

USP / ESALQ
Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição

Açúcar

**Introdução, fluxograma,
operações preliminares para
produção de açúcar**

Prof. Dra Sandra H da Cruz

O que é açúcar?

 <http://www.sugar.org/video/>

1. Introdução

■ Manutenção da vida humana: energia

■ **AÇÚCAR & NUTRIÇÃO HUMANA**

■ Fontes: cana e beterraba, sorgo doce, certas palmáceas, frutas, néctar das flores, mel de abelhas, etc.

■ Países Produtores - 121

■ 70% é produzido de cana-de-açúcar (países tropicais do hemisfério sul)

■ 30% beterraba açucareira (zonas temperadas)

■ 70% do total exportado é suprido pelo Brasil, União Europeia, Austrália, Cuba e Tailândia

■ Brasil

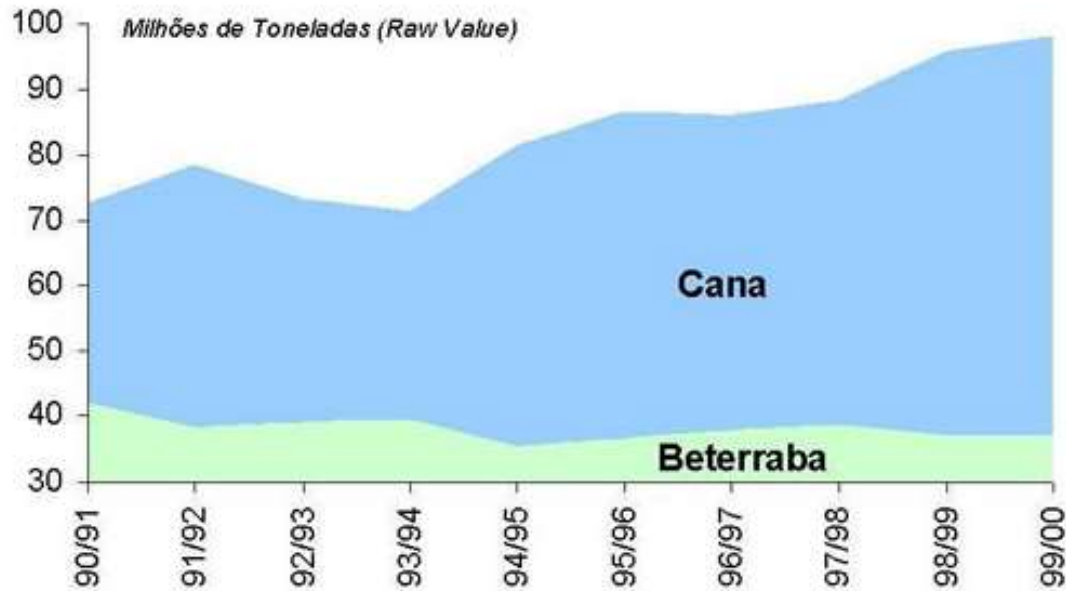
■ 25% do produzido no país é exportado

ESTATÍSTICAS DA PRODUÇÃO MUNDIAL

- Safra 1999/00 (Set/Ago)
- 121 países, responsáveis pela produção de 135 milhões de toneladas (raw value)
 - - Açúcar de beterraba: 37 milhões de toneladas, 27%
 - - Açúcar de cana: 98 milhões de toneladas, 73%
- O crescimento de 18% na produção mundial de açúcar na década de 90 refletiu o crescimento da produção de açúcar de cana, do qual o Brasil foi responsável por 52%.

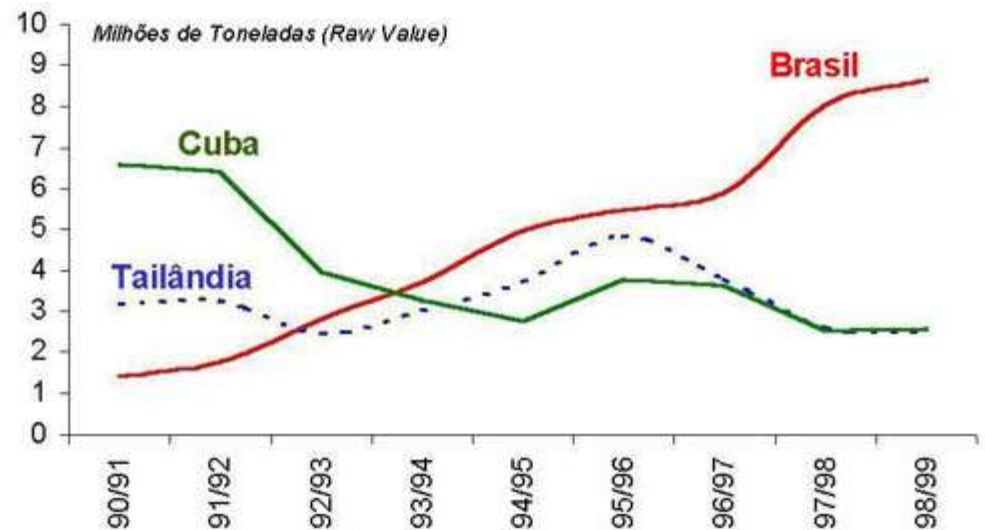
http://www.sindacucar.com.br/produtos_acucar_mercado.html

