

# Operações preliminares



Prof. Dra Sandra H Cruz

USP/ESALQ  
Agosto/2016

☞ <https://www.youtube.com/watch?v=Ghr98yLVoiY>

☞ Usina virtual

☞ <https://www.youtube.com/watch?v=M0v72GqKYwo>

☞ [https://www.youtube.com/watch?v=ynK\\_J25qGMQ](https://www.youtube.com/watch?v=ynK_J25qGMQ)

☞ <https://www.youtube.com/watch?v=JjjYMkDDjT0>

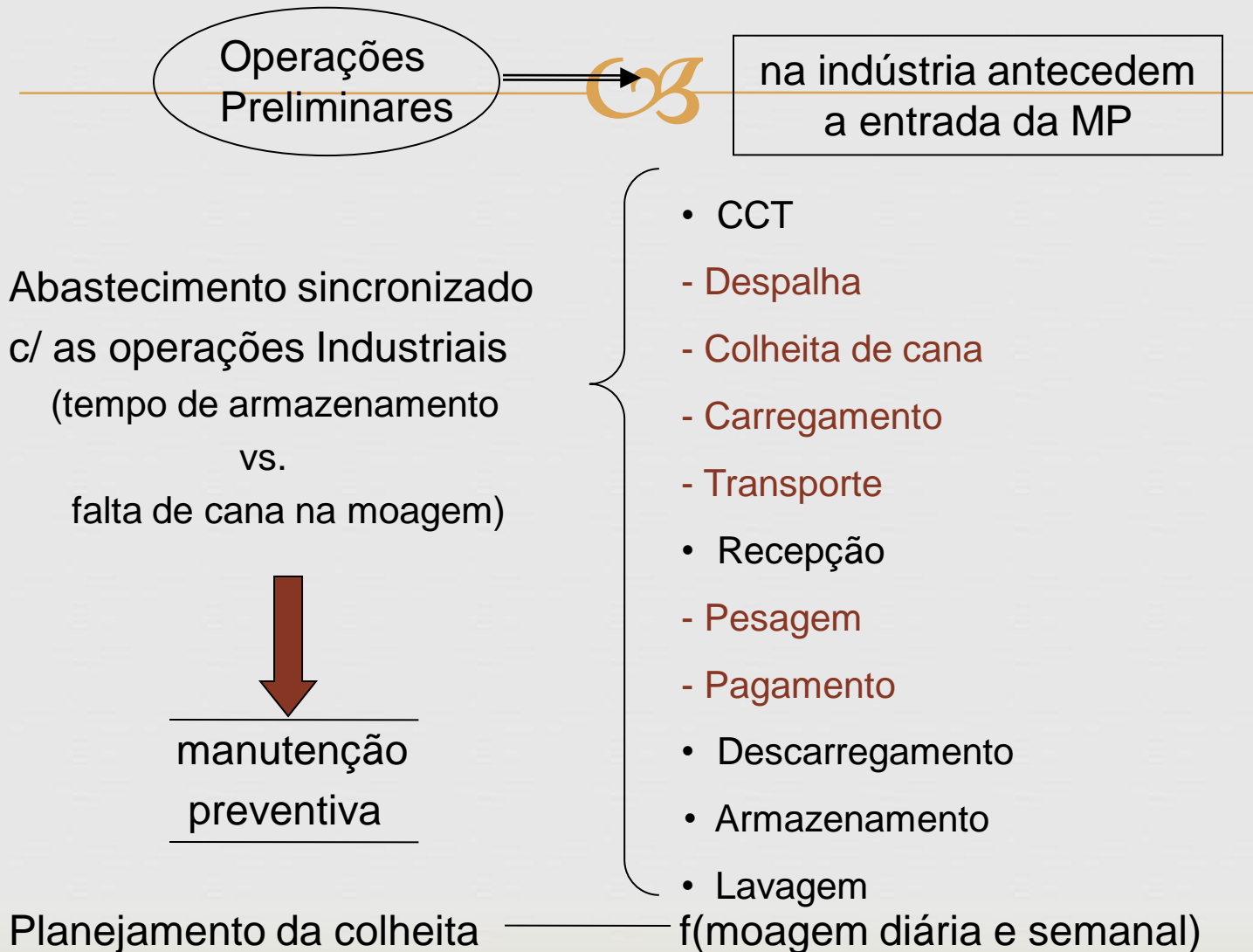
# Capacidade de moagem



- ☞ usinas de grande porte - capacidade de moagem superior a 2,5 milhões de toneladas por safra,
- ☞ usinas de médio porte - capacidade de moagem de 1,0 a 2,5 milhões de toneladas por safra
- ☞ usinas de pequeno porte - capacidade de moagem inferior a 1,0 milhão de toneladas por safra.

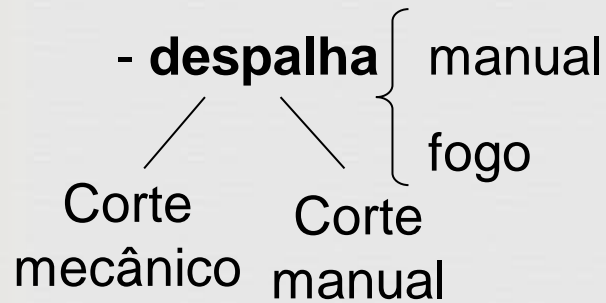
UNICA (2011),

# 1. OPERAÇÕES PRELIMINARES DA FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL




# CCT

## A. - Despalha como operação de pré-colheita



6 a 8t. de cana / cortador / dia  
tempo de corte / carregamento ⇒ 48h



Legislação: Lei n. 11.241, de 19/09/2002 (queima da cana)

Porcentagem de eliminação da queima em

Ano	Área mecanizável	Área não mecanizável
2002	20	
2006	30	
2011	50	10
2016	80	20
2021	100	30
2026		50
2031		100

## ÁREA MECANIZÁVEL NO ESTADO DE SÃO PAULO

ASSOCIAÇÃO	ÁREA (ha)		
	Total	Mecanizável	%
Araraquara	103.000	62.000	60
Assis	90.000	63.000	70
Barra Bonita	84.000	56.000	67
Capivari	73.000	42.000	31
Catanduva	130.000	23.000	50
Jaú	60.000	65.000	70
Lençóis Paulista	110.000	70.000	64
Monte Aprazível	7.000	3.500	50
Piracicaba	315.000	136.000	43
Porto Feliz	8.300	2.500	30
Sertãozinho	605.000	424.000	70
<b>MÉDIA</b>	<b>1.585.300</b>	<b>947.000</b>	<b>60%</b>



## B. Colheita manual



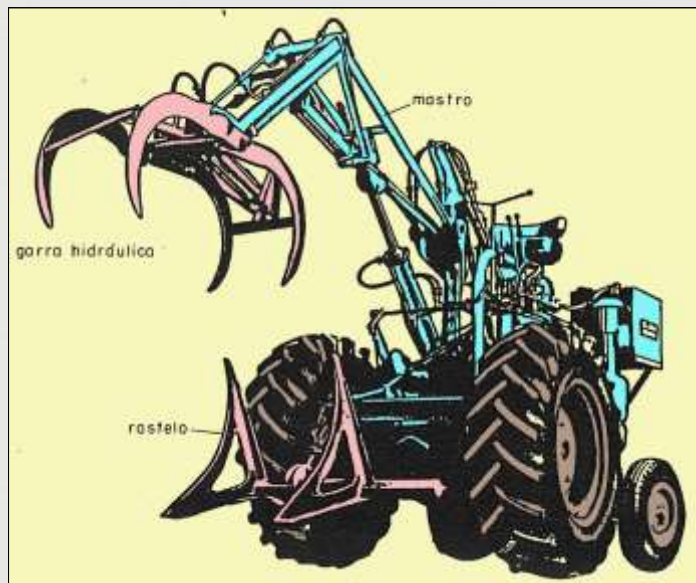
Corte manual de cana crua.



Corte manual de cana queimada.  
Fotos: Raffaella Rossetto.



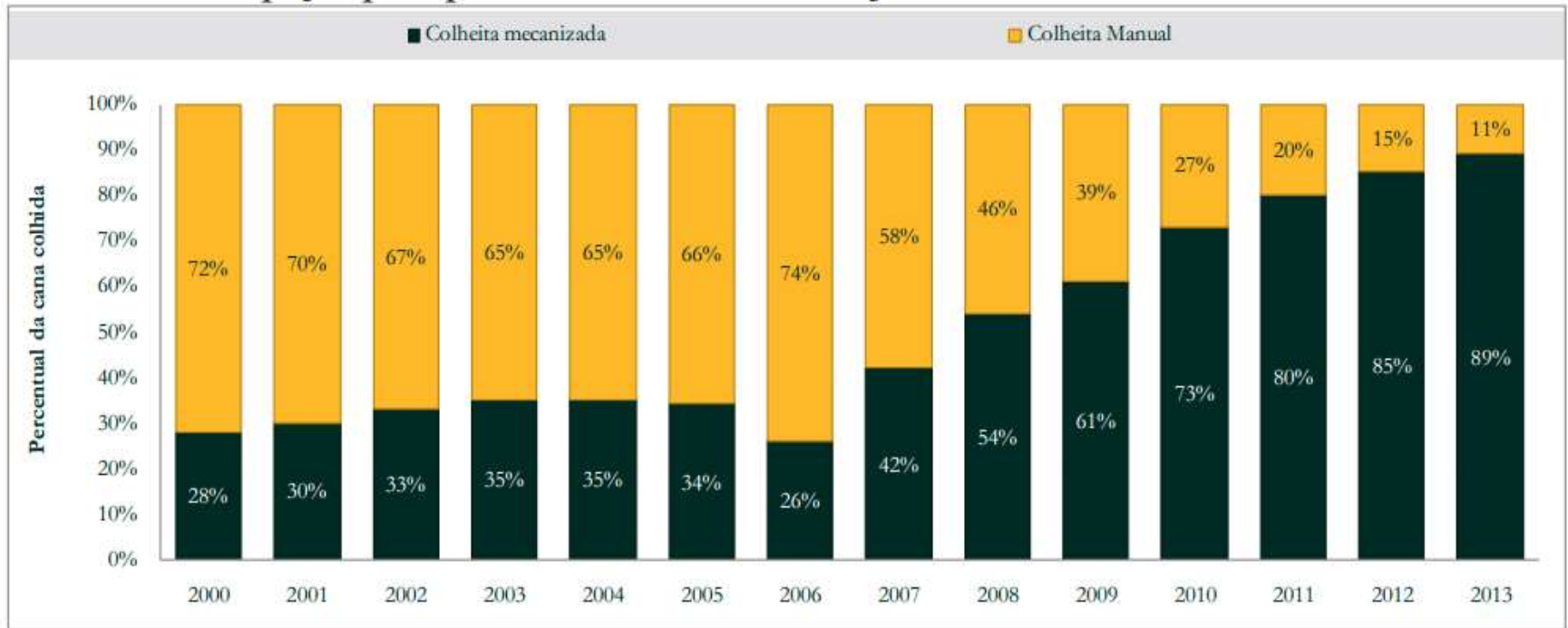
## C. Carregamento de cana-de-açúcar



# Colheita mecânica

cana inteira X cana picada (toletes)

Gráfico 4: Participação por tipo de colheita da cana de açúcar no Centro-Sul.



Fonte: Elaborado pela Markestrat a partir de dados do CTC e da UNICA.

Neves; Trombin, 2014



<http://www.unica.com.br/documentos/fotos/>



Colheita mecanizada.  
Foto: Patrícia Cândida Lopes.





