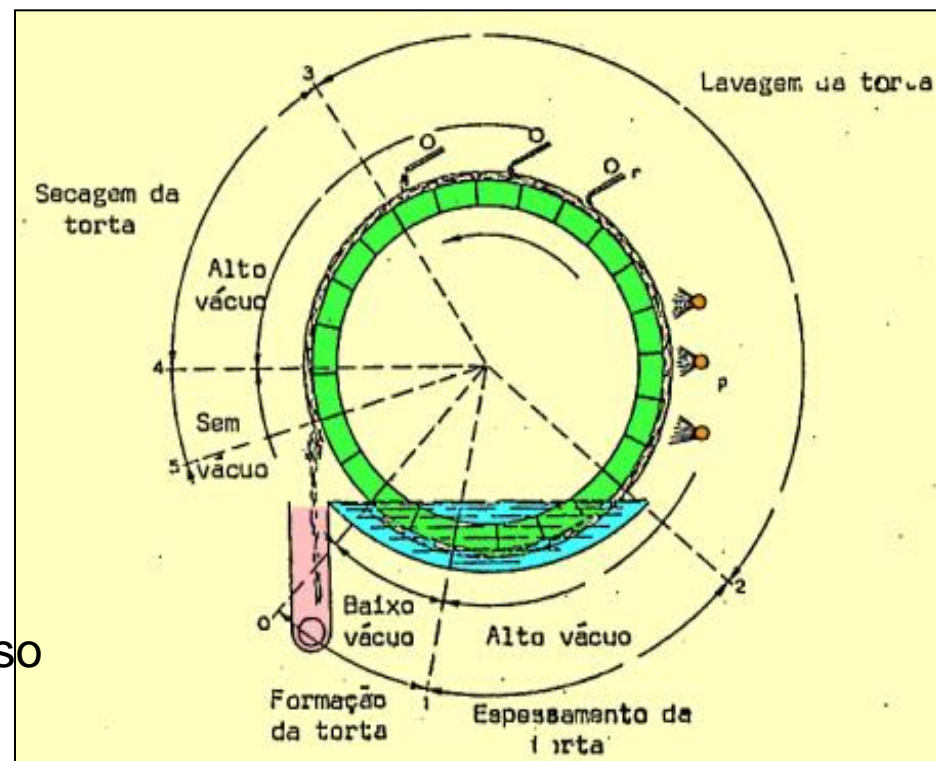
E. FILTRAÇÃO DAS BORRAS

- Objetivo → a operação de filtração visa recuperar o caldo arrastado com as borras ou lodo, o qual tem considerável teor de sacarose.
- Filtração das borras:
 - Filtro Rotativo à vácuo
 - Prensa Desaguadora

Eficiência da filtração:

- qualidade do caldo
- concentração do caldo
- adição de leite de cal (pH 7,5 a 8,0)
- adição de bagacinho - (6 a 10 k/TC)
- quantidade de água 100 a 150% peso da torta
- temperatura da água - 75 a 80°C
- vácuo para sucção

Baixo - 10 a 25 cm Hg
Alto - 20 a 50 cm Hg



Sistema de operação do filtro rotativo à vácuo

Filtro rotativo



7. CONCENTRAÇÃO DO CALDO

caldo misto decantado - solução diluída (13 a 15°Brix)

– massa cozida (solução super concentrada - 90 - 95°Brix)

Remover água { – evaporação - sistema de múltiplos efeitos (xarope 55-65°Brix)
- 2 fases - { – cozimento - sistema de simples efeito

Evaporação contínuo → Pré-evaporação - caldeira - vapor vegetal
→ Evaporação p.p.d.

cozimento → em batelada ou intermitente
→ contínuo

temperatura caldo decantado → mais próxima da temperatura da caixa.

Justificativas:

- a) maior consumo de vapor;
- b) difícil manuseio da massa cozida;
- c) necessidade de maior número de equipamentos;
- d) necessidade de maior número de operações.

7.1 EVAPORAÇÃO

FUNDAMENTOS DA EVAPORAÇÃO

- 1ª fase - **Pré-evaporação** - 13 a 15°Brix → 20 - 25°Brix -
 condição operação { temperatura — 115 -120°C
 { pressão — 0,69 - 0,99 Kg/cm²
- 2ª fase - **Evaporação** - 20 a 25°Brix → 55-65°Brix
 temperaturas — 107° < 55°C
 pressão mono. — 0,37 Kg/cm² < 64 cmHg

A. EVAPORAÇÃO

Fatores limitantes - concentração pela evaporação

a) xarope diluído

- maior consumo de vapor no cozimento;
- maior tempo de cozimento;
- necessidade de maior número de equipamentos;
- escurecimento da massa cozida e,
- maior cor do açúcar.

b) xarope muito concentrado

- maior dificuldade na produção do pé de cozimento;
- dificulta a condução do cozimento;
- dificulta o controle de crescimento dos cristais;
- facilita a formação de falsos cristais.