A PRODUÇÃO DE AÇÚCAR DE CANA

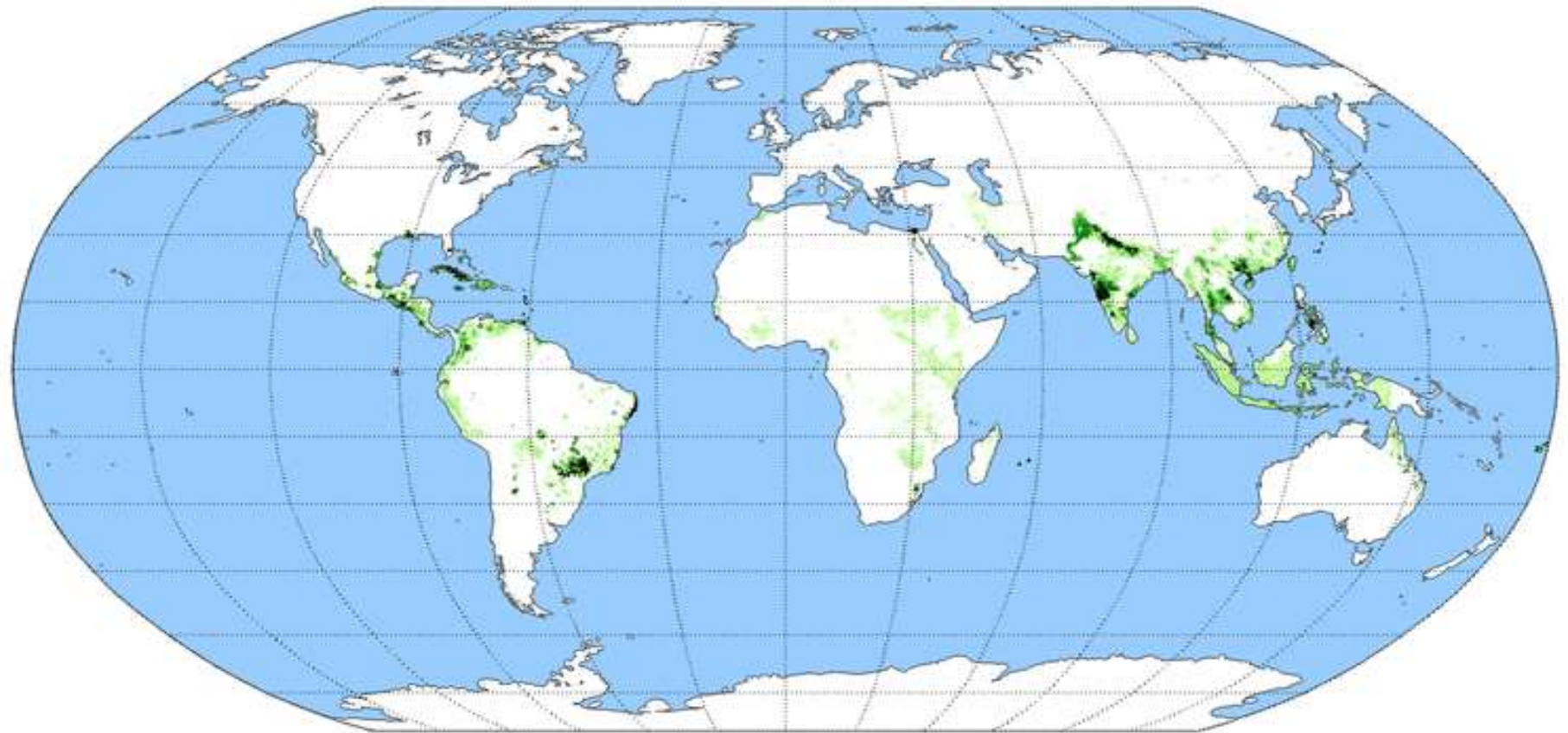


http://www.sindacucar.com.br/produtos_acucar_mercado.html

A EVOLUÇÃO DAS EXPORTAÇÕES MUNDIAIS DE AÇÚCAR



Produção de cana-de-açúcar

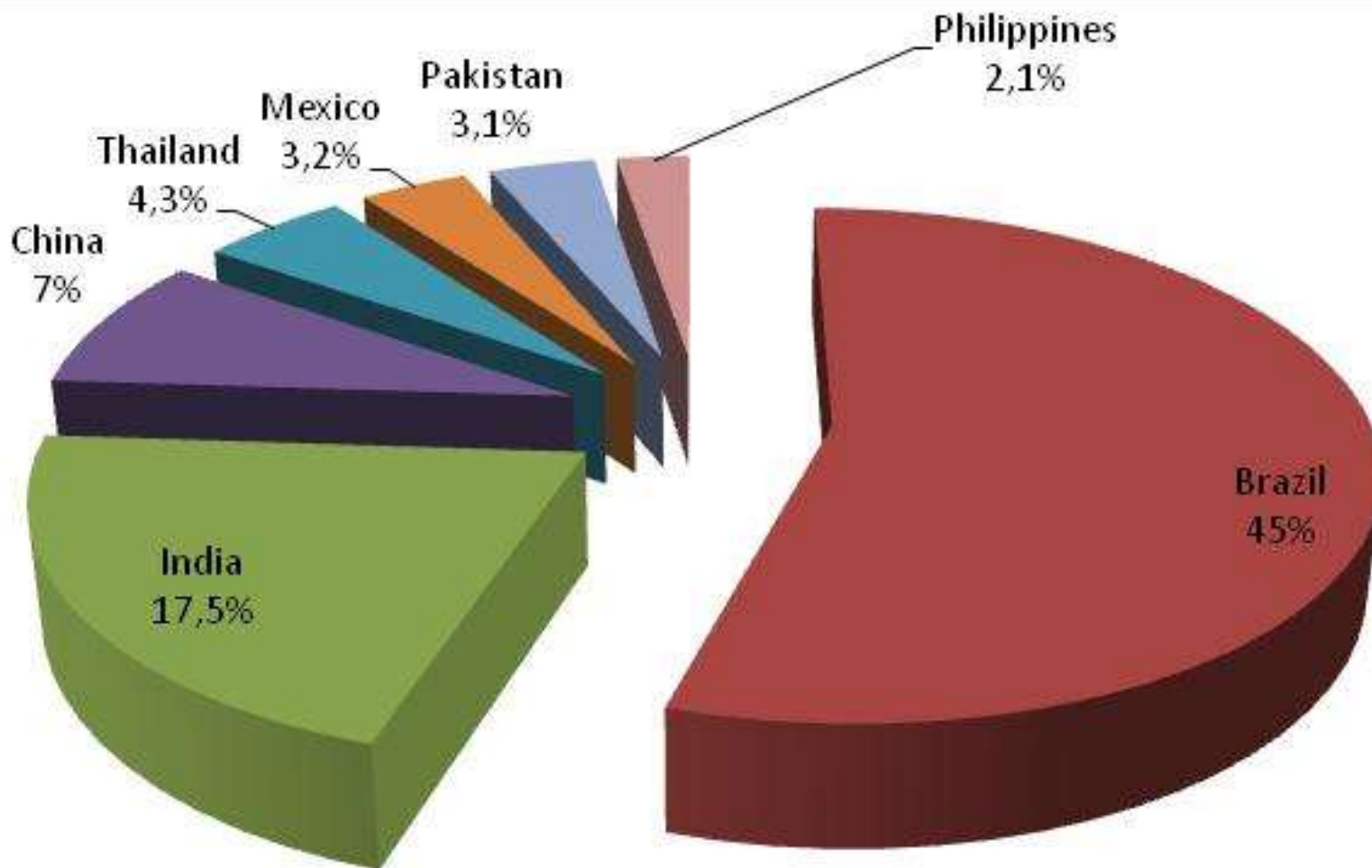


0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500 4000



Average regional sugarcane output (kg/ha)

Produção de cana-de-açúcar em 25 países em 2010



**Beet & cane
production
2011/12****Metric tons sugar**

Europe	31,811,000
Asia	65,163,000
Central America	12,689,000
Africa	11,079,000
North America	7,827,000
South America	44,341,000
Oceania	3,959,000
World Total (Beet & Cane)	177,445,000
World Total (Beet)	40,635,000
World Total (Cane)	136,810,000

TOP 10 SUGAR PRODUCERS 2009/10

Metric tons sugar			
1.	Brazil	37,133,000	Cane
2.	India	28,800,000	Cane
3.	China	12,341,000	Beet & Cane
4.	Thailand	10,569,000	Cane
5.	USA	7,655,000	Beet & Cane
6.	Russia	5,413,000	Beet
7.	Mexico	5,258,000	Cane
8.	France	5,193,000	Beet
9.	Germany	4,638,000	Beet
10.	Pakistan	4,520,000	Beet & Cane

In 2011/12 UK production of sugar beet was 1,429,000 metric tons

This data is from Sugar Economy Europe 2013 Bartens/ Mosloff 59th Edition and will be updated when new figures become available.

The values are for raw sugar values for centrifugal sugar production

Atuação Global

A Copersucar S.A. é uma das maiores comercializadoras integradas de açúcar e etanol no mundo. No Ano Safra 2010/2011, exportou 4,6 milhões de toneladas de açúcar e 640 milhões de litros de etanol.



Setor sucroenergético: dimensão

Tabela 2: Estimativa do Produto Interno Bruto do setor sucroenergético na safra 2013/14.

Produto		Mercado Interno (MI)	Mercado Externo (ME)	Total (MI + ME)
		US\$ (milhões)	US\$ (milhões)	US\$ (milhões)
Etanol	Hidratado ^a	12.861,31	590,65	13.451,96
	Anidro ^b	8.890,08	1.075,71	9.965,79
	Não-Energético ^c	654,85	-	654,85
Açúcar ^d		6.926,80	11.109,85	18.036,65
Bioeletricidade ^e		894,05	-	894,05
Bioplástico ^f		90,00	210,00	300,00
Levedura e Aditivo ^g		21,20	34,13	55,33
Crédito de Carbono ^h		-	0,27	0,27
Total		30.338,29	13.020,61	43.358,90

a- Estimativa das vendas realizadas pelos postos de combustível.

b- Estimativa das vendas realizadas pelas usinas para as distribuidoras

c- Estimativa das vendas realizadas pelas usinas para a indústria de bebidas e cosméticos.

d- Estimativa das vendas de açúcar realizadas pelas usinas para ser utilizada como matéria-prima de produtos industrializados e vendas realizadas de açúcar in natura pelo varejo.

e- Estimativa das vendas realizadas pelas usinas.

f- Estimativa das vendas de bioplástico produzido a partir de etanol de cana de açúcar.

g- Estimativa das vendas realizadas pelas usinas para a indústria de ração animal.

h- Estimativa dos projetos no mercado de crédito de carbono realizadas pelas usinas.

Fonte: Elaborada pela Markestrat a partir de diversas fontes.

Neves; Trombin, 2014

Unidades Produtoras Sócias - Safra 2011/2012

Clique >>

- Aralco
- Aralco - Alcoazul
- Aralco - Figueira
- Aralco - Generalco
- Batatais
- Buriti
- Caçu
- Catanduva
- Cerradão
- Clealco - Clementina
- Clealco - Queiroz
- Cocal I
- Cocal II
- Da Pedra
- Decal - Rio Verde
- Destilaria Santa Inês
- Ferrari
- Furian - Avaré
- Furian - Santa Bárbara
- Iacanga
- Ibirá
- Ipê
- Ipiranga - Descalvado
- Ipiranga - Mococa
- Jacarezinho
- José Bonifácio
- Lins
- Meioramentos
- Monções
- Nossa Sra. Aparecida
- Pioneiros
- Pitangueiras
- Santa Adélia - Jaboticabal
- Santa Adélia - Pereira Barreto
- Santa Lúcia
- Santa Maria
- Santo Antônio
- São Francisco
- São José da Estiva
- São Luiz S.A.
- São Manoel
- Uberaba
- Umoe Bioenergy II
- Viralcool I - Pitangueiras
- Viralcool II - Castiño
- Zilor - Barra Grande
- Zilor - Quatã
- Zilor - São José

PRINCIPAIS CONSUMIDORES DE AÇÚCAR

Aproximadamente metade das exportações nacionais foi destinada a oito países:

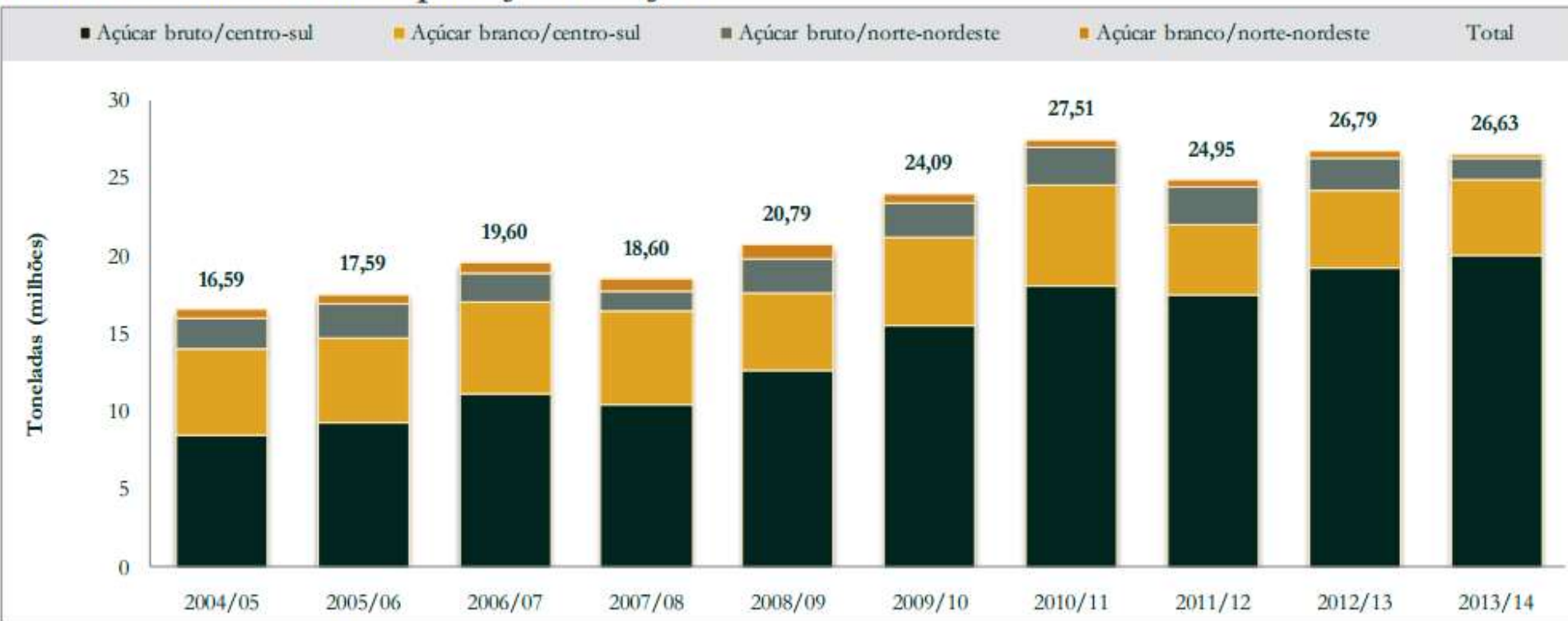
- China, Emirados Árabes Unidos, Argélia,
- Bangladesh, Rússia, Nigéria, Malásia e Indonésia

o restante, a mais de 100 países, entre eles Estados Unidos e membros da União Europeia.

China - principal destino do açúcar brasileiro

(13% das exportações nacionais do produto)

Gráfico 15: Volumes das exportações de açúcar.



Fonte: Elaborado pela Markestrat a partir de Secex.