**Colheitadeira em cana crua**

**Carregamento sistemático de corte mecânico**



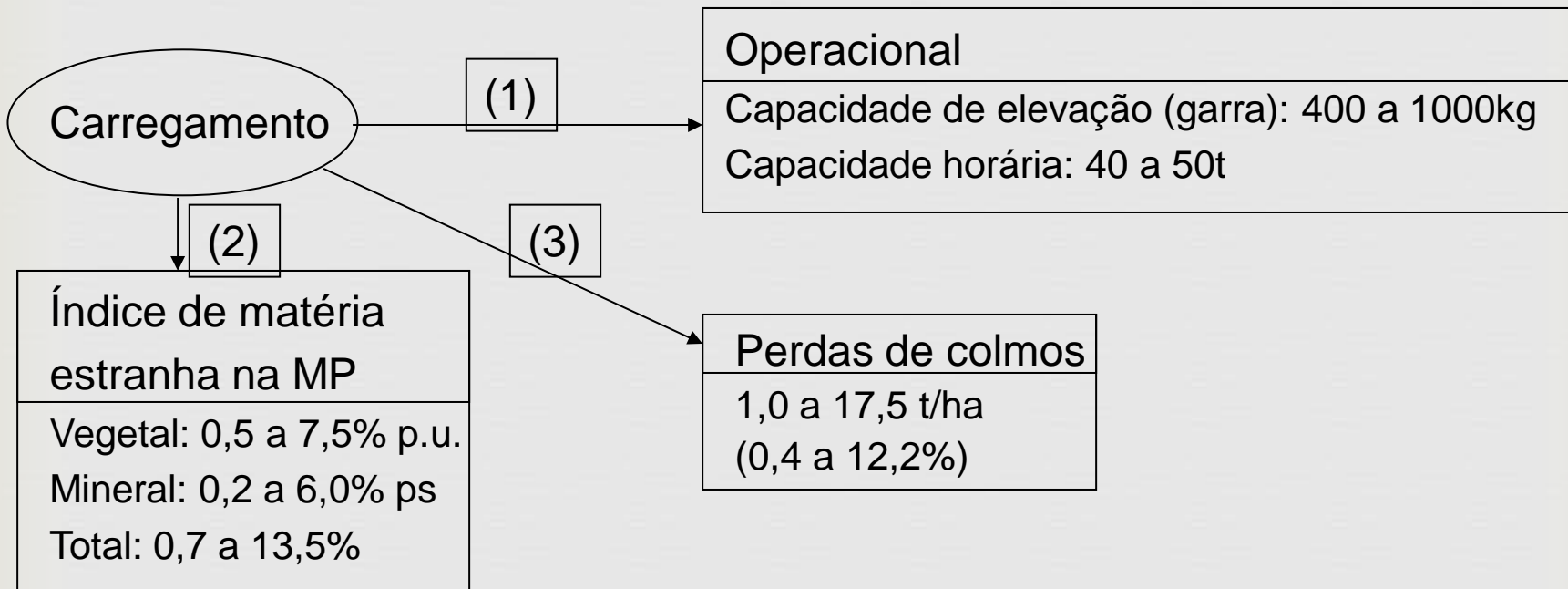




Carregamento de cana queimada

Carregamento de cana integral






**Fatores:**

- Qualidade da queima
- Textura e umidade do solo
- Disposição dos colmos cortados
- Tipo de rastelo e da garra
- Aptidão do operador
- Tipo de eito (3,5 ou 7 ruas)



# D. Transporte

Transporte    
↳ Estradas - rodoviário (principal)/ hidroviário  
↳ Estradas vicinais/ carreadores (transbordo)

## Classificação de tipo:

### 1º) Terrestre

#### (a) Tração animal

- lombo de animais;
- carretas, carroções, carros,
- carroças tracionadas por animais.

#### (b) Tração mecânica

- caminhões {
  - Toco - 8-10TC
  - Truncadas - 18-22TC
  - Romeu-Julietta - 35TC
  - Treminhões - 55-65TC
  - Roto-trens - até 4 unidades

- tratores com carretas -

7 carretas no jenkins ou baikou

### 2º) Fluvial

chatas, barcaças, lanchas, etc.



## E. Pesagem da cana

- ☞ controle agrícola;
- ☞ controle industrial;
- ☞ pagamento de fornecedor;
- ☞ pagamento do transporte.



<http://sucroonline.blogspot.com.br/2010/11/laboratorio-de-pcts.html>



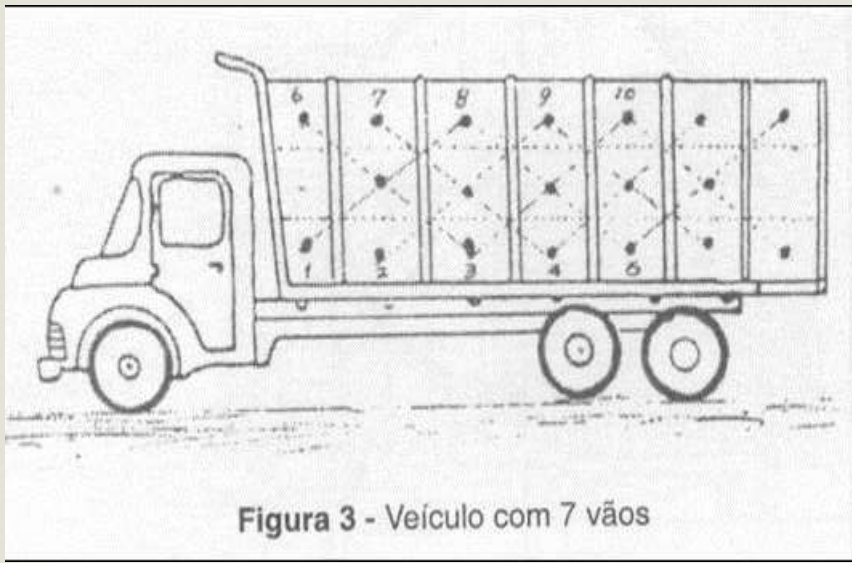


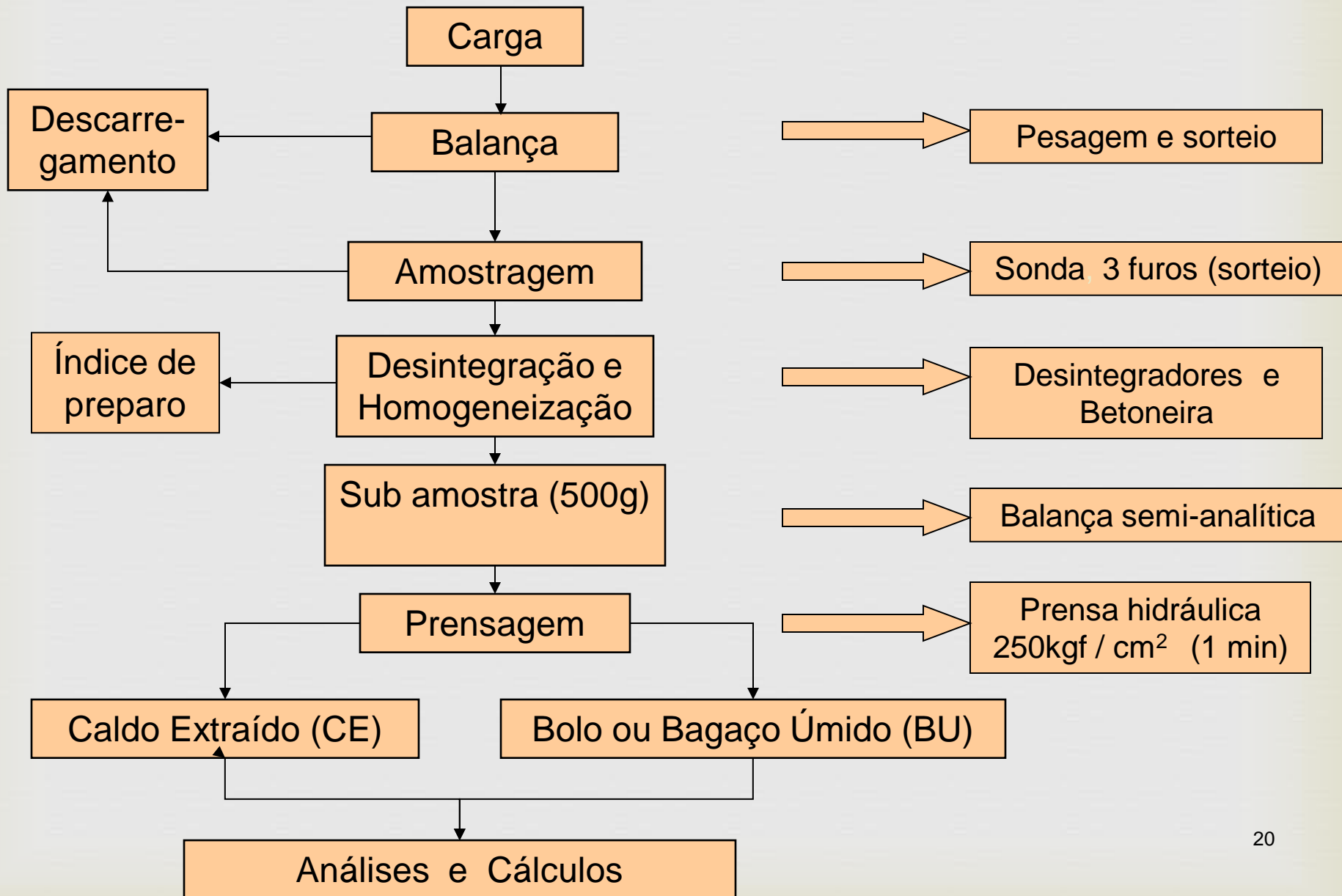
Figura 3 - Veículo com 7 vãos



## **SISTEMA DE PAGAMENTO (PCTS)**

<http://sucroonline.blogspot.com.br/2010/11/laboratorio-de-pcts.html>

# Sistema PCTS / CONSECANA





## F. Descarregamento e alimentação da cana-de-açúcar na indústria



Descarregamento mecânico - equipamentos:

Classificação:

- ❧ guindastes rotativos
- ❧ guindastes não-rotativos
- ❧ plataforma basculante
- ❧ guindaste lateral - sistema “hilo”
- ❧ basculamento lateral de carroceria







**guindaste não rotativo  
móvel (ponte rolante)**







**guindaste lateral “Hilo” sustentado por cabos**





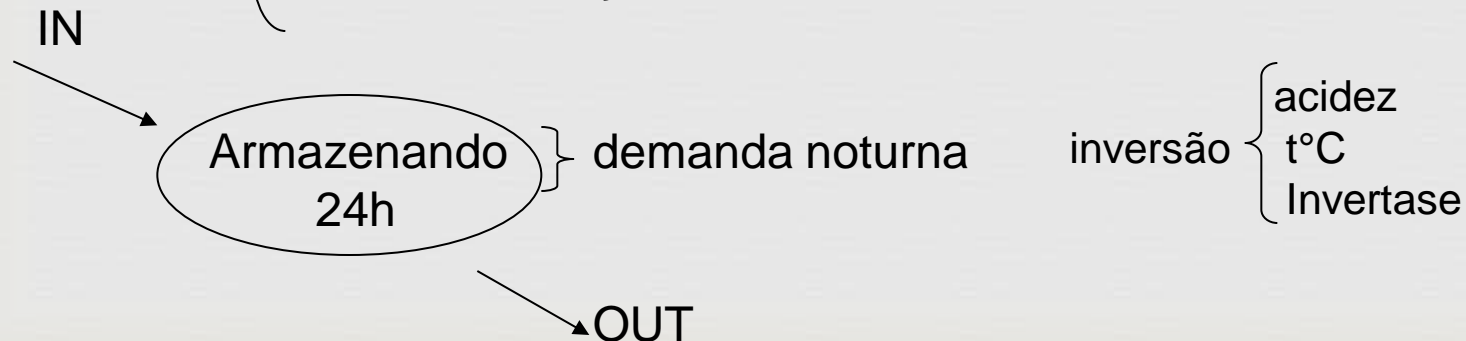
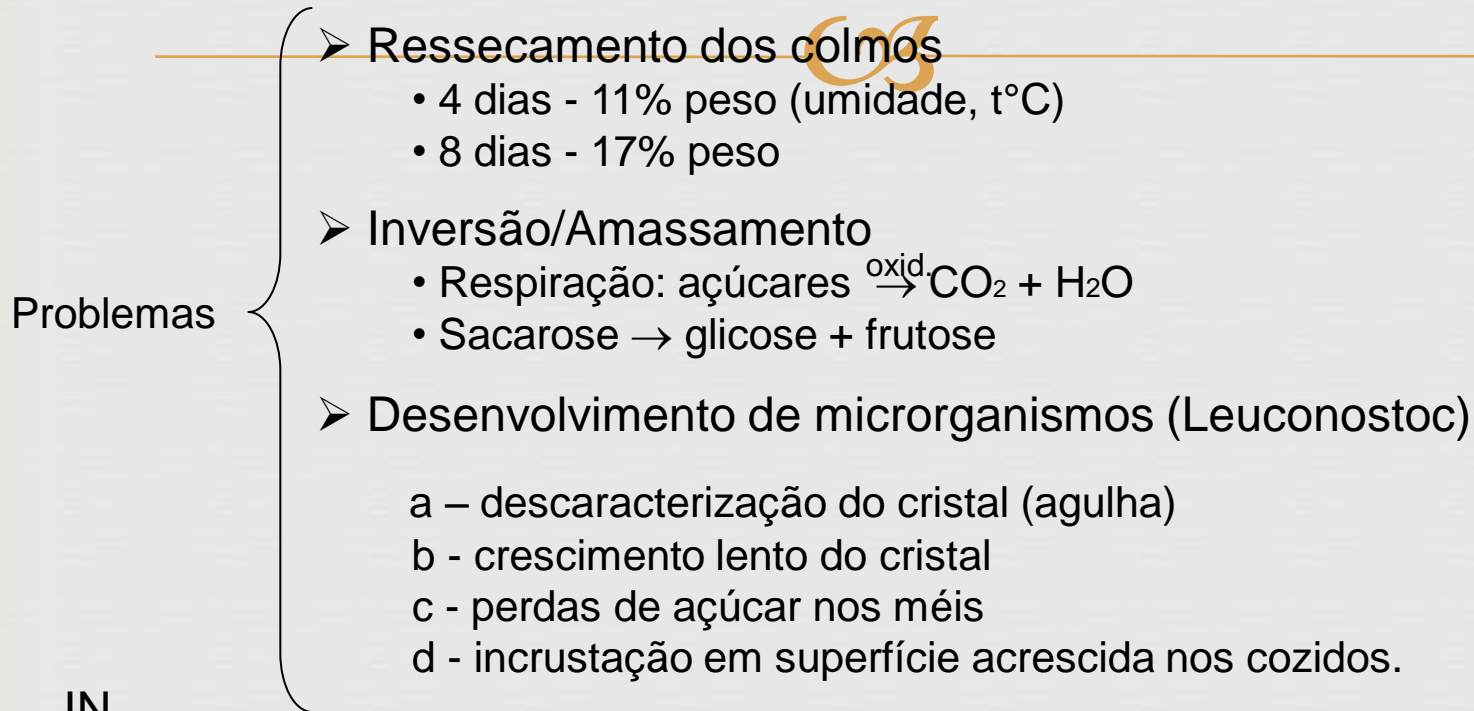
basculamento lateral da carroceria