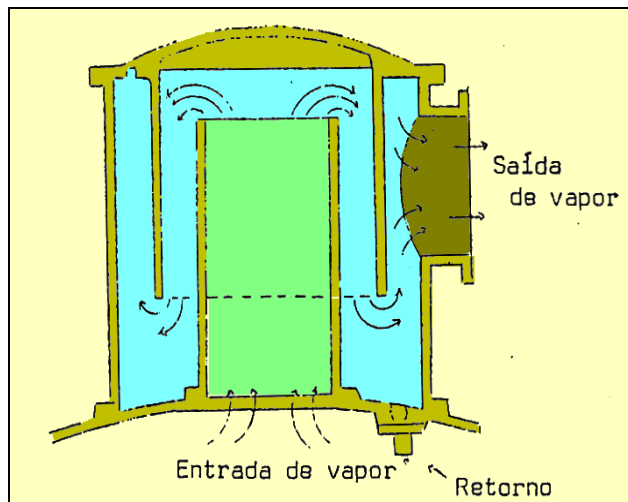
CONSTRUÇÃO DE UM MÚLTIPLO-EFEITO

Facilidade de construção
 - corpos do sistema
 (forma, altura, capacidade)

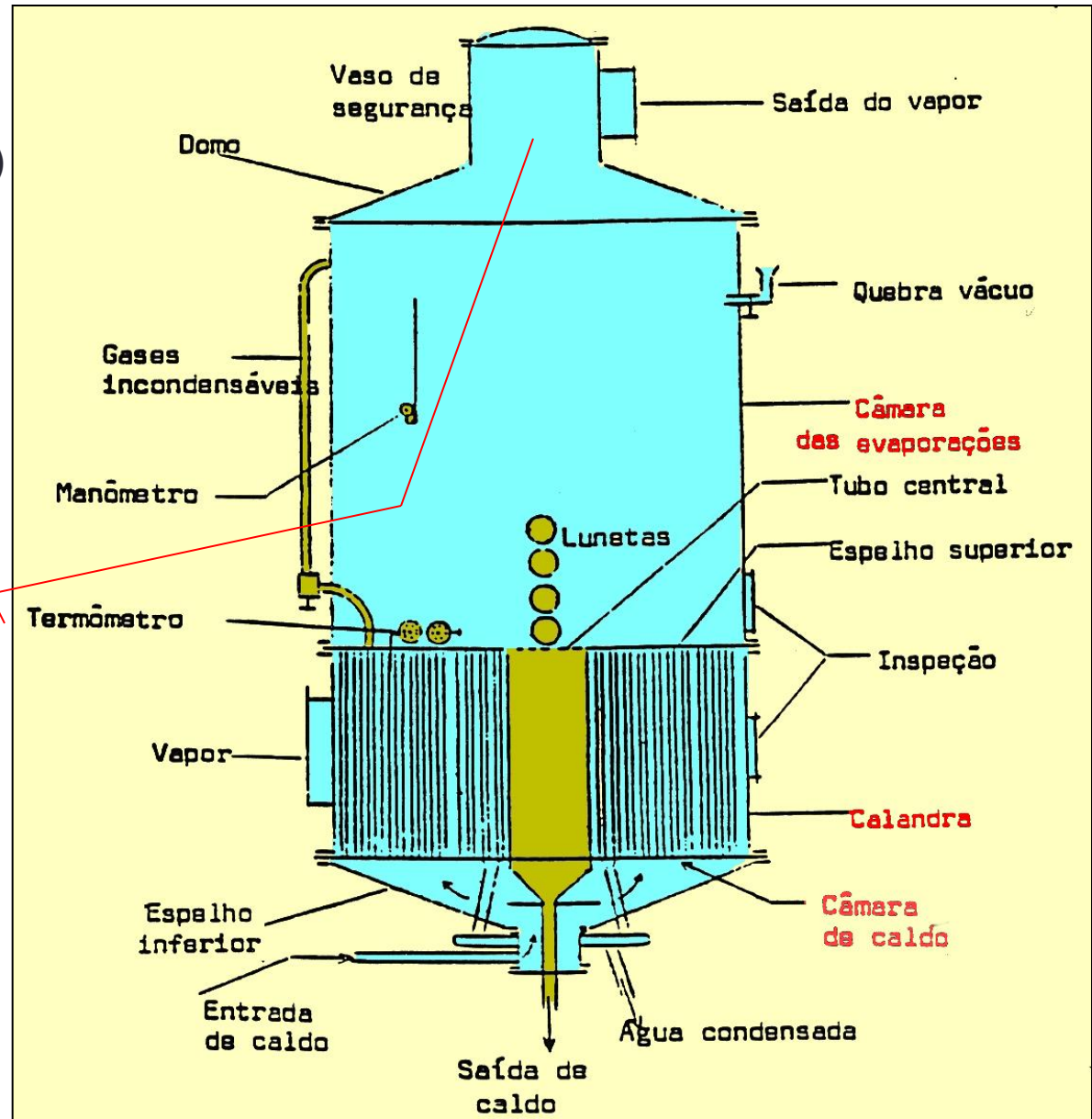
Aparelho

4 partes

- Fundo
- calandria
- corpo cilíndrico
- cabeça



Detalhe da cabeça



EVAPORAÇÃO EM MÚLTIPLO-EFEITO