Neves; Trombin, 2014

Exportação anual de açúcar por local de embarque (toneladas)

Na safra atual, valores atualizados até 5/2014

	Local de Embarque	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015
1	SANTOS	17.078.081	18.614.079	19.473.109	2.097.781
2	PORTO DE PARANAGUA	4.771.415	5.469.878	5.346.526	291.059
3	MACEIO - PORTO	1.863.346	1.704.438	1.288.516	286.462
4	RECIFE - PORTO	699.952	571.870	253.324	36.702
5	RECIFE - PORTO (SUAPE)	232.863	180.749	120.555	30.213
6	VITORIA - PORTO	133.476	89.035	36.861	0
7	SANTANA DO LIVRAMENTO - RODOVIA	34.080	27.196	18.591	4.462
8	URUGUAIANA - RODOVIA	12.605	19.311	40.335	4.822
9	CORUMBA - PORTO	37.615	5.070	5.989	0
10	SALVADOR - PORTO	13.095	15.687	10.125	0
	OUTROS	69.175	94.467	36.063	5.871
	CENTRO-SUL	22.136.446	24.319.035	24.957.474	2.403.994
	NORTE-NORDESTE	2.809.255	2.472.743	1.672.519	353.377
	TOTAL	24.945.701	26.791.778	26.629.993	2.757.371

EXPANSÃO DA AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA NO BRASIL

- **1533:** Primeiro engenho (São Vicente);
- **1535:** Segundo engenho (Pernambuco);
- **Período colonial** (séc. XVII): desenvolvimento pelos holandeses;
- **Séc. XVIII:** concorrência holandesa;
- **1888** (época da abolição da Escravatura): aparecimento dos “Engenhos Centrais”
- **1933:** Criação do Instituto do Açúcar e do Alcool;
- **Década de 60:** principais regiões - Sul (SP, RJ) e Nordeste (AL, PE);

1532 A 1972

DE ALIMENTO A SOLUÇÃO ENERGÉTICA



CHEGADA AO BRASIL

1532



CARRO FLEX, O ORIGINAL

1908



ETANOL NO PÓDIO



Mistura de etanol
com gasolina
move carros brasileiros

ESTÍMULO AO
ETANOL COMO
ADITIVO

1931



INOVAÇÃO NA
COMERCIALIZAÇÃO

1941

1959

1975 A 2002

CRISE SE TRANSFORMA EM OPORTUNIDADE



INCENTIVO À
TECNOLOGIA



PROÁLCOOL



SEGUNDA CRISE DO PETRÓLEO



DESPERTAR PARA QUESTÕES
AMBIENTAIS



PRIMEIRA CRISE DO PETRÓLEO



CARROS A ETANOL
CHEGAM AO MERCADO

1969

1972

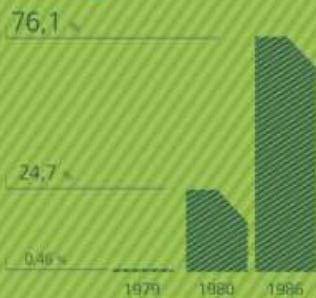
1973

1975

1979



COGERAÇÃO: OTIMIZANDO A PRODUÇÃO DE ENERGIA



ASCENSÃO E DECLÍNIO DO PROÁLCOOL



ETANOL NO COMBATE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE



ADOÇANDO O MUNDO

unio

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE C
ETANOL - AÇÚCAR - ENERGIA

criação da UNICA

1985

1987

1992

1995

1999

2003 A 2009 A REVOLUÇÃO FLEX



PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL

PRIMEIRO AVIÃO A ETANOL



CARROS FLEX

BIOELETRICIDADE:
ENERGIA NOVA



CRÉDITOS DE

HIDRELÉTRICA
40%

OUTROS
9%

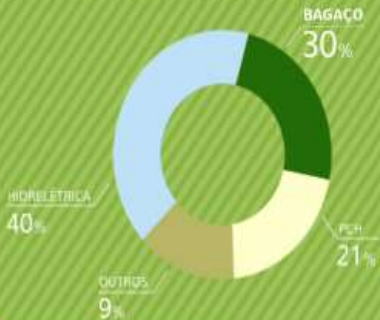
2000

2003

2004

2005

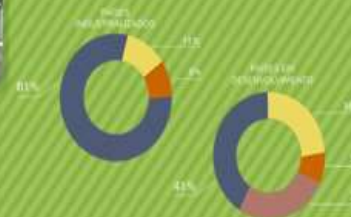
CRÉDITOS DE CARBONO



PROTOCOLO AGROAMBIENTAL



ETANOL SUPERA A GASOLINA



TRANSPARÊNCIA NO SETOR



AQUECIMENTO GLOBAL



ETANOL ACELERA NAS PISTAS DA INDY



ETHANOL SUMMIT



2006

2007

2008

2010... NOVOS PRODUTOS, NOVAS FRONTEIRAS



UM BIOCOMBUSTÍVEL AVANÇADO



DEZ MILHÕES DE VEÍCULOS FLEX



ÔNIBUS A ETANOL



MOTOCICLETAS FLEX



PLÁSTICO VERDE
GANHA ESCALA

NOVAS FR
CANA-DE-A



BONSUCRO[®]
CERTIFICAÇÃO
INTERNACIONAL

2010



201



PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO BRASIL

Tabela 3 – Produção da indústria sucroalcooleira – Açúcar e etanol (total, anidro e hidratado)

REGIÃO/UF	INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA			
	AÇÚCAR (Em 1.000 t)	ETANOL TOTAL (Em 1.000 l)	ETANOL ANIDRO (Em 1.000 l)	ETANOL HIDRATADO (Em 1.000 l)
NORTE	46,82	254.915,09	139.510,14	115.404,95
RO	-	10.766,04	-	10.766,04
AC	-	5.009,27	-	5.009,27
AM	14,66	4.865,45	-	4.865,45
PA	32,16	38.181,41	28.691,27	9.490,14
TO	-	196.092,93	110.818,86	85.274,06
NORDESTE	3.414,16	1.704.409,42	1.077.137,60	627.271,82
MA	11,30	167.945,09	154.499,27	13.445,82
PI	52,10	31.930,25	30.854,27	1.075,98
CE	-	9.002,68	-	9.002,68
RN	122,16	56.961,42	33.777,91	23.183,51
PB	83,83	343.587,21	204.190,27	139.396,93
PE	1.139,59	295.438,97	187.991,75	107.447,22
AL	1.801,13	517.439,45	317.422,38	200.017,07
SE	110,02	107.492,68	38.974,01	68.518,67
BA	94,01	174.611,66	109.427,73	65.183,93
CENTRO-OESTE	3.670,73	7.217.620,00	2.120.777,00	5.096.843,00
MT	412,51	1.103.961,00	539.777,00	564.184,00
MS	1.367,57	2.232.542,00	586.994,00	1.645.548,00
GO	1.890,65	3.881.117,00	994.006,00	2.887.111,00
SUDESTE	27.709,74	17.283.391,00	8.013.354,00	9.270.037,00
MG	3.413,66	2.631.069,00	1.171.543,00	1.459.526,00
ES	122,98	182.075,00	105.770,00	76.305,00
RJ	84,50	85.401,00	-	85.401,00
SP	24.088,61	14.384.846,00	6.736.041,00	7.648.805,00
SUL	3.036,81	1.496.376,00	473.649,00	1.022.727,00
PR	3.036,81	1.491.866,00	473.649,00	1.018.217,00
RS	-	4.510,00	-	4.510,00
NORTE/NORDESTE	3.460,98	1.959.324,51	1.216.647,74	742.676,78
CENTRO-SUL	34.417,28	25.997.387,00	10.607.780,00	15.389.607,00
BRASIL	37.878,26	27.956.711,51	11.824.427,74	16.132.283,78

Fonte: Conab.

Nota: Estimativa em abril/2014.