# H. Armazenamento da cana

Armazenamento { armazém  
pátio





Armazenamento da cana em Pátio

## 2. RECEPÇÃO E CONDUÇÃO DA CANA NA INDÚSTRIA



# RECEPTORES DA CANA-DE-AÇÚCAR



## Receptores

equipamentos destinados a receber e conduzir matéria-prima para a esteira de alimentação das moendas

## Classificação

- mesa lateral de forro fixo
- mesa lateral de forro fixo e correntes móveis
- mesa lateral de forro móvel

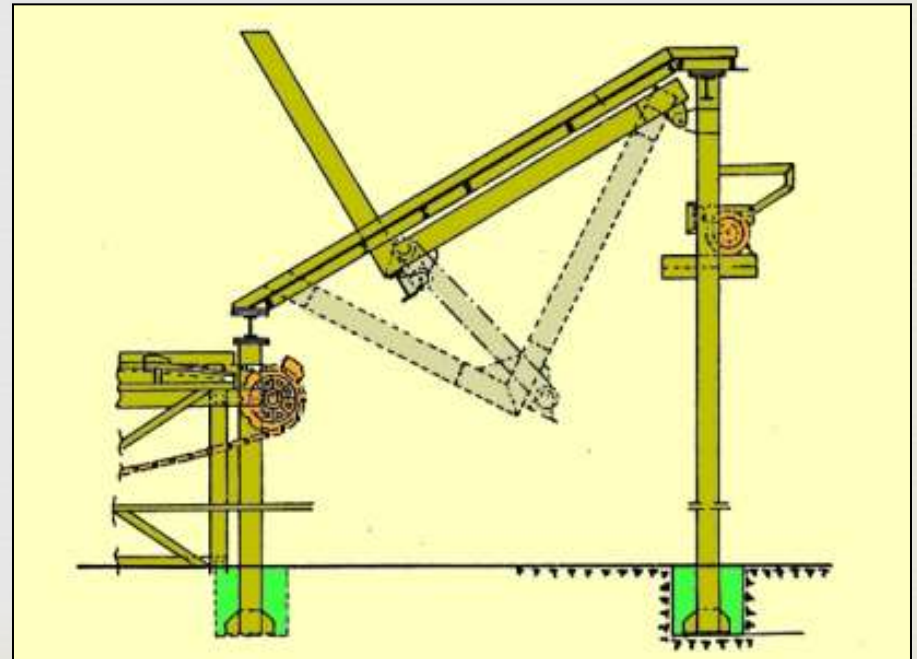
## Tipos e características particulares:

### a - mesa lateral de forro fixo, plana ou inclinada;

- ☞ Dimensões: 6 a 8m (comprimento) x 4 a 6m (largura) → microdestilaria
- ☞ Inclinação: 5 a 10°
- ☞ Carregada (carga) → ponte rolante fixa e garra
- ☞ Descarregada: deslocamento por ganchos - manual ou garra

### mesa lateral de forro fixo com anteparos hidráulicos:

- ☞ Dimensões: 8 a 9m (comp.) x 5 a 6m (larg.)
- ☞ Inclinação: 30 a 45°
- ☞ Descarregamento: anteparo hidráulico;
- ☞ Vantagens: equipamento rústico e fácil manejo.
- ☞ Limitação: deficiente lavagem da cana e alimentação do esteirão





## b - Mesa lateral de forro fixo e correntes móveis, com inclinações variáveis

☞ Constituída

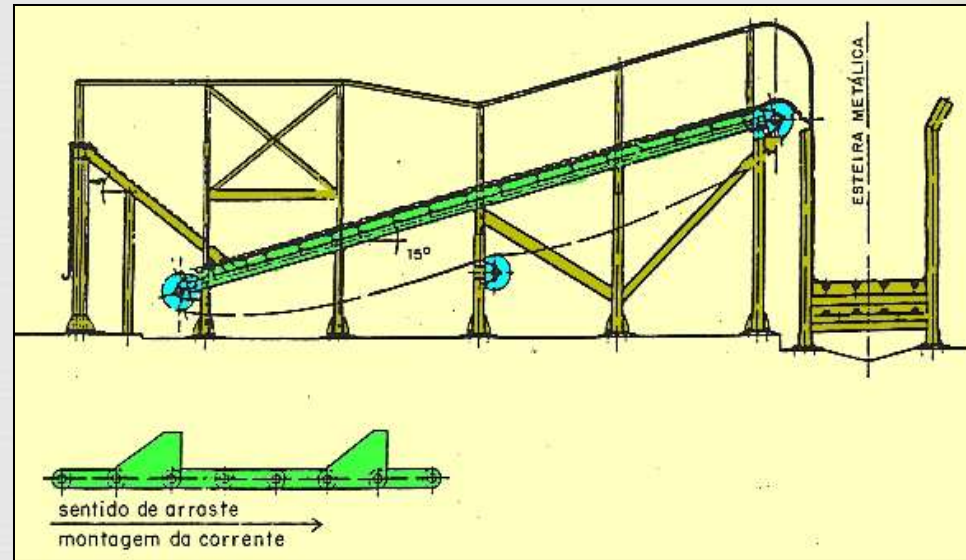
- ☞ fundo de chapa ou não

☞ Tipo

- ☞ inclinação  $15^\circ$
- ☞ inclinação  $45^\circ$

☞ correntes transportadoras - sem fim

☞ acionamento - motor elétrico com redutor



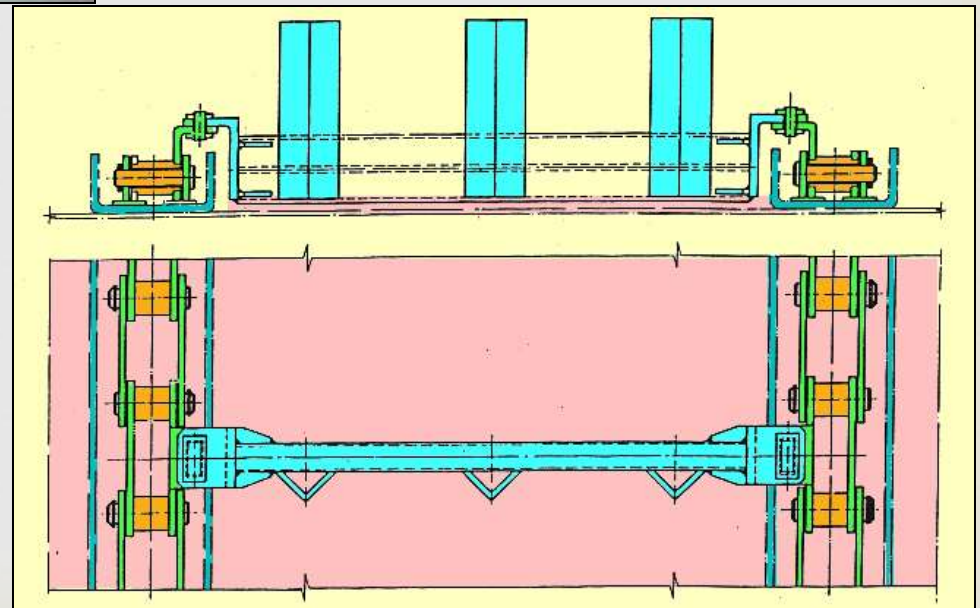
Manutenção da mesa lateral de  $15^\circ$





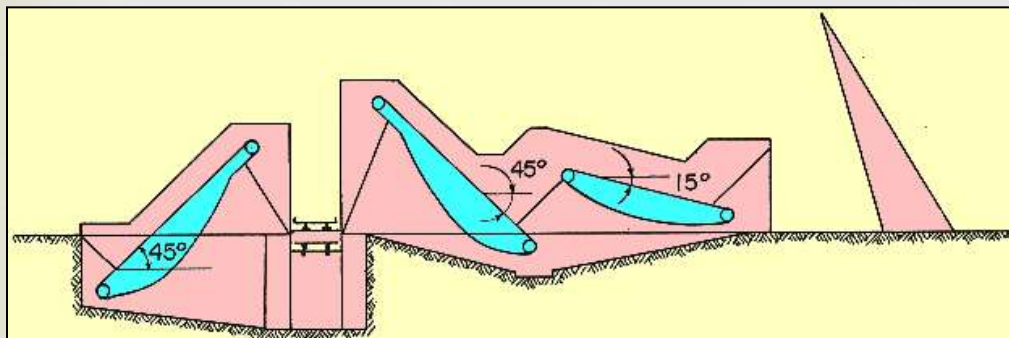
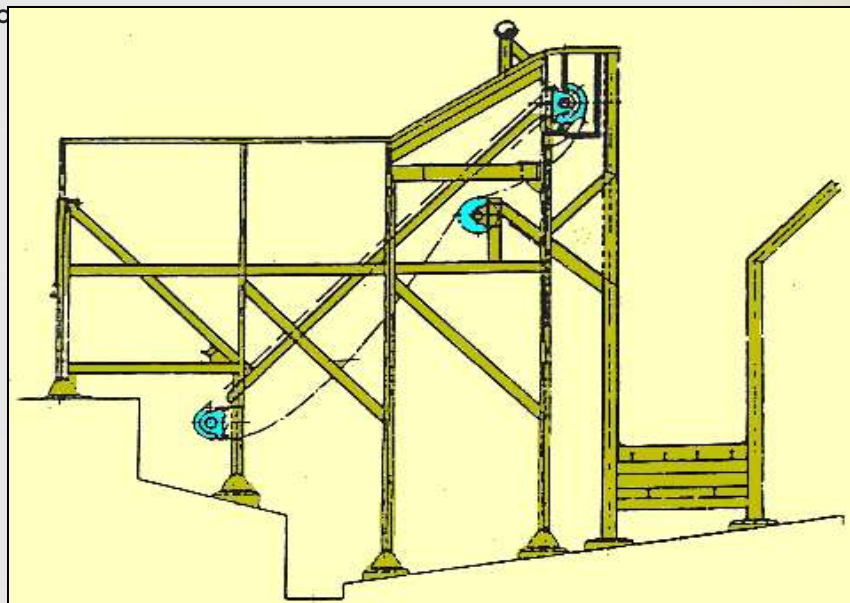
Detalhe do tambor da esteira de 45°

Corrente e talisca da mesa alimentadora de 45°



# Mesa lateral de forro fixo com correntes individuais móveis ou interligadas com taliscas - mesas de 45°

- características
  - largura: 10 - 12m
  - comprimento barra  $\pm 10$ m
  - altura até 6 - 7m
- capacidade
  - Individual: 200 - 250TCH
  - associada 15°: 300 - 350TCH
  - Alimentação máquina: 150 - 180TCH
- vantagens
  - melhor lavagem da cana
  - menor consumo de água de lavagem
  - melhor uniformidade de alimentação
  - reduz o risco de sobrecarga de alimentação



Associação de mesas - lateral de 45°



Esteiras laterais de 15° e 45°



Largura da mesa, mesas estreitas:

- má alimentação - cana inteira cai em pé,
- cana mal arrumada, com baixa densidade;
- cana picada, maior densidade

Fonte Cavalcante, D





Usina  
Junqueira

Mesa de 45°, alimentação com máquina



# LIMPEZA DA CANA-DE-AÇÚCAR

**Sistemas de limpeza** {  
Via Seca  
Via Úmida

## 1. Via Seca

### Componentes:

- (a) **hillo de descarregamento**  
(hidráulico ou mecânico);
- (b) **mesa de alimentação**: recepção em dois lances, facilita desdobramento da cana para limpeza a ar;
- (c) **ventiladores**: remove as palhas e parte da terra.