<http://www.conab.gov.br/busca.php?>

Produção de Açúcar, 2009/2010 - 2013/2014

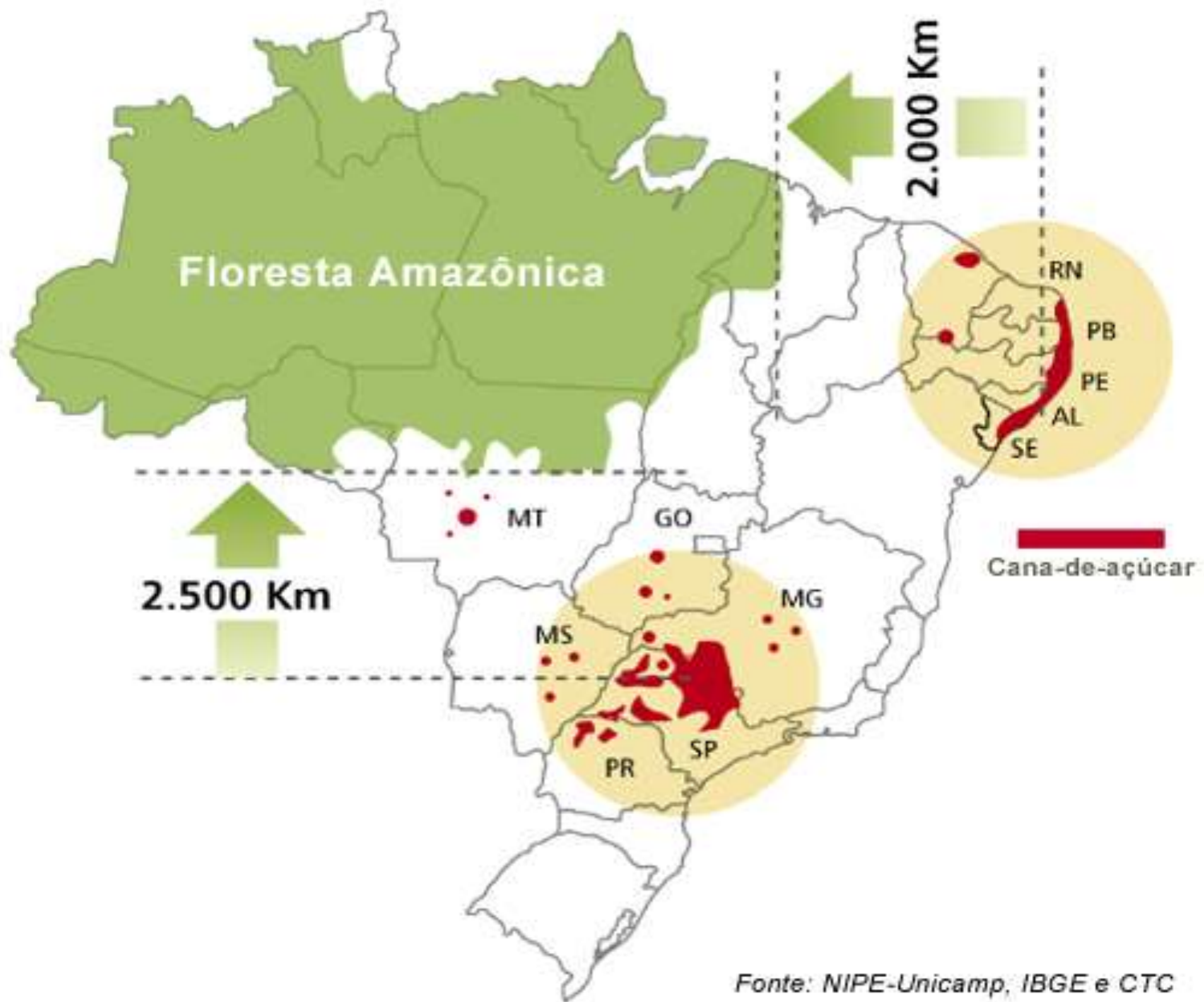
Unidade: Mil toneladas

Estado	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014
Acre	0	0	0	0	0
Alagoas	2.101	2.499	2.348	2.228	1.726
Amazonas	9	20	15	15	15
Bahia	130	114	124	113	94
Ceará	0	0	0	0	0
Espírito Santo	78	90	122	99	123
Goiás	1.384	1.805	1.752	1.875	1.891
Maranhão	16	9	9	9	11
Mato Grosso	414	446	398	492	418
Mato Grosso do Sul	747	1.329	1.588	1.742	1.368
Minas Gerais	2.685	3.244	3.238	3.418	3.411
Pará	24	21	15	37	32
Paraíba	184	183	270	209	77
Paraná	2.431	3.022	3.008	3.086	3.037
Pernambuco	1.516	1.365	1.482	1.221	1.180
Piauí	54	46	60	52	52
Rio de Janeiro	177	118	130	95	84
Rio Grande do Norte	221	169	201	134	123
Rio Grande do Sul	0	0	0	0	0
Rondônia	0	0	0	0	0
Santa Catarina	0	0	0	0	0
São Paulo	20.729	23.446	21.068	23.289	23.962
Sergipe	57	80	96	130	105
Tocantins	0	0	0	0	0
Região Centro-Sul	28.645	33.501	31.304	34.097	34.293
Região Norte-Nordeste	4.312	4.505	4.621	4.149	3.415
Brasil	32.956	38.006	35.925	38.246	37.708

Fonte: UNICA, ALCOPAR, BIOSUL, SIAMIG, SINDALCOOL, SIFAEG, SINDAAF, SUDES e MAPA.

Nota: safra 2013/2014 - dados consolidados (finais) para região Centro-Sul; dados preliminares para região Norte-Nordeste (referente à posição de 30 de abril de 2014).

<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?>



Fonte: NIPE-Unicamp, IBGE e CTC

Safra 2013/2014



653 milhões toneladas processadas



Açúcar

37,7 milhões toneladas



Etanol

27.5 bilhões litros



Leveduras
22 mil t



Bioeletricidade
- cogeração a partir do bagaço



BIOPLÁSTICOS

120 mil toneladas

Source: UNICA, 2014



Fonte: UNICA, 2010 Elaborado por Cruz SH, 2010



Destinos do açúcar consumido pela indústria

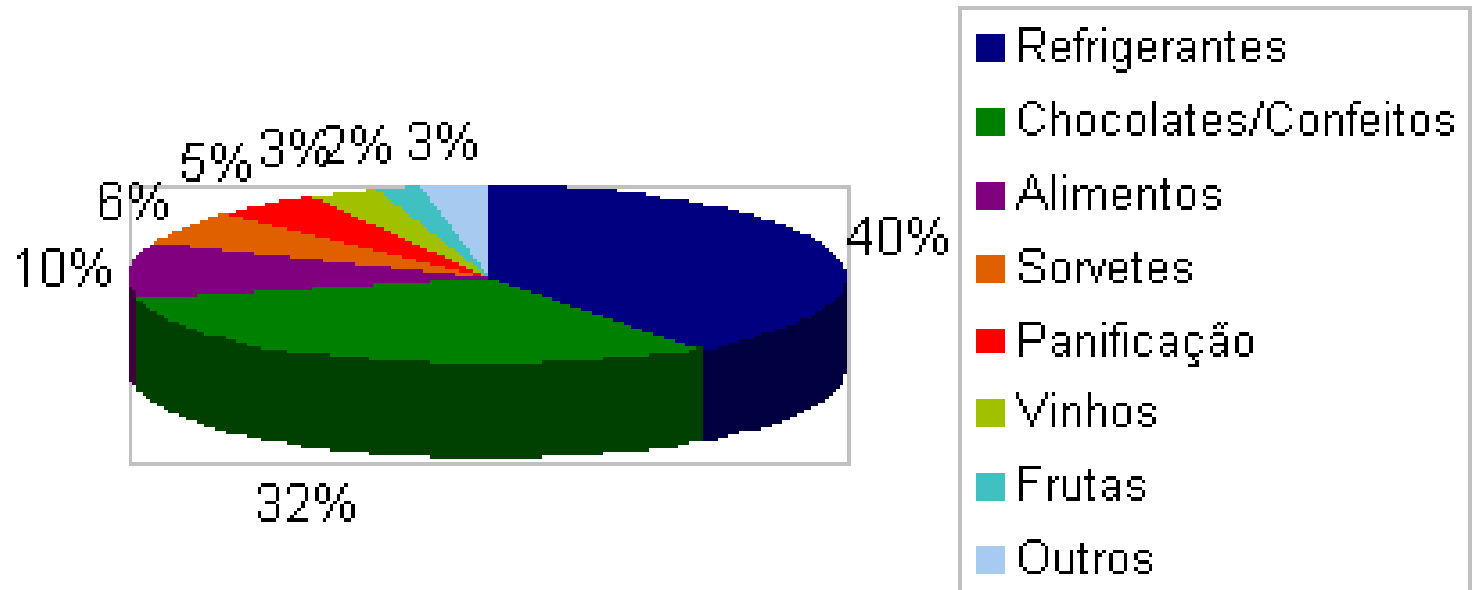
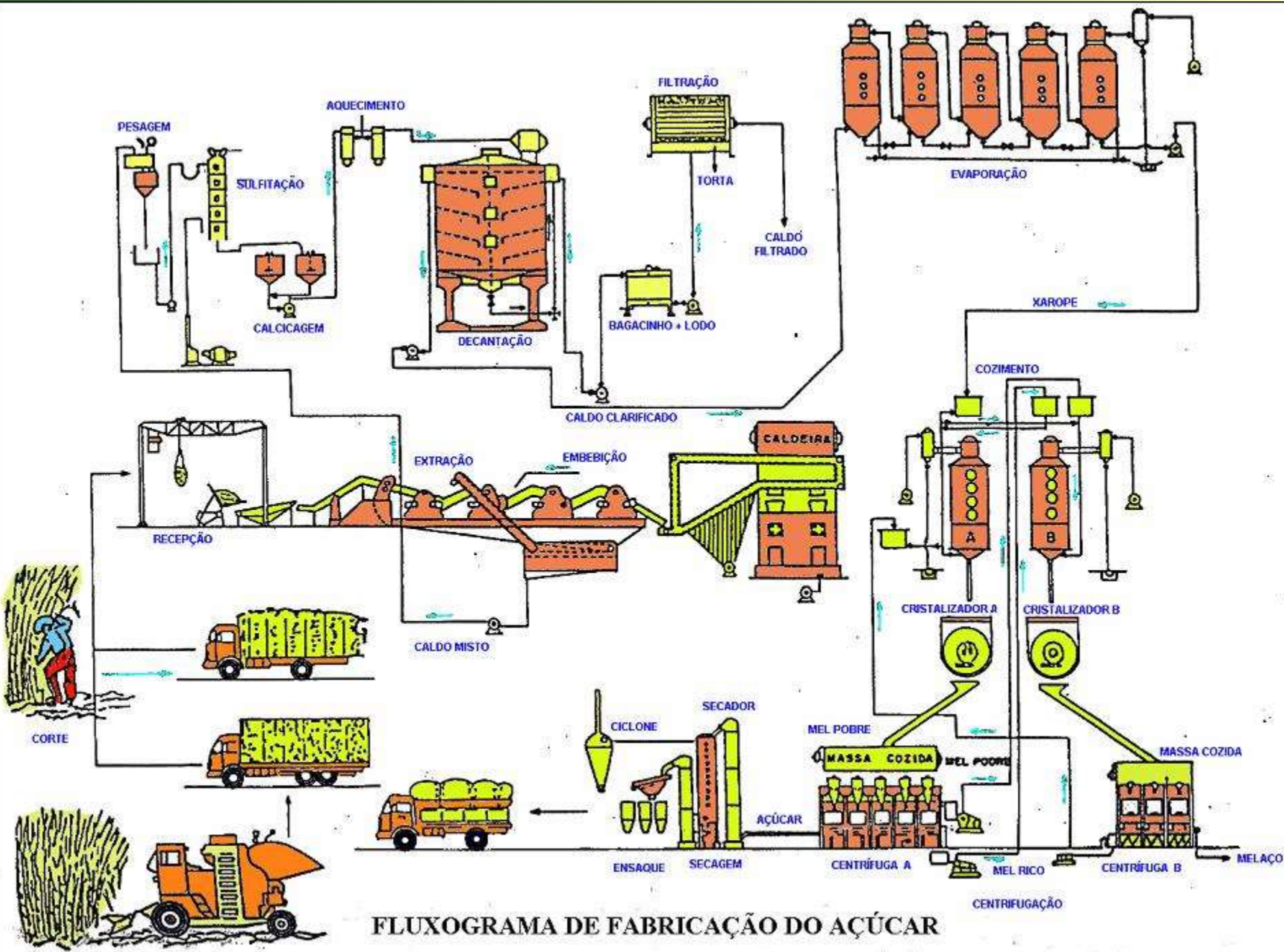


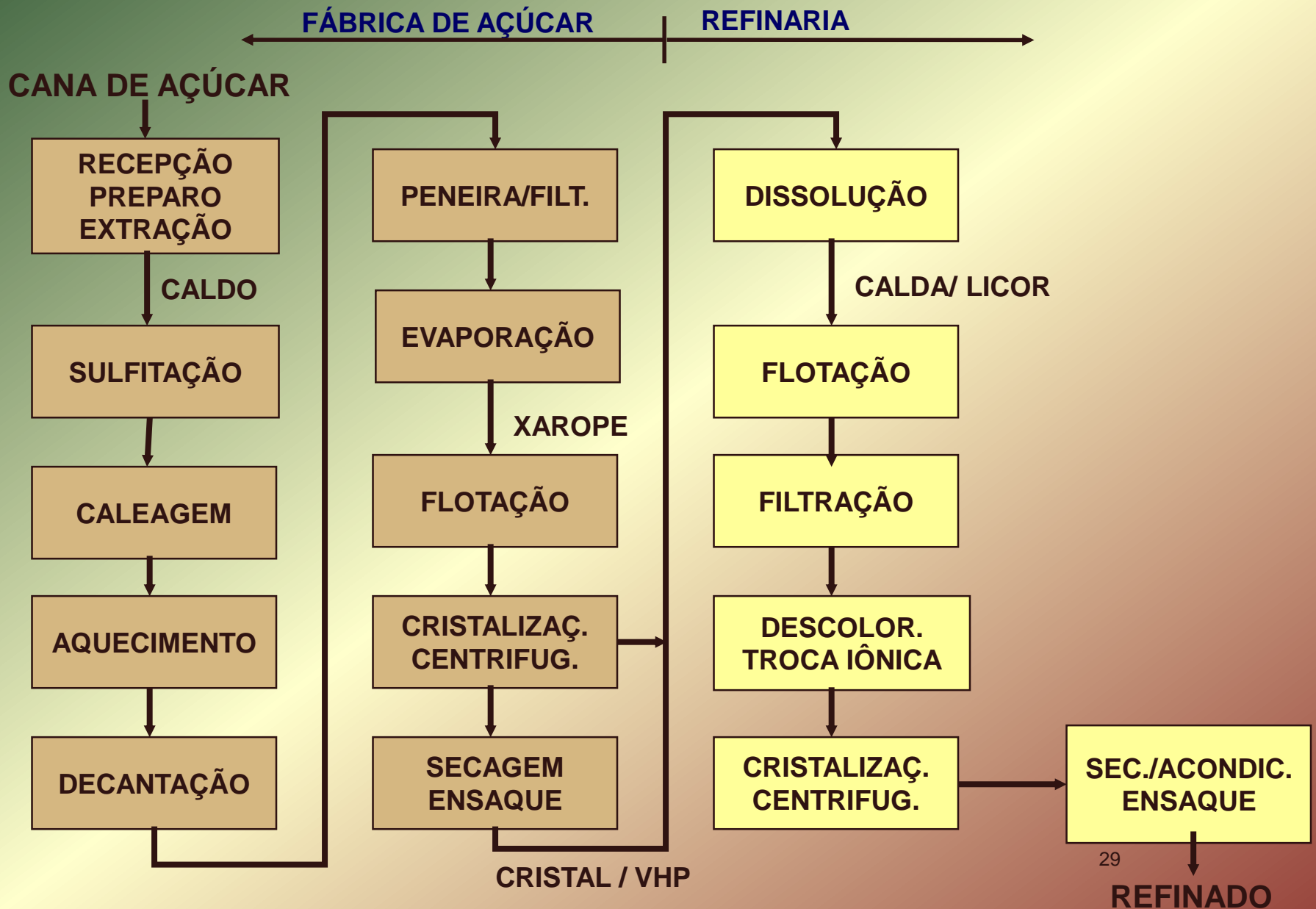
Fig. 4. Consumo industrial de açúcar no Brasil - 1992.

Fonte: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (1995).



FLUXOGRAMA DE FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR

O PROCESSO TRADICIONAL DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR REFINADO



CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE AÇÚCAR

Açúcar	Tipo	l cumsa unidade	POL (%)
Refinado	extra	< 20	99,8
Refinado	granulado	< 45	99,8
Refinado	amorfo	< 50	99,0
Cristal	tipo 1	< 100	99,8
Cristal	tipo 2	<150	99,7
Cristal	tipo 3	< 200	99,7
Cristal	tipo 4	< 450	99,5
Cristal	VHP	< 1200	99,2
Cristal	demerara	> 2000	96,0
Refinado	direto	< 45	99,8



From left to right: cristal, demerara, muscovado

TIPOS



CARACTERÍSTICAS

UTILIZAÇÃO

<i>Refinado Granulado</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de corantes • Pureza elevada • Baixo Teor de Umidade • Ausência de empedramento assegurando fluidez • Cristais bem definidos e granulometria homogênea (fina, média ou grossa) • Brancura excepcional 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos Farmacêuticos • Confeitos onde aparecem os cristais • Xarope de excepcional transparência • Mistura seca onde o aspecto visual, escoamento e solubilidade rápida são importantes
<i>Refinado Amorfo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa cor • Dissolução rápida • Granulometria fina • Brancura excelente 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo doméstico • Misturas sólidas de dissolução instantânea • Bolos e Confeitos • Caldas Transparentes e Incolores
<i>Glaçúcar</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometria muito fina (açúcar de confeitiro) 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparo de glacês, suspiros, bolos, chantilly, etc
<i>Xarope Simples</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Solução aquosa de açúcar • Alta transparência • Alta limpidez 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos farmacêuticos • Aplicado onde a ausência de cor é essencial, como bebidas claras, balas e doces
<i>Xarope de Açúcar Invertido</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Solução aquosa contendo aproximadamente 1/3 de glicose, 1/3 de frutose e 1/3 de sacarose • Poder anticristalizante • Poder umectante • Sabor característico • Resistência à contaminação microbiológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Frutas em calda • Sorvetes • Balas e caramelos • Licores • Geléias • Biscoitos • Bebidas carbonatadas
<i>Cristal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Açúcar em forma cristalina produzido diretamente em usina, sem refino 	<p>Destinado ao uso geral da indústria alimentícia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bebidas • Massas • Biscoitos • Confeitos





EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DO ÁLCOOL NO BRASIL E O PROALCOOL

Década de 60:

-  1° quinquênio: crescimento em razão de condições extremamente favoráveis do mercado internacional.
-  2° quinquênio: crescimento em razão da ênfase dada ao pro-álcool.

Pro álcool: 15/11/75 - álcool carburante.

Década de 90:

-  Evolução da produção brasileira de álcool.
 -  Mercado (1999):
 -  Álcool { Anidro: 28%
Hidratado: 33%
 -  Açúcar: 35%

Tipos de álcool - Portaria DNC nº23 de 29/10/91

<i>Tipo</i>	<i>Características</i>	<i>Utilização</i>
<i>ANIDRO</i>	Mistura hidroalcoólica, cujo principal componente é o álcool etílico ou etanol, com teor alcoólico mínimo de 99,3 (° INPM)	<ul style="list-style-type: none">• Aditivo oxigenante da gasolina "A"• Matéria-prima da indústria de solventes, tintas e vernizes
<i>HIDRATADO</i>	Mistura hidroalcoólica, cujo principal componente é o álcool etílico ou etanol, com teor alcoólico mínimo de 92,6 (° INPM)	<ul style="list-style-type: none">• Combustível dos veículos de passeios e comerciais leves• Matéria-prima das indústrias de bebida, alcoolquímica e farmacêutica• Produto de limpeza doméstica

CUSTO DA PRODUÇÃO ATUAL

Revista Exame: 16.06.2005

A vantagem brasileira

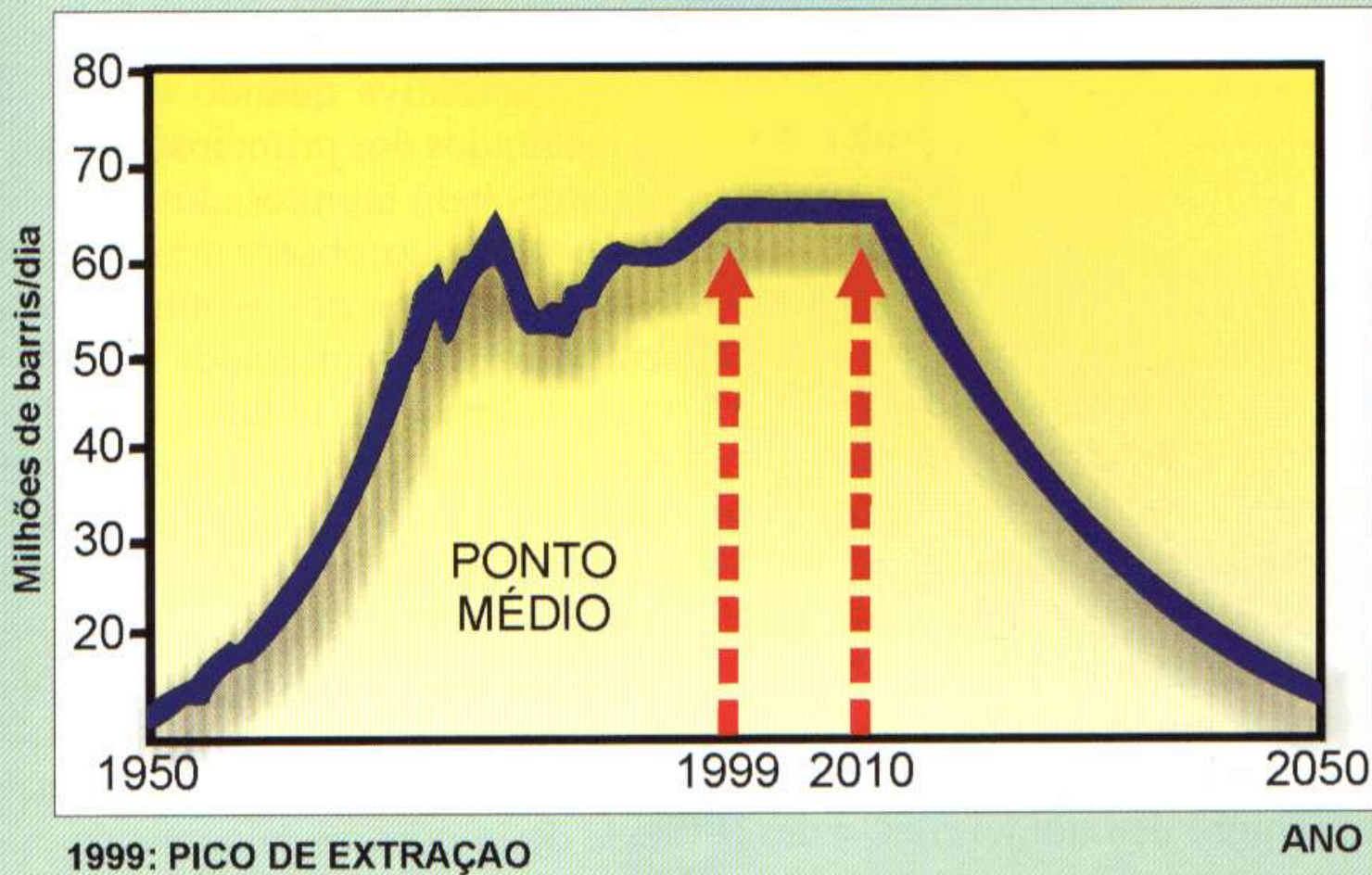
O Brasil tem o menor custo de produção de açúcar e de álcool