Fonte: Techpertersen

### Vantagens:

- deixa de perder 2% do açúcar por TC na lavagem (~ 2 a 3 kg Aç/TC);
- economia de recursos hídricos e redução de impacto ambiental;
- necessita de altura da mesa, para abrir a cana, eficiente limpeza,
- permite transporte cana com palha para gerar vapor.

## 2. Via Úmida

Quantidade água { Mesas 15° - 10-15m<sup>3</sup>/TC  
Mesa de 45° - 5 m<sup>3</sup>/TC

Circuito de água { aberto - lagoas de estabilização  
fechado - decantadores

Decantadores { - sistema de caixas  
- Decantador circular (Maracanã)  
- lagoa de sedimentação

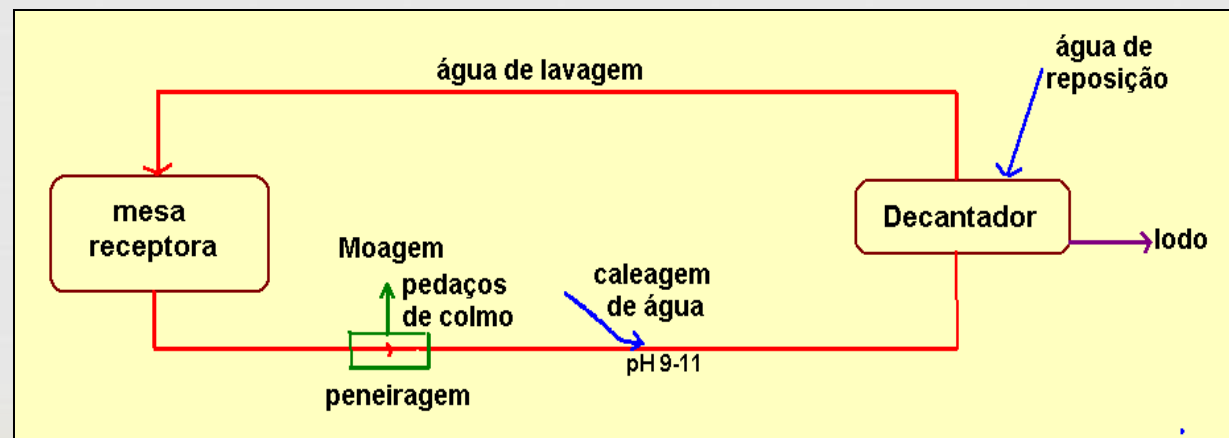
Conservação de água - leite de cal - pH 9 - 11

Açúcar arrastado { normal <= 2,0%  
excesso - até 10%

Circuito fechado



Lavagem de cana em mesa de 45°







# CONDUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR



- Após descarregada nas mesas laterais a cana é conduzido para a esteira principal sofrendo intensa desintegração por aparelhos preparadores até chegar a moagem.





Limite de velocidade 10 m/min :

- desgaste das correntes;
- desgaste das engrenagens;
- problemas mecânicos;

Esteirão de cana - alimentação

Usina Junqueira



Alimentação tendência acumular  
mais de um lado, solução,  
aumentar a largura;  
Objetivos:

- diminuir altura do colchão;
- centralizar melhor a cana;
- Diminuir a densidade relativa;
- melhor alimentação - preparo

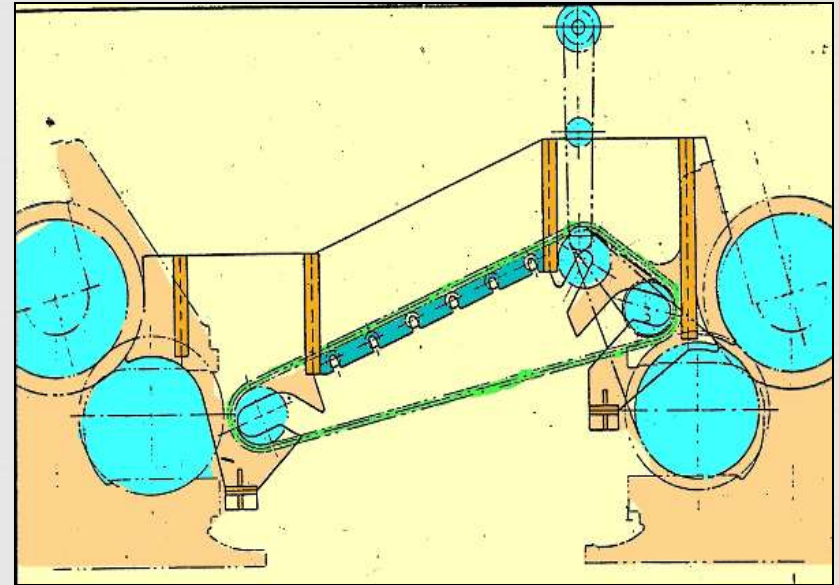
Operador visão esteira

# CONDUTORES INTERMEDIÁRIOS

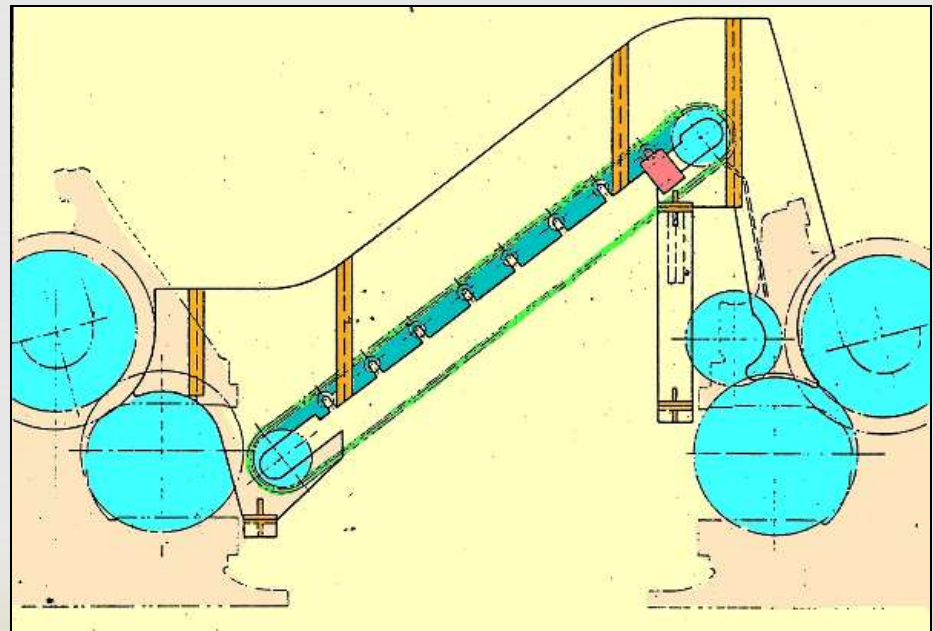
Finalidade → conduzir o bagaço de uma moenda a outra.

Tipos usuais:

a) esteira de talisca metálica;

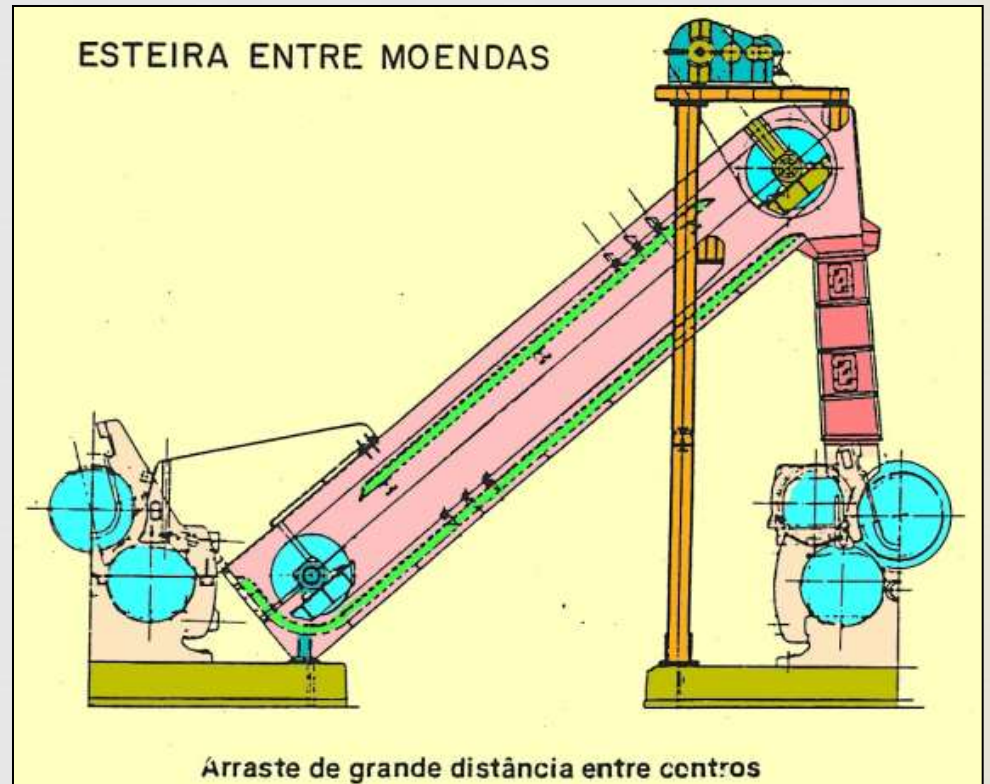


b) esteira de lençol de borracha nervurada com 2 ou 3 tambores;





c) Esteira de arraste, tipo rastelo.



∞ Acionamento → individual com acoplamento ao redutor.





Usina da Pedra -SP



Usina da Barra - SP

Fonte: DEDINI Equipamentos de Base

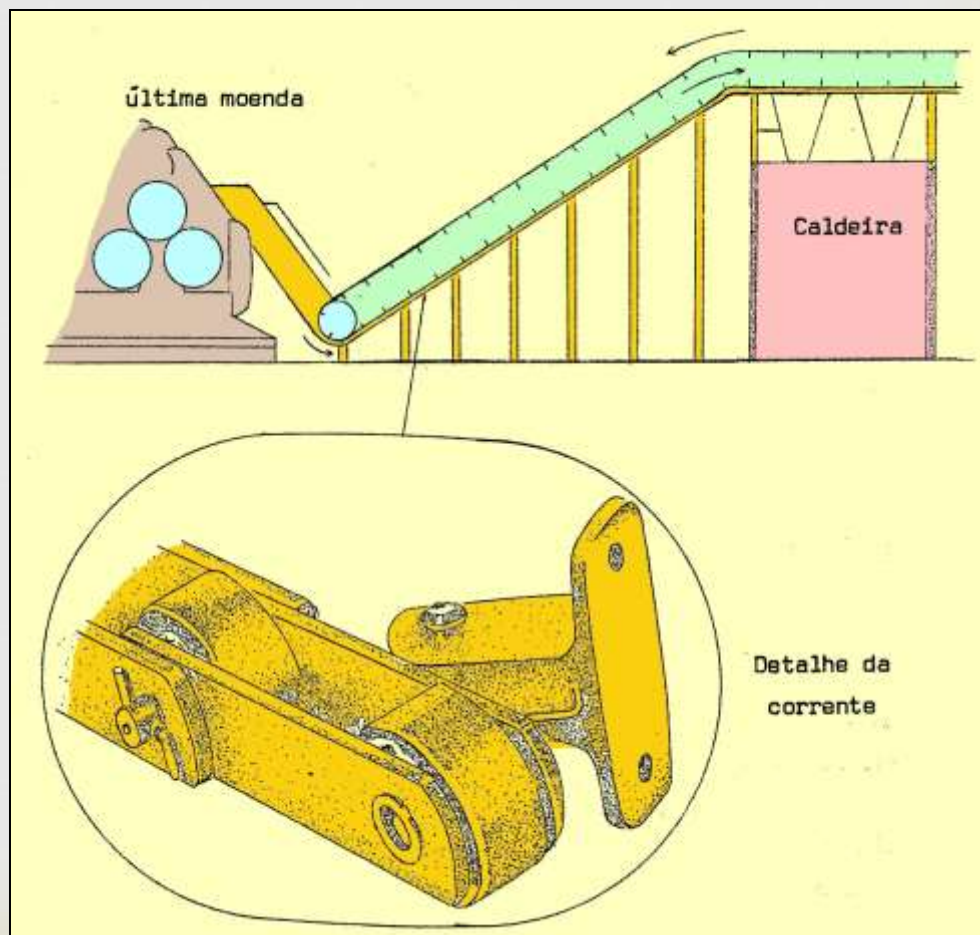
# ESTEIRAS DE ARRASTE DO BAGAÇO

Finalidade → conduzir o bagaço, após a saída da última moenda, para as caldeiras.