Açúcar (em dólares por tonelada) (1)			ÁLCOOL (em dólar por litro) (1)	
Produtor	Custo	Matéria-prima	Custo	Matéria-prima
Brasil	120	Cana-de-açúcar	0,20	Cana-de-açúcar
Tailândia	178	Cana-de-açúcar	0,29	Cana-de-açúcar
Austrália	195	Cana-de-açúcar	0,32	Cana-de-açúcar
Estados Unidos	290	Milho	0,47	Milho
União Européia	760	Beterraba	0,97	Cereais

(1) Custo na usina - *Fonte: Datagro*

Dedini

EXTRAÇÃO MUNDIAL DE PETRÓLEO



1999: PICO DE EXTRAÇÃO

Fonte: Petroconsultants

2. MATÉRIA-PRIMA: CANA-DE-AÇÚCAR

➤ ASPECTOS GERAIS

Cana-de-açúcar → família gramíneas (5000 espécies de plantas)

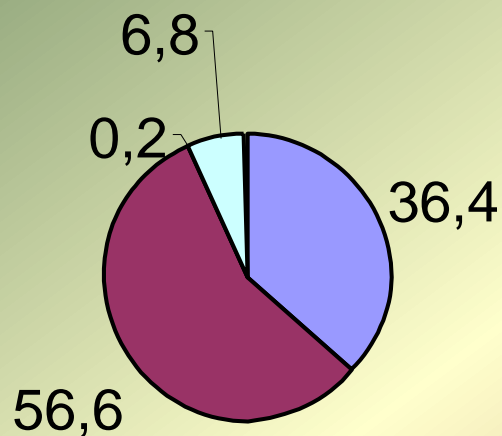


Gênero: *Saccharum*

Espécie: *S. officinarum* L., *S. spontaneum* L., *S. robustum*
Jewiet

❑ Principais variedades: RB 72454, SP 70-1143, SP 79-1011, RB 785148, entre outras.

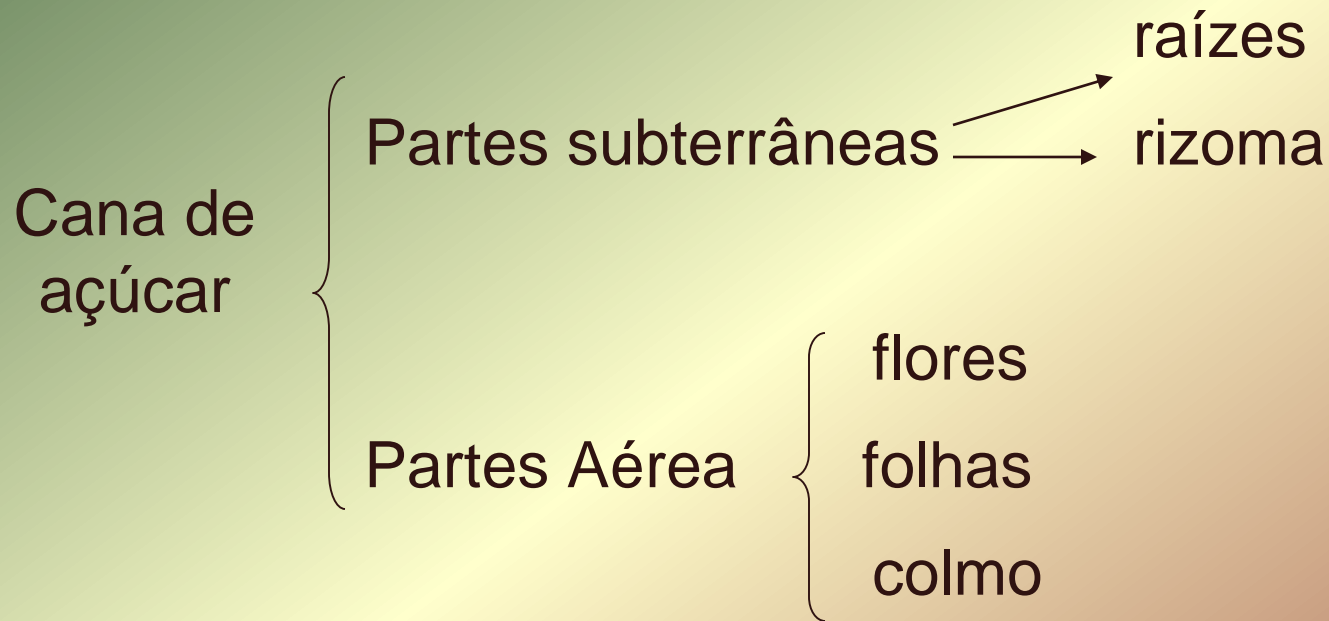
❑ Identificação varietal (Sigla)

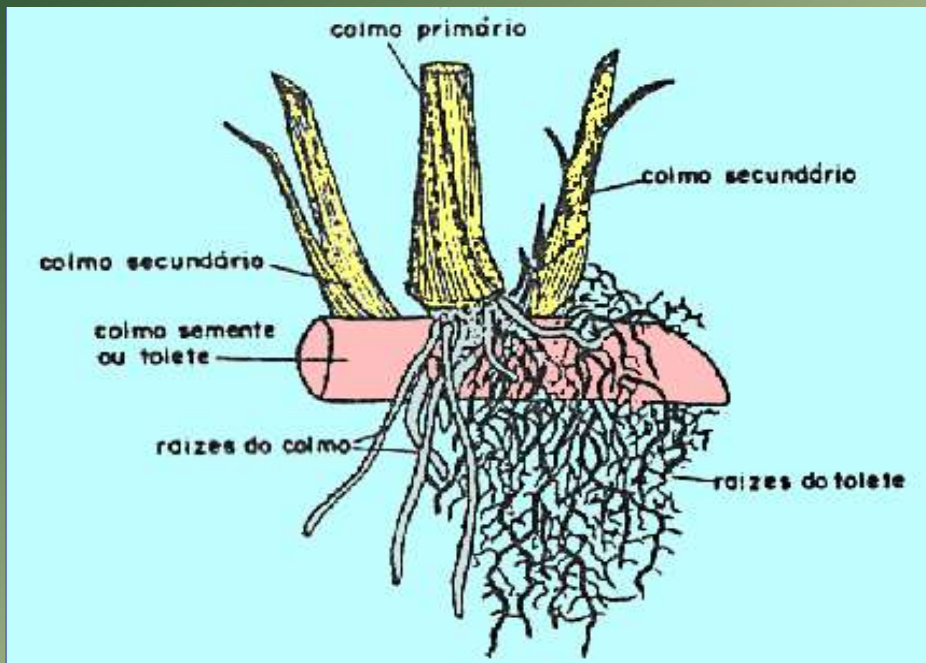


Área de plantio (a)



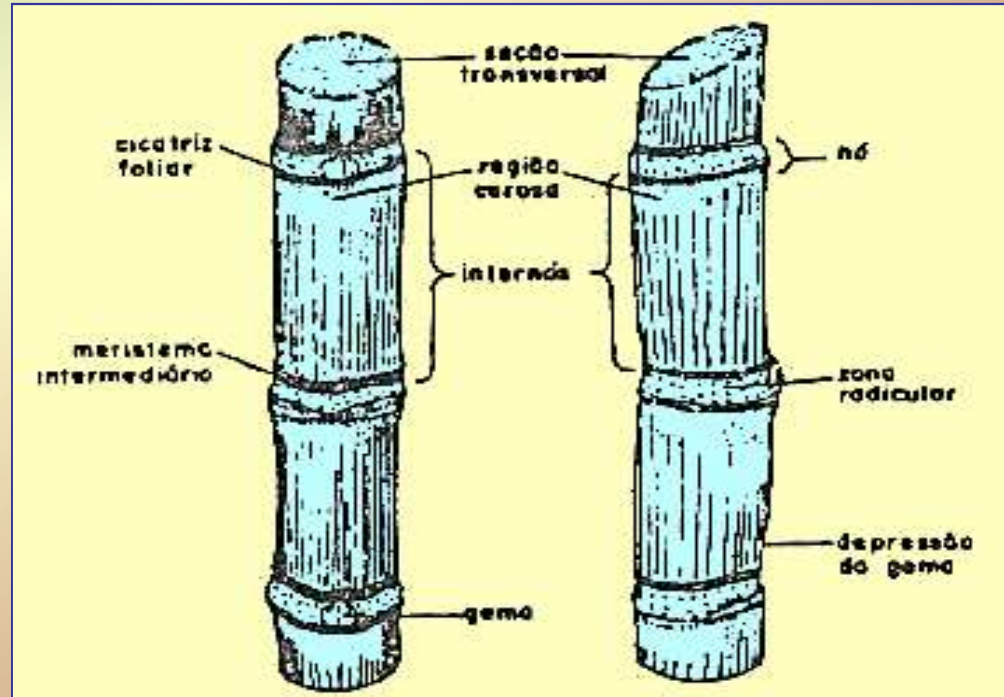
CONSTITUIÇÃO MORFOLÓGICA E ANATÔMICA DA CANA





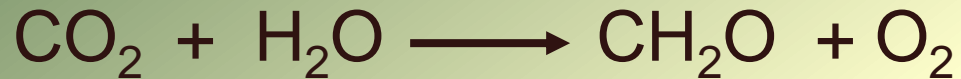
Desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar

Regiões componentes do colmo



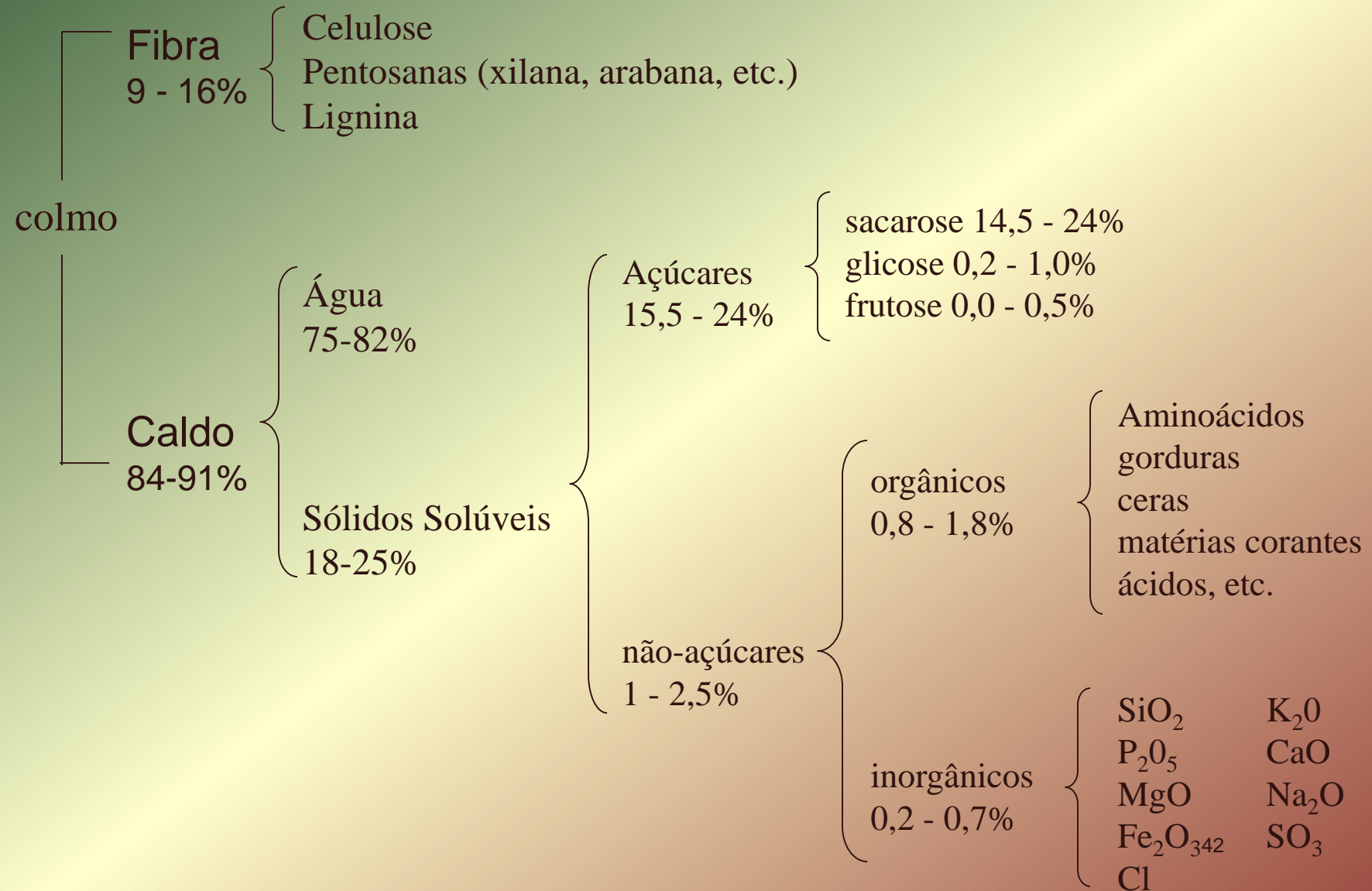
FORMAÇÃO DA SACAROSE

- ❏ Fotossíntese: processo pelo qual as plantas clorofiladas convertem o gás carbônico do ar em matéria orgânica










- ❏ O produto final são hexoses, que podem se combinar dando derivados complexos, como a sacarose e o amido
 - ❏ A sacarose após formada se deloca das folhas para outros órgãos:
 - Nas partes em crescimento – sacarose é utilizada como substrato
 - Nas outras partes – sacarose é depositada e armazenada

COMPONENTES QUÍMICOS E TECNOLÓGICOS



Composição (varia):

-  Variedade;
-  época do ano (colheita);
-  tipo de colheita
-  queima (frio/quente);
-  carregamento/transporte
-  condição edafoclimática;
-  entre outros.

FATORES INFLUENTES NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA

Qualidade
da MP
vs..
Fatores

(a) Maturação

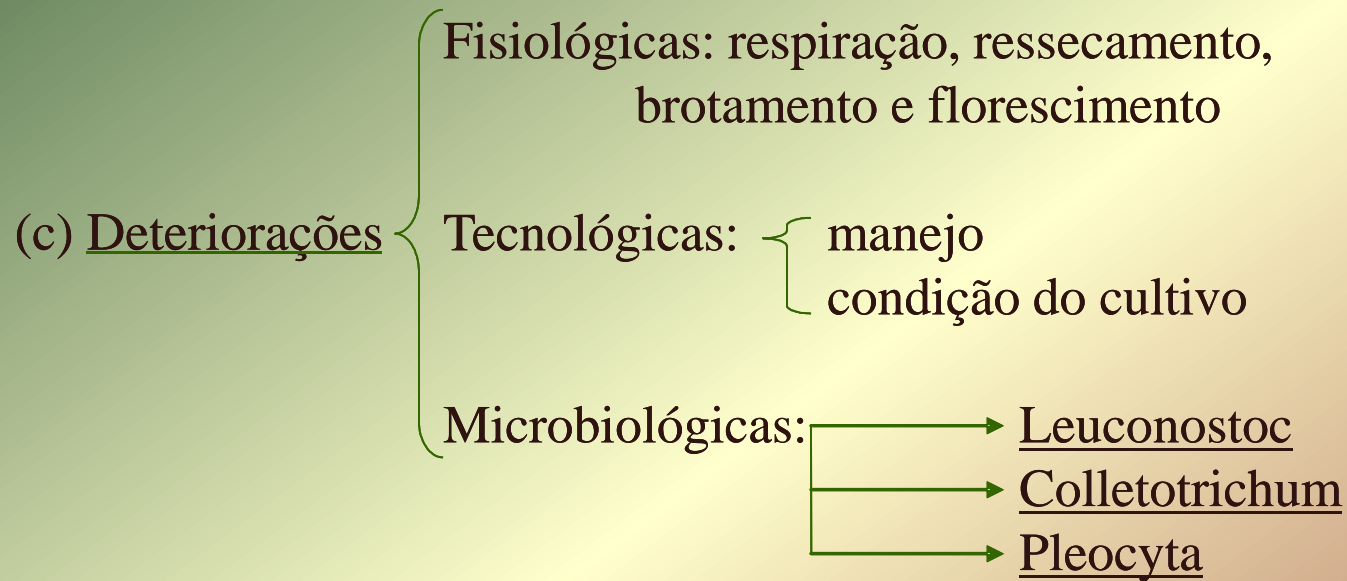
(b) Matéria Estranha

(c) Deteriorações (alterações)

(d) Armazenamento

(b) Matéria Estranha





Deteriorações Tecnológicas

causadas durante o manejo da cana → favorece a deteriorações microbiológicas
principal fator: matéria estranha

associadas à {
- condições climáticas (geada, seca, etc)
- operações unitárias (queima, sistema de corte, altura do desponte, carregamento, cana bis, etc).

têm como consequências {
- teor de fibra
- desgaste dos equipamentos
- problemas na condução do processo de fabricação

Geada:

O processo de geada ocorre pela dilatação da água componente dos tecidos celulares que, ao se congelar, rompe os tecidos, mata a gema apical e detém o crescimento da cana.

Os danos da geada é função do clima: antes, durante e depois
< intensidade e duração >

Deteriorações microbiológicas

Desenvolvimento de microrganismos

Produtos resultantes de microrganismos → ácidos e gomos

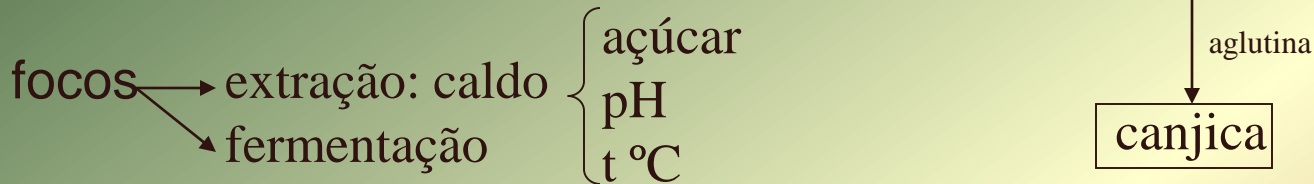
Caldo de cana → ótimo substrato p/ crescimento de microrganismos

→ devido nutrientes
 atividade de água
 pH
 temperatura

PRINCIPAIS CONTAMINAÇÕES

Leuconostoc mesenteroides

- fácil identificação → produz substância goma → dextrana



- problemas no processo

- ↓ recuperação do açúcar
 - ↓ velocidade de cristalização
 - afeta a granulometria dos cristais
 - contaminação do processo fermentativo
- Inversão/oxidação e
 - processo de purificação

→ Perdas { 3Kg/TC
62% de açúcar → aumento de viscosidade → 15% rend.

- glumos
- espumas mais persistentes

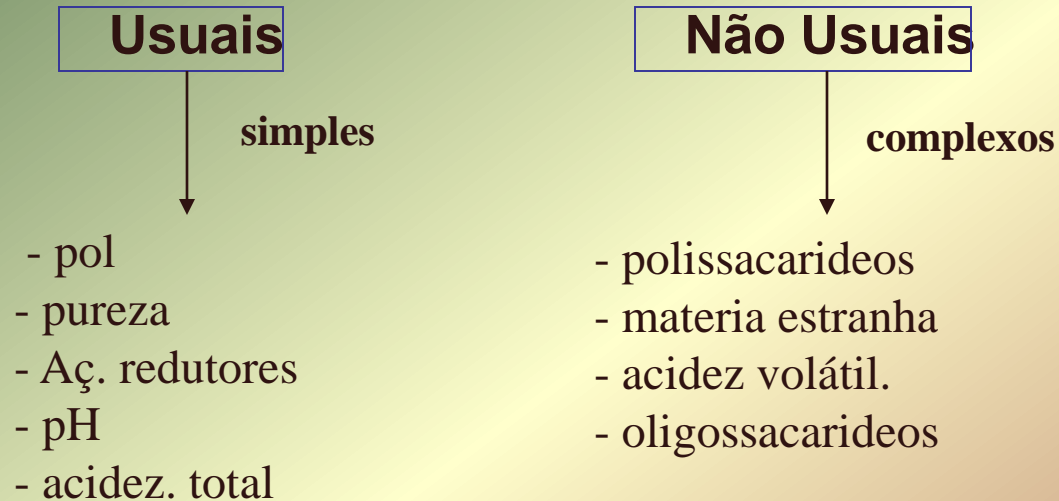
fermentação

 Bactérias
gêneros

Bacillus
Achromobacter
Flavobacterium
Micrococcus
Escherichia coli
Leuconostoc mesenteroids e dextranum
Aerobacter

- ✓ Cana saudável { $10^4 \rightarrow 10^8$ bact./grama
 $10^3 \rightarrow 10^4$ fungos
até ± 4 dias cresce (pH limite 4 a 8)
- ✓ Desenvolvimento de microrganismos \rightarrow mínimo deixa seco e frio.
Queima > desenvolvimento microrgan. - certa ação bacteriostática
(exudação)
tipo de corte { cana inteira - 48hs
—cana tolete - 6hs
3 dias — 2,5% cana inteira
5% cana em tolete