∞ Estrutura  
(partes)

a - fixa: calha metálico em forma de U;  
b - móvel: duas correntes internas a calha, interligadas por taliscas metálicas (verticais - condutores/raspadores).

- Velocidade esteira: 20 a 30m/min
- Recirculação de bagaço: inferiores aos setores de alimentação das caldeiras.
- Planejamento de alimentação de bagaço: na falta do material fibroso oriundo das moendas, através de esteira do retorno, devolve-se o bagaço de sobra.
- Parte inclinada - peneira de bagaço (chapa perfurada 1/4")







Vista do Sistema de bagaço

# PREPARO DA CANA PARA MOAGEM



OBJETIVOS, CONDUÇÃO E  
EQUIPAMENTOS



# INTRODUÇÃO

☞ Extração em duas fases

☞ preparo da cana para extração

☞ extração do caldo {  
moagem  
difusão

☞ necessita desintegrar cana para liberar mais fácil o caldo

☞ resistência ao preparo → função: relação das partes moles e duras.  
(recuperação da sacarose)

cana-de-açúcar  
(partes)  
12,5% fibra

a) Parte dura (casca e nó)  
25% peso cana

75% fibra  
25% caldo

20% peso  
caldo cana

b) Parte mole (entre nós)  
75% peso cana

8% fibra  
92% caldo

80% peso  
caldo cana

## OBJETIVOS DO PREPARO:

- 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 - produzir um bagaço que receberá melhor a embebição.



## ⇒ 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;

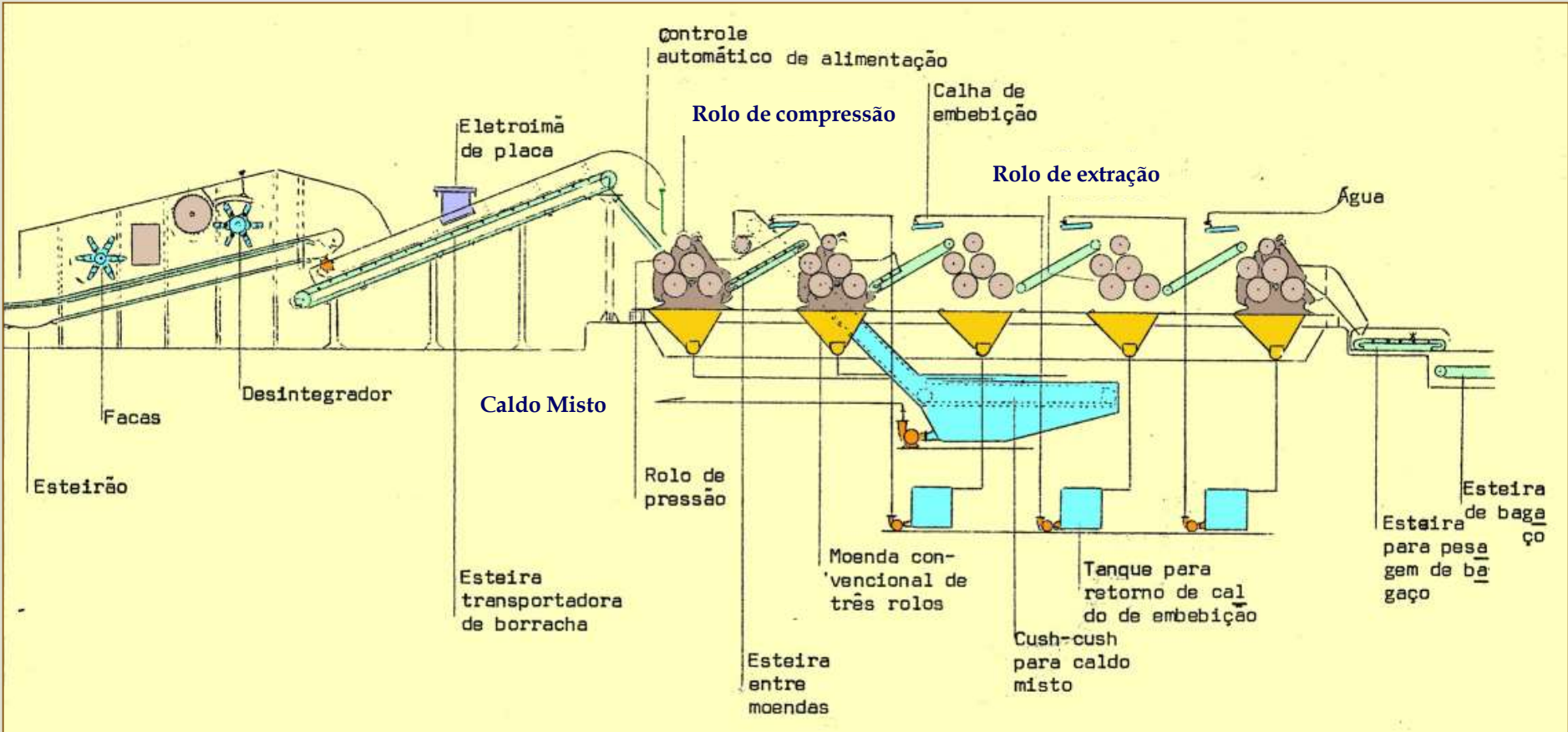
### ☞ reduzir consumo de energia;

### ☞ homogeneização do teor de fibra e,

### ☞ reduzir o desgaste e quebra das moendas.

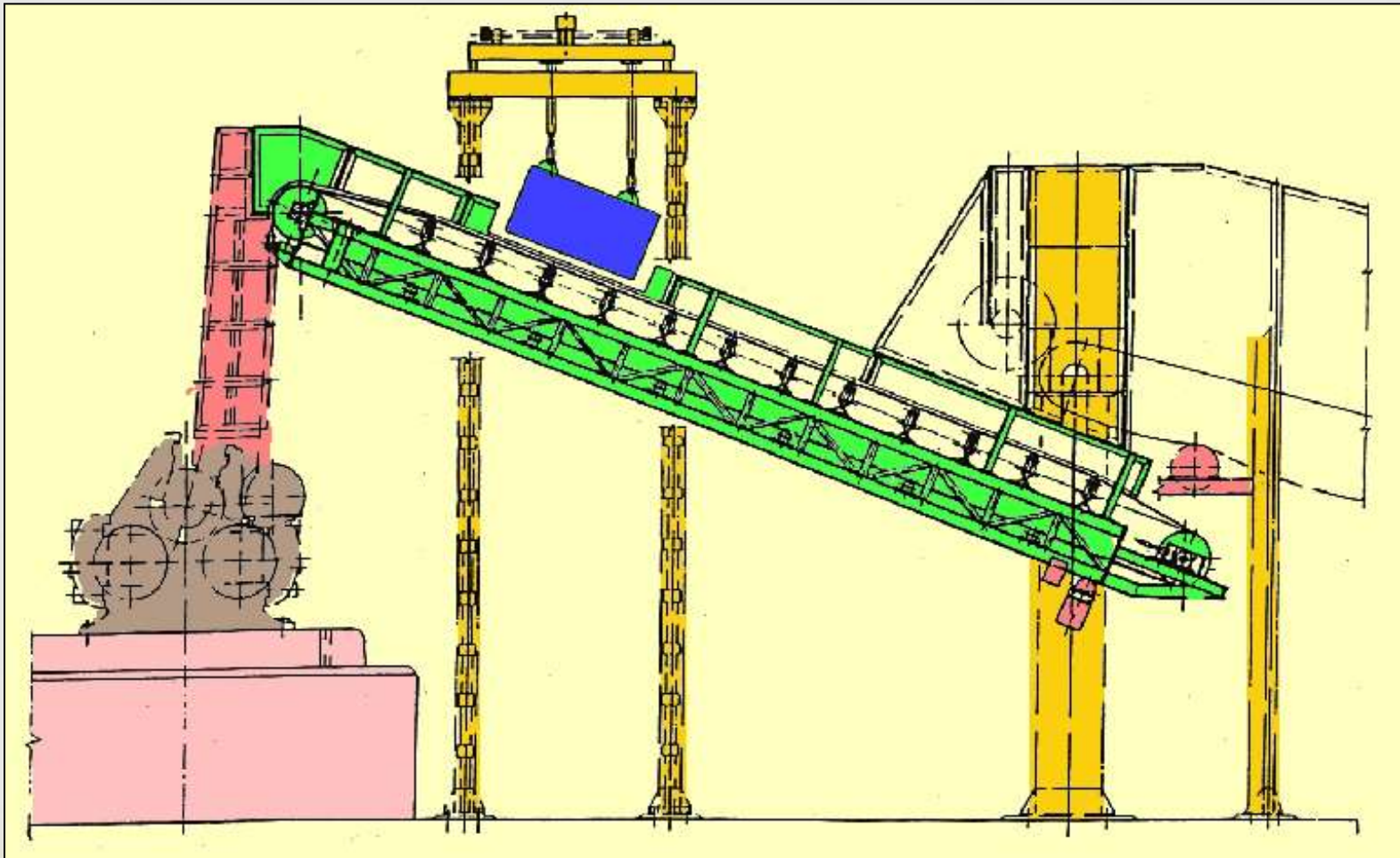
# Aparelhos do preparo

- facas rotativas
- desfibradores ou desintegradores



## ELETROIMÃ

Finalidade → instalado na esteira de cana desfibrada, visando retenção de pedaços de ferro, arames, parafusos trazidos com a matéria-prima colhida no campo, causa danos bastante graves nas moendas.





# Facas rotativas (niveladoras e picadoras)

## Constituição

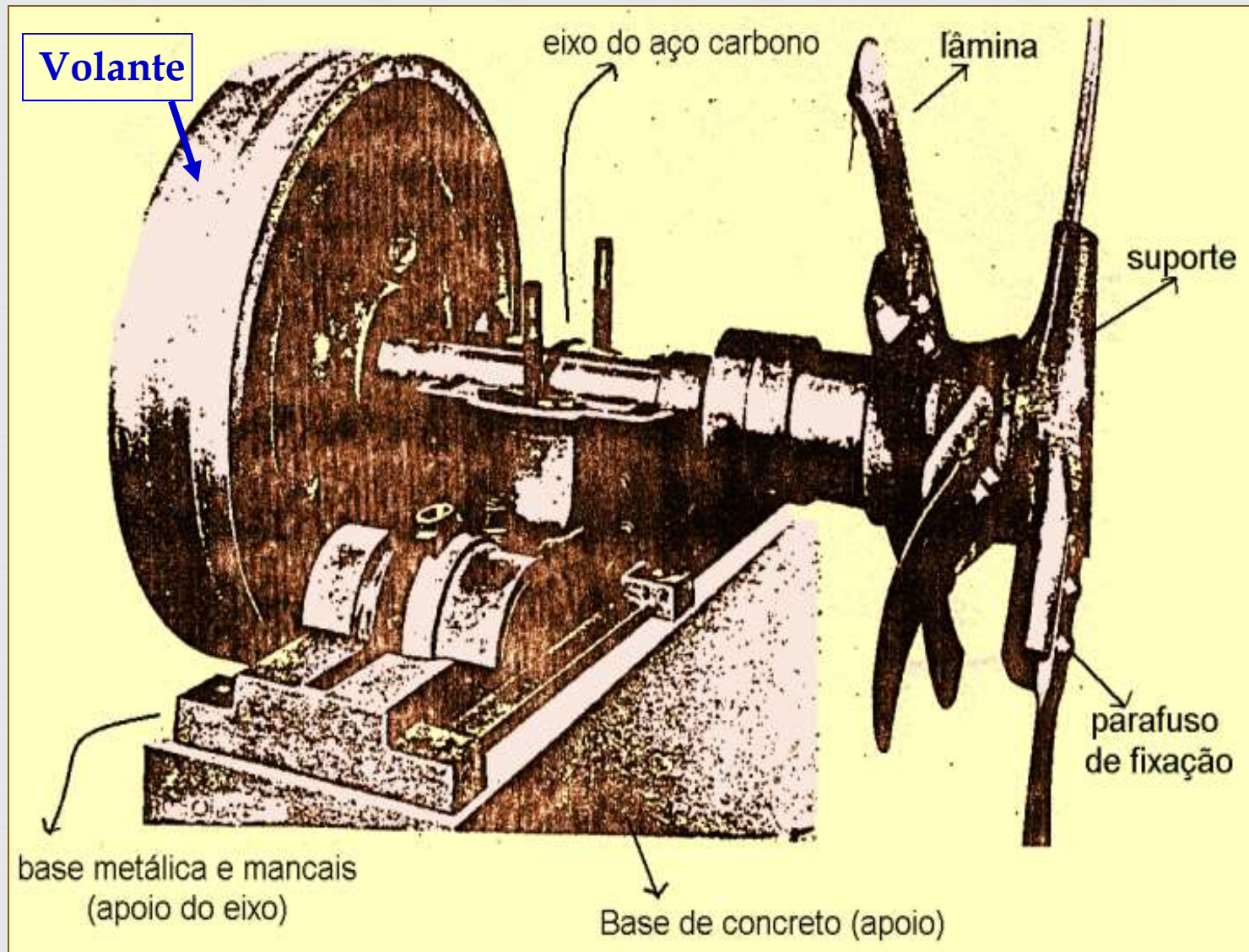
- ↻ Base de concreto ou pedestal de vigas I , U e chapas corrugadas
- ↻ Suporte de fixação dos mancais
- ↻ Cofre metálico de chapa com porta basculante.

→ Mancais (casquilho de bronze fosforado com lubrificação automática ou rolamento )

→ Eixo de aço - Seção (comprimento) {  
Quadrado  
hexagonal ou octogonal  
cilíndrico com encaixes (chaveta travamento)

→ Suporte das Facas - Aço fundido ou chapa de aço

→ Lâmina de preparo aço bordos tratados ou não (facas rotativas)



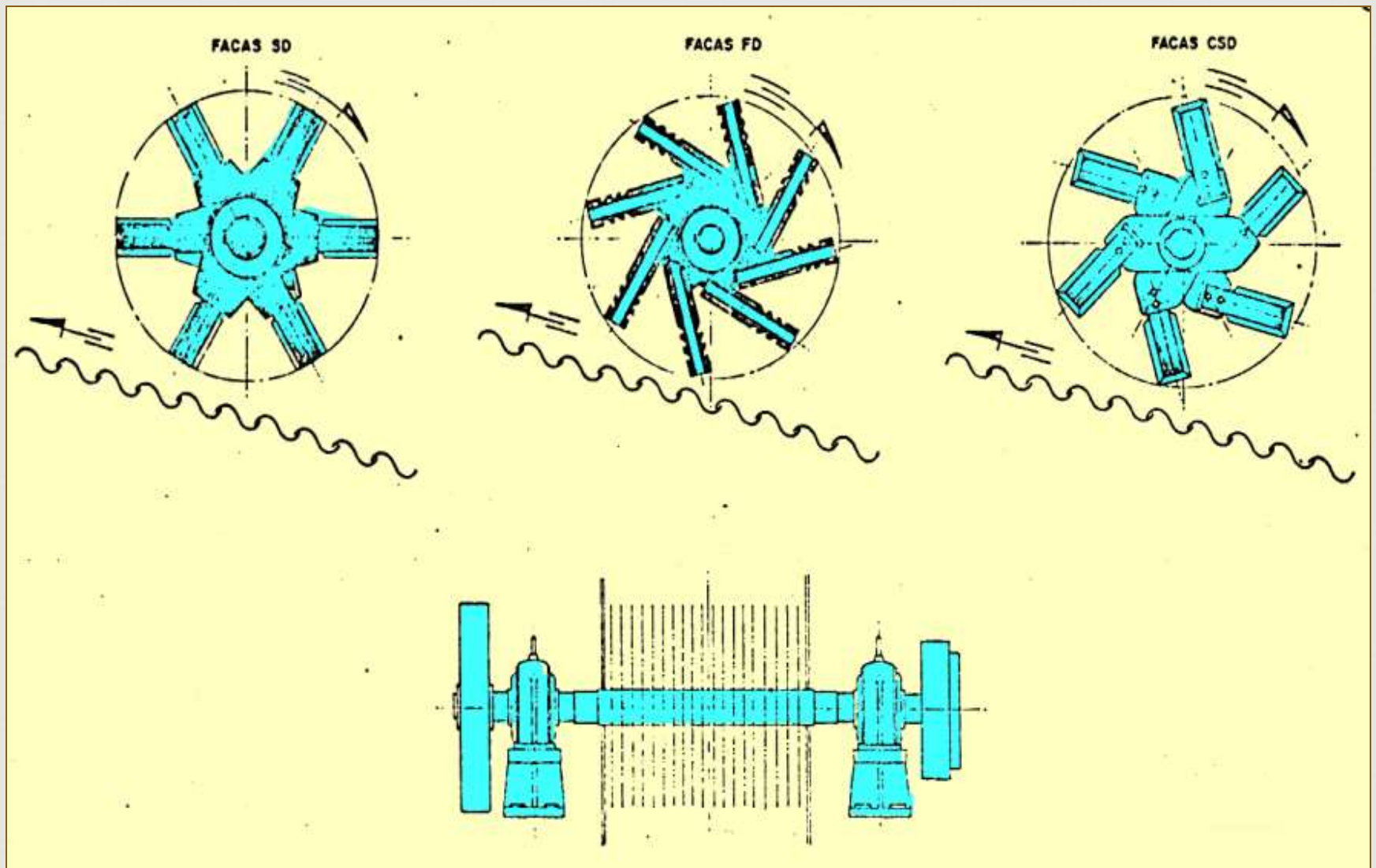
Componentes das facas rotativas

## As facas diferem nos seguintes aspectos:

- ∞ quantidade de lâminas;
- ∞ posição das lâminas { radial  
inclinação 45°
- ∞ formato das lâminas, bordo de ataque: lisa, serrilhada, ondulada.
- ∞ fixação - parafusos rígidos ou eixos para oscilação
- ∞ Lâminas de aço especial das facas para conferir:(durabilidade, resistência, elasticidade, tenacidade, tempera)



# Posição de fixação das facas rotativas



# JOGOS DE FACAS



Facas COP

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



Facas FOL

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

## •As variações nos modelos visam:

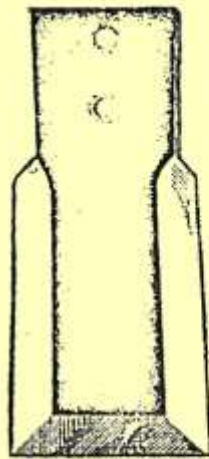
(1) aumentar trabalho das lâminas com menor desgastes;

(2) auto-afiamento da lâmina ao lado oposto ao de trabalho e;

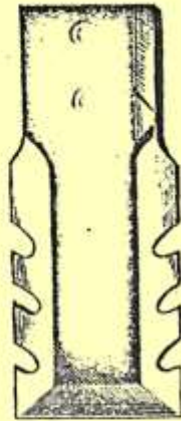
(3) evitar o desgastes das extremidades da lâmina da faca (resultando: menor raio de ação e maior consumo de potência) solda dura.



## Facas rotativas modelos fábrica Saran



Faca reta



Faca reta serrilhada



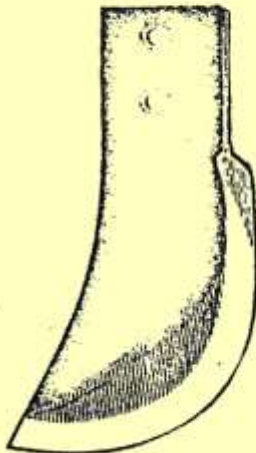
Faca serrilhada dupla



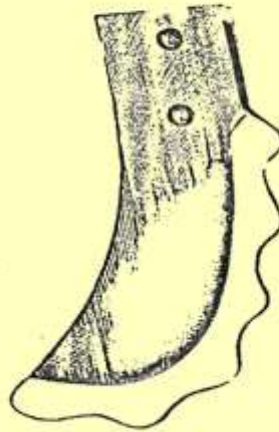
Faca reta dupla auto-afiável



Facão



Faca curva lisa



Faca curva com bordos ondulados



Faca curva serrilhada



Faca curva denteada

# Número de suportes (N) para as facas rotativas

∞ N° de suportes (N) é função da largura do condutor (esteira - L) e do passo (P) adotado para as facas.

∞ Fórmula básica:

$$N = \frac{L}{P} - 1 \quad , \text{onde:}$$

L = largura da esteira (eixo parte interna ))

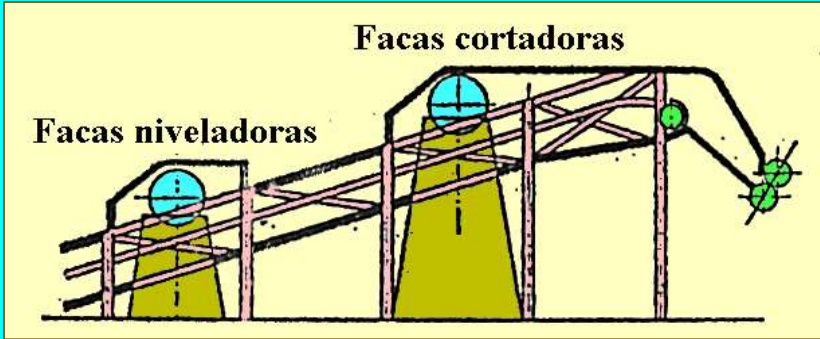
P = passo, distância do círculo descrito de uma faca até o da outra:

∞ niveladora - 100 a 150mm

∞ cortadora - 22 a 50mm

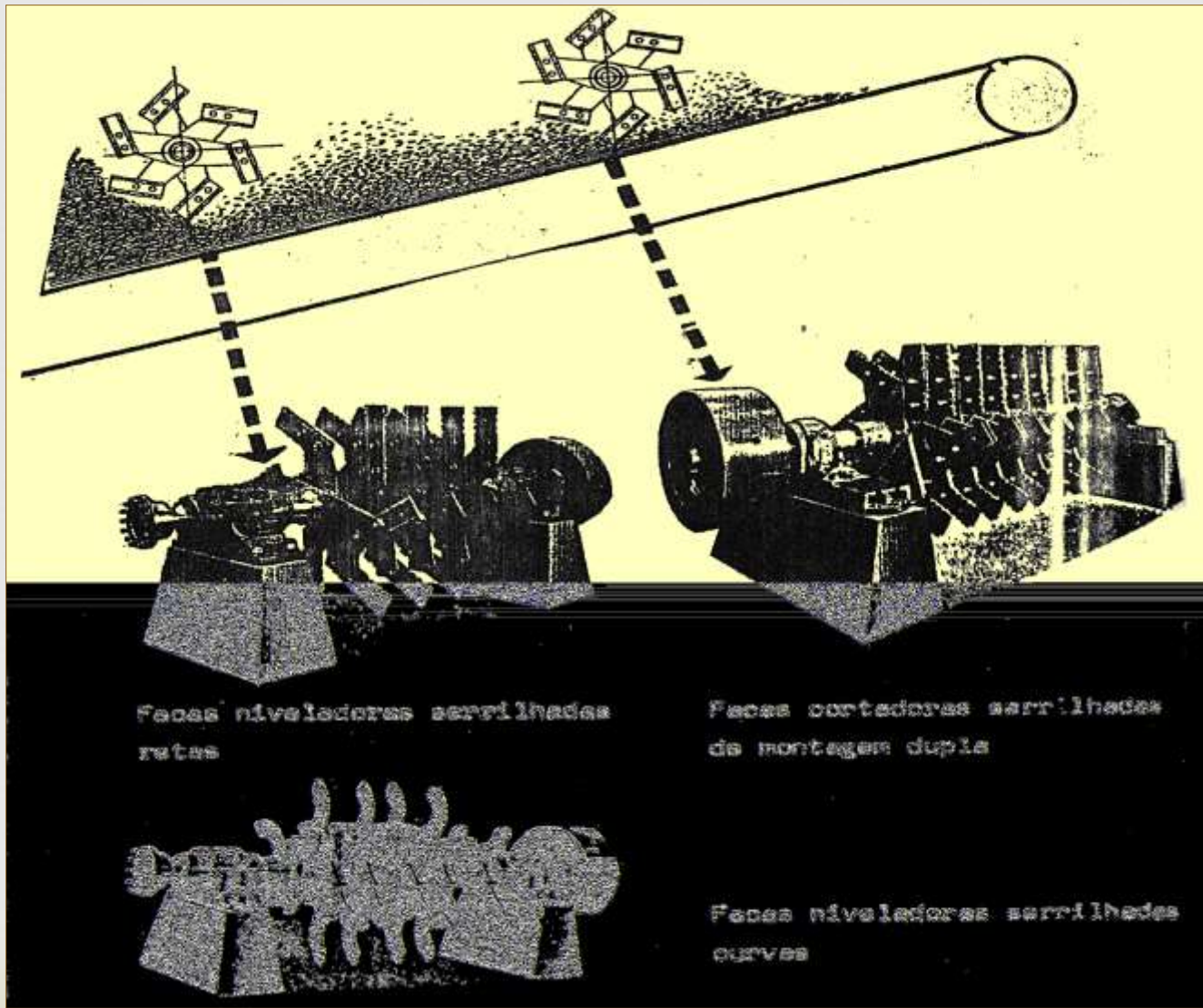
Obs: O número de facas é o produto do número de suportes pelo número de facas por suporte.

## Comparação entre Facas Niveladoras com Cortadoras

Itens	Niveladoras	Cortadoras
<b>A - Função</b>	<b>- Regulariza e uniformiza o fluxo de carga de cana</b>	<b>- transforma a massa grosseira em camada densa com pedaços uniforme.</b>
<b>B - Localização</b>	 <p>Facas niveladoras</p> <p>Facas cortadoras</p>	
<b>C - Sentido de rotação e velocidade</b>	<b>- Sentido desdobramento esteirão e 50% adicional ao sentido contrário ao esteirão</b> <b>- 500 a 600 rpm</b>	<b>- Sentido desdobramento esteirão</b> <b>- 750 a 1000rpm</b>
<b>D - Número de facas e distância entre facas</b>	<b>- 65 a 75% do nº de facas cortadoras</b> <b>- 100 a 150mm (passo)</b>	<b>- nº de facas depende do passo e ao comprimento do eixo</b> <b>- 22 a 50mm (passo)</b>
<b>E - Ajuste no fundo da esteira</b>	<b>- Ajuste a 1/3 a 1/4 da altura da altura do colhão de cana</b>	<b>- 10 a 50mm do fundo da esteira</b>
<b>F - Potência consumida</b>	<b>- 2,0 a 2,5 HP/TCH</b> <b>- 15 a 20 HP/TFH</b>	<b>- 2,5 a 3,5 HP/TCH</b> <b>- 20 a 25 HP/TFH</b>

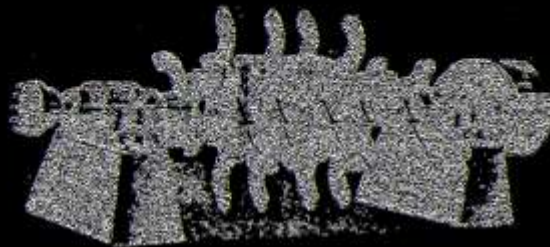
# AÇÃO PREPARATÓRIA DAS FACAS

Ação { niveladora  
cortadora



Facas niveladoras serrilhadas  
retas

Facas cortadoras serrilhadas  
de montagem dupla

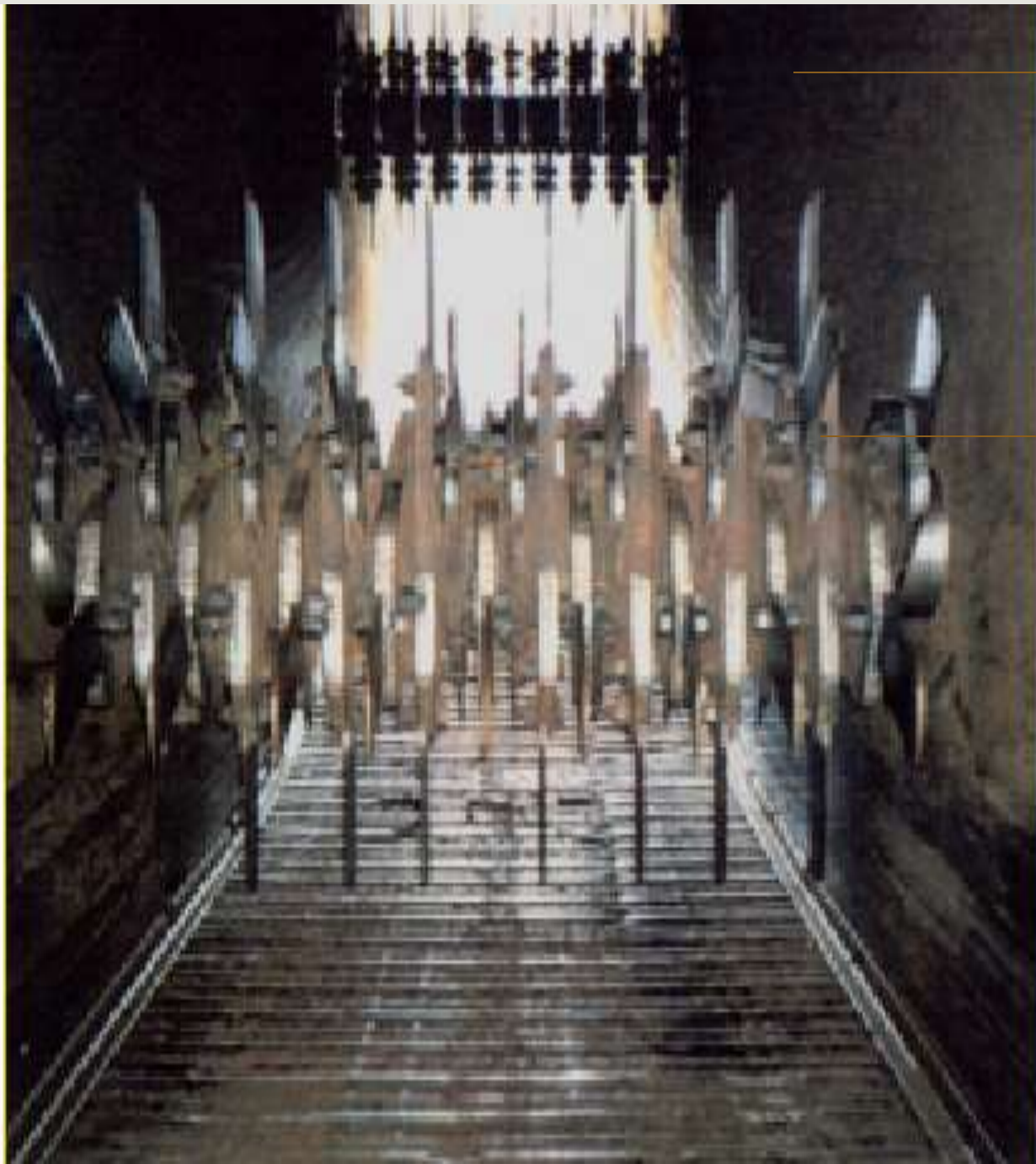


Facas niveladoras serrilhadas  
curvas



## 4. POTÊNCIA DE ACIONAMENTO

- a) quantidade e qualidade de cana
- b) teor de fibra na cana
- c) grau de preparo desejado
- d) estado de conservação das facas
- e) da forma, da construção, do afiamento, assentamento, da velocidade, do número de facas e sua função



→ **facas  
niveladoras**

→ **facas  
cortadoras**

**Localização e  
função**

# DESINTEGRADORES (“Shredders”)

## 1. GENERALIDADES

Destruir por completo a estrutura da cana:

- ∞ maior extração com aumento na abertura de células e melhor embebição, maior extração;
- maior densidade da massa de cana maior capacidade;
- ∞ moendas curtas efeito equivalente a mais um terno de moenda no tandem.

## ☞ Classificação

☞ conjunto horizontal leve

Ex. COP 5 e Cop 6

☞ conjunto horizontal pesado

Ex. COP 10


☞ conjunto vertical pesado

Ex. DH 1 e Tongaat

☞ conjunto rotor único



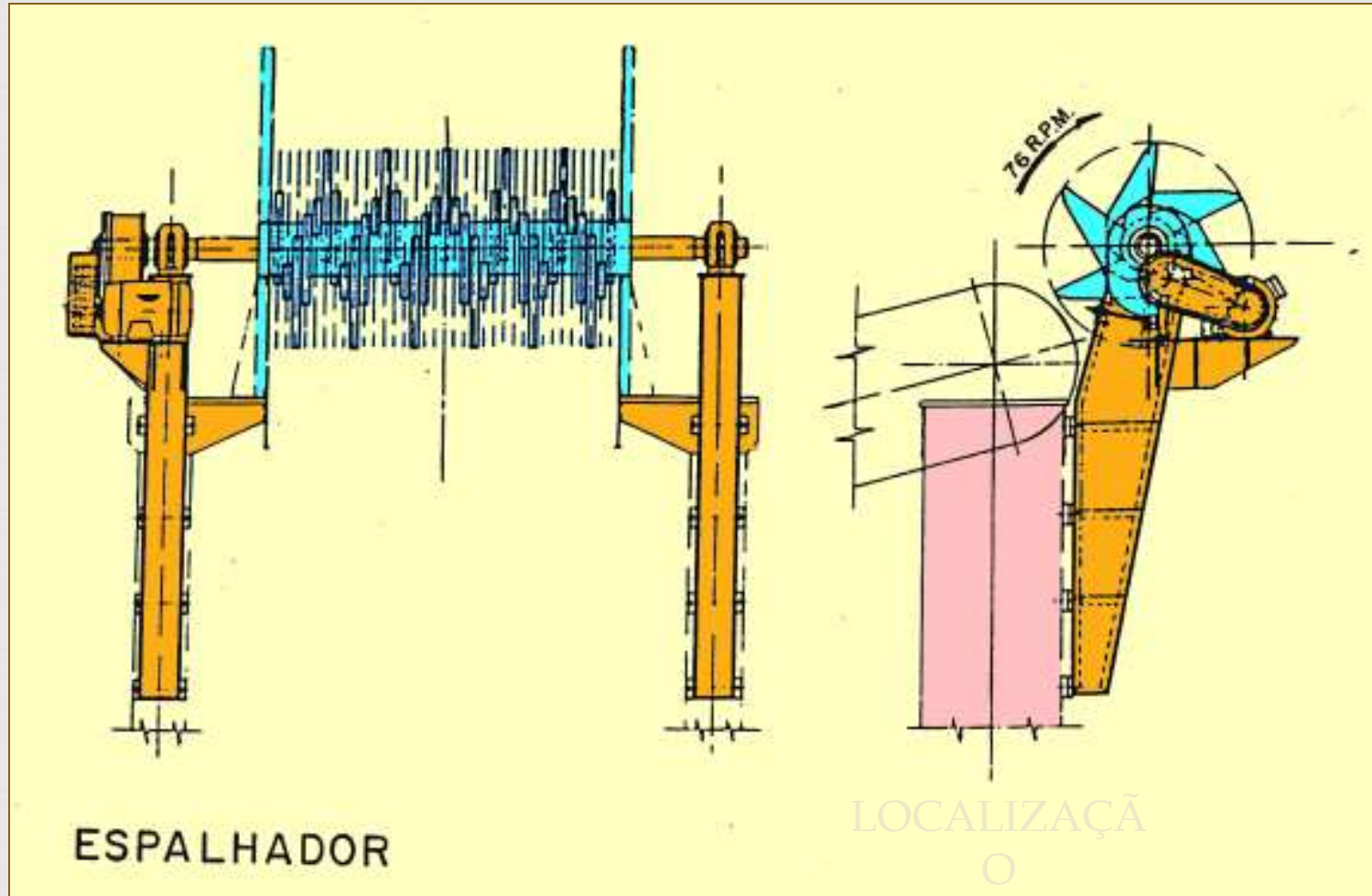
## 2. Desfibradores horizontais leves

Partes constituintes	 <ul style="list-style-type: none"><li>- tambor alimentador <math>\pm 12</math> rpm</li><li>- placa desfibradora - <math>45^\circ</math> (cinco nervuras, 1")</li><li>- rotor com martelos - 620 a 750 rpm</li><li>- espalhador <math>\pm 76</math> rpm</li></ul>
-------------------------	--

Operação - força a passagem da cana pré-preparada entre martelo e placa nervurada, rotação contrária ao movimento da esteira



# Esquema do espalhador de cana desfibrada pelos desfibradores COP



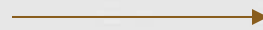
(Esquema Copersucar)

Quanto as diferenças básicas entre os conjuntos estão nos diâmetros e nas rotações, mantendo a mesma velocidade periférica (60m/seg)

Características	Equipamentos			
	Cop. 8	Cop. 5	Cop. 9	Cop. 6
Diâmetro (mm)	1820	1832	1512	1525
Rotação (rpm)	630	630	750	750

Índice de células abertas preparo

80 a 87%



média das leituras do extrato do aparelho de células abertas

“Open cells” =

leitura sacarimétrica do extrato do digestor

---

Vantagens do preparo horizontal:

- simplicidade de instalação sobre a esteira;
- consumo de potência relativamente baixo e,
- produz satisfatório índice de células abertas.



## 4.3 Desfibrador horizontal pesado

Partes constituintes {  
- tambor alimentador  $\pm 12$  rpm  
- placa desfibradora  $- 45^\circ$   
- rotor com martelos 1.000 rpm  
- espalhador  $\pm 76$  rpm

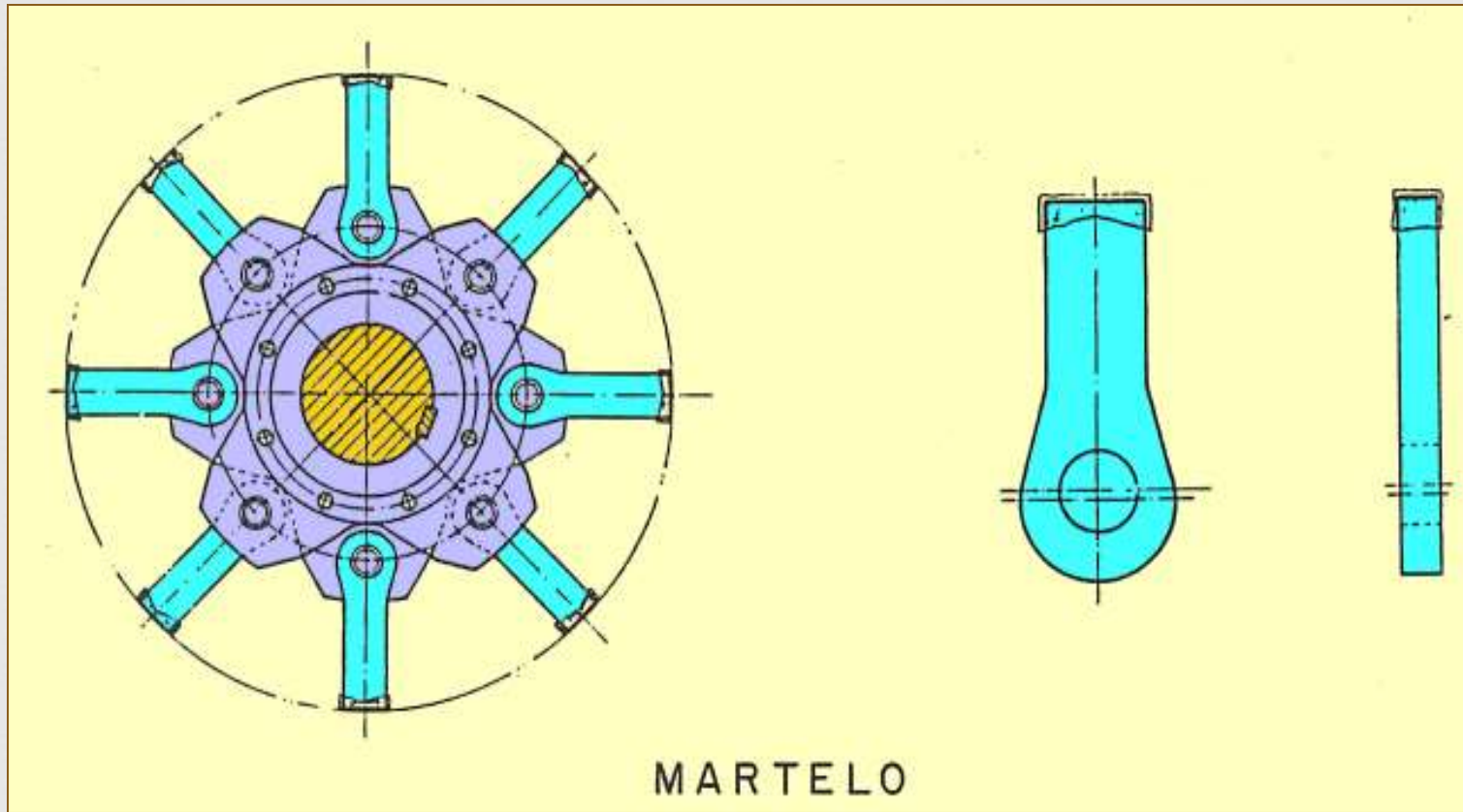
Rotor suporte martelos quadrangular - defasados de  $45^\circ$   
8 linhas de martelos

Potência consumida {  
6,5 CV / TC  
52 CV / TC

Índice de células abertas = 90 a 92 %

Velocidade periférica = 94 m / s

# Rotor dos desfibradores COP 10

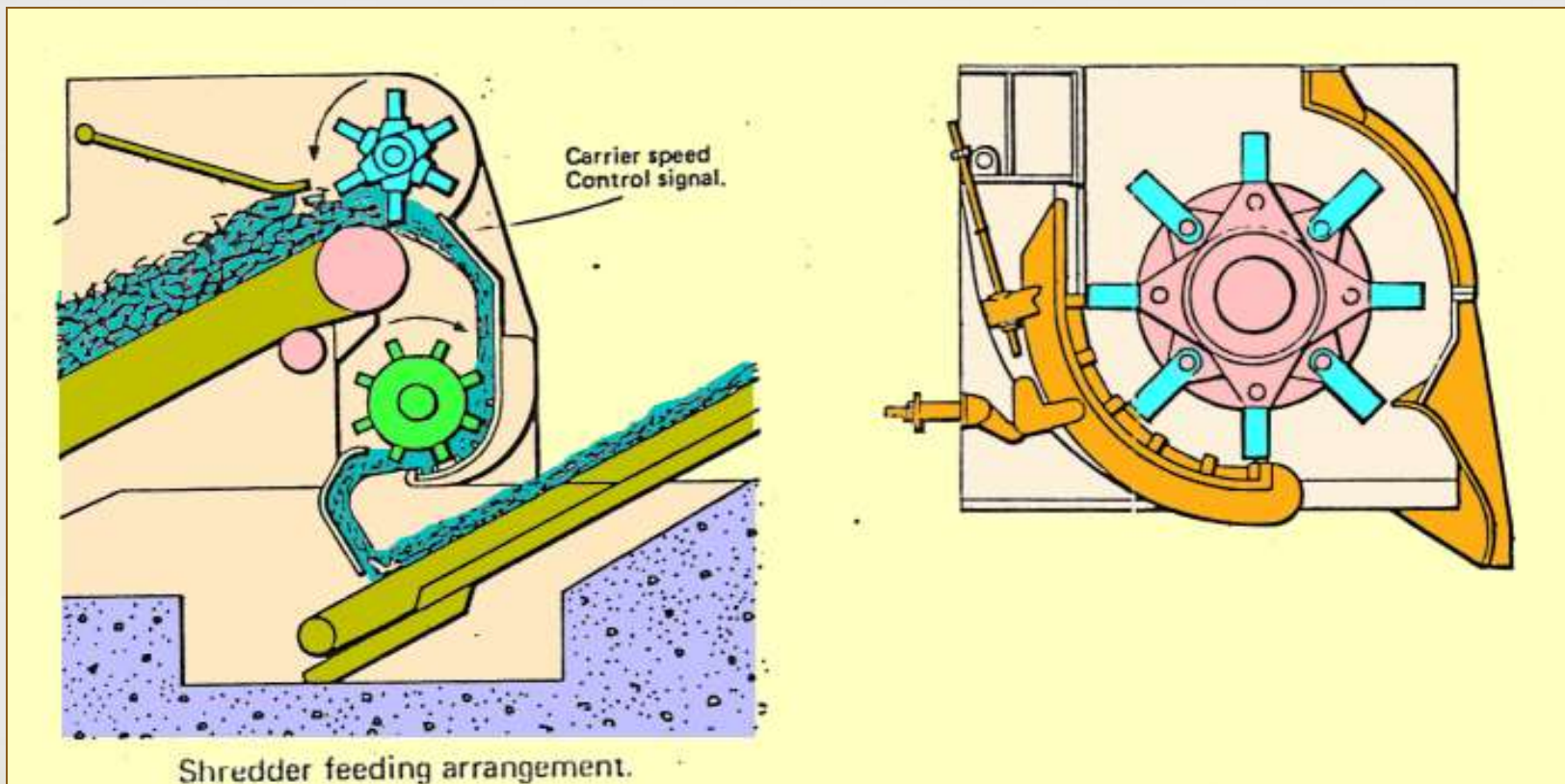


Observação: - COP 10 não necessita de volante, pois a inércia do conjunto é suficiente; e  
- martelo com diâmetro externo no olhal maior que a largura.

## 4.4. Conjunto de preparo vertical ou pesado

Preparo vertical → a alimentação é vertical através de facas alimentadoras superiores, distanciadas de 25 a 50mm do topo do esteirão.

∞ Obtém-se um índice de preparo elevado - 90 a 94% (tipo DH 1 e Tongaat)







Conjunto Desfibrador  
Vertical  
SIMISA



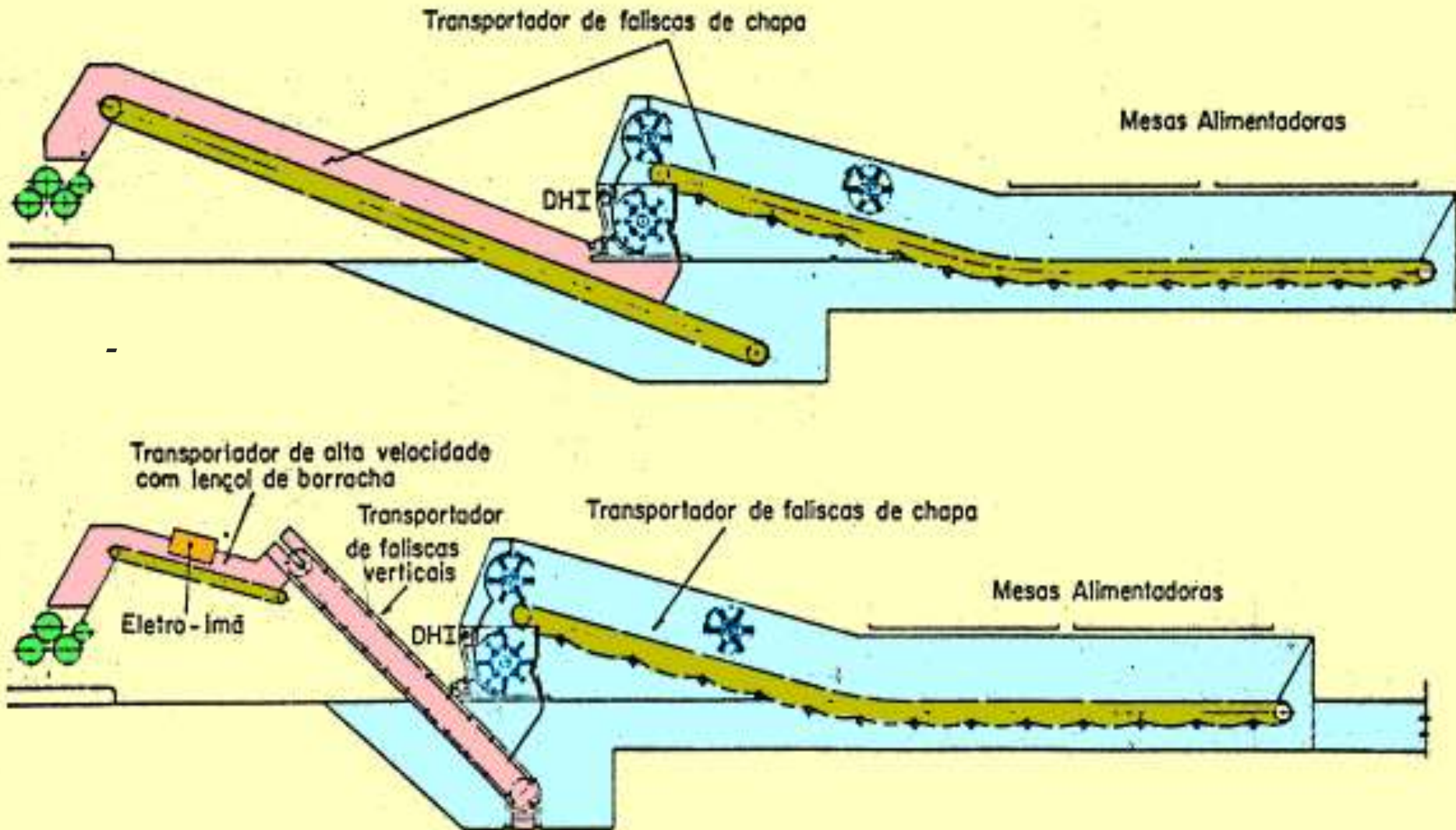


Rotor de DH1 (Dedini)

Na prática o preparo nas usinas é realizado através de:

- ✓ conjunto de preparo horizontal leve ou pesado cujo desempenho é diferenciado.

# Esquema DZ





Aspecto  
Cana Desintegrada

Facas auxiliares no  
topo do esteirão

☞ Desvantagens: necessidade  
instalação.



Usina Junqueira



# Adensador de cana - Usina Santa Fé





## 4.6 Preparo da cana através de um só rotor

Segundo Procknor para atender esse procedimento será necessário:

**a) aumentar a velocidade da esteira de cana ,  
para isso sugere:**

- operador da mesa não deve sobrecarregar a esteira ;
- operador da mesa deve ter informações sobre a sistema supervisorio, e
- operador da mesa deve ser conscientizada da nova filosofia operacional.

## b) Aumentar a densidade do colchão de cana,

- usando adensadores de cana com baixa potência instalada;
- usando tambor alimentador mais robustos , e
- reforçar a esteira sob o tambor alimentador

## Vantagens do preparo com rotor único:

- cana preparada com fibras mais longas;
- reduz a quantidade dos finos;
- simplifica a manutenção, e
- possibilita o uso de acionamentos mais eficientes