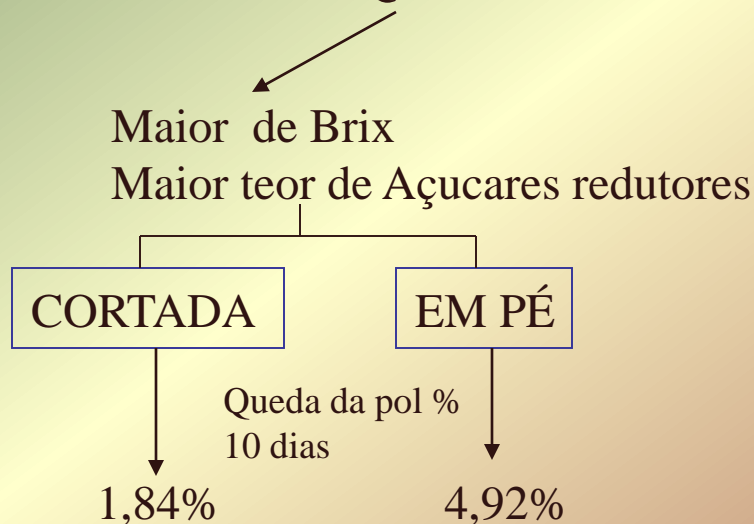
PARÂMETROS DE QUALIDADE



CANA QUEIMADA

X

CANA CRUA



Infecção mais demorada

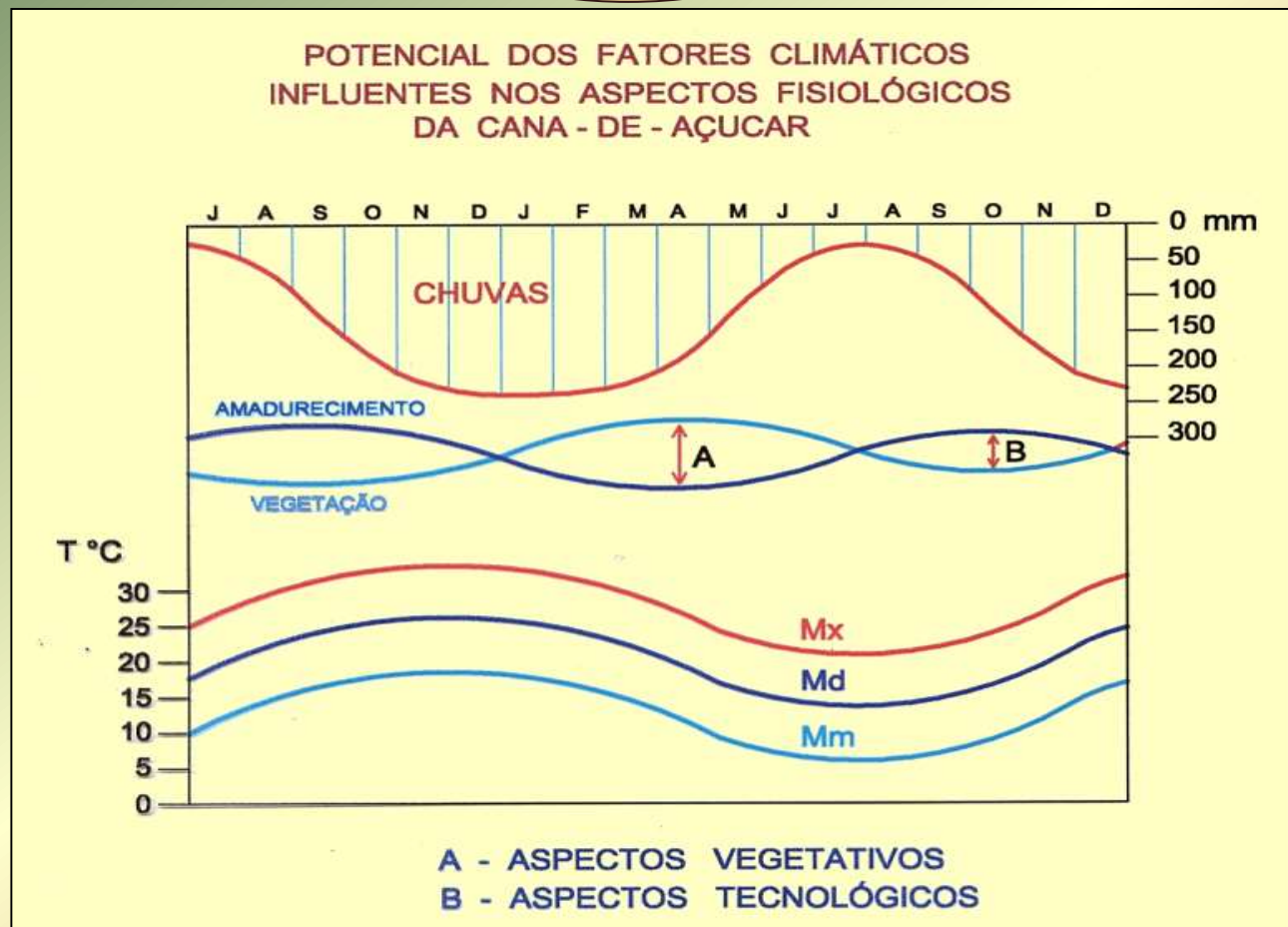
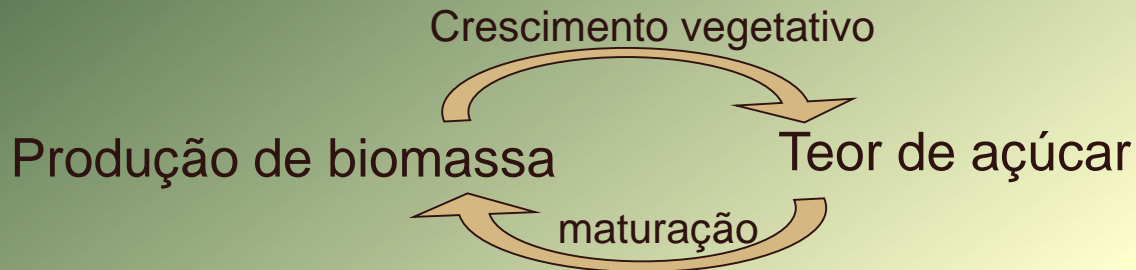
Depois de instalada,
é mais severa

INTERPRETAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA “ÓTICA INDUSTRIAL”

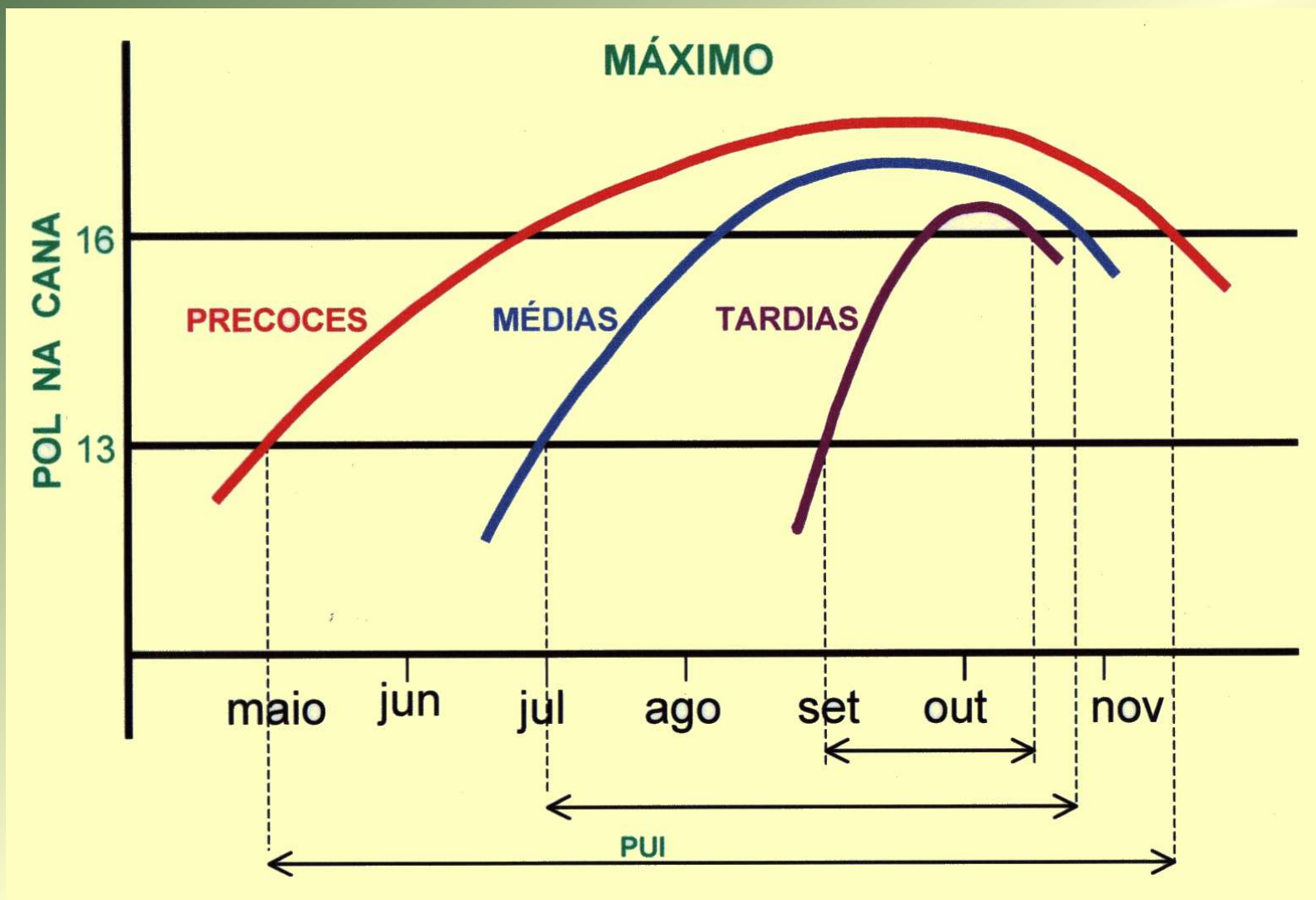
O que a indústria leva em consideração na determinação da qualidade da matéria-prima:

- Teor da fibra: quantitativo e qualitativo → rendimento e qualidade;
- pH do caldo: reflete o grau de contaminação (+ contagem de microrg.)
- Teor da matéria estranha: impurezas (min. e veg.) → fonte de inóculo;
- Teor de sacarose: pol;
- Teor de sólidos solúveis: °Brix.
- Açúcares redutores: glicose + frutose ← inversão da sacarose;
- Teor e natureza das cinzas: K, Na, Ca, Mg, Mn, Co, P₂O₅, ...etc.;
- Teor e forma de materiais nitrogenados: albuminóides, aminoácidos, amidas, etc.
- Gorduras e ceras: incrustações e nos cristais;
- Substâncias pécticas, gomas e mucilagens: viscosidade
- Amido no caldo: geleifica
- Pureza do caldo: relação entre Pol./ Brix
- Umidade da cana: 69 - 72%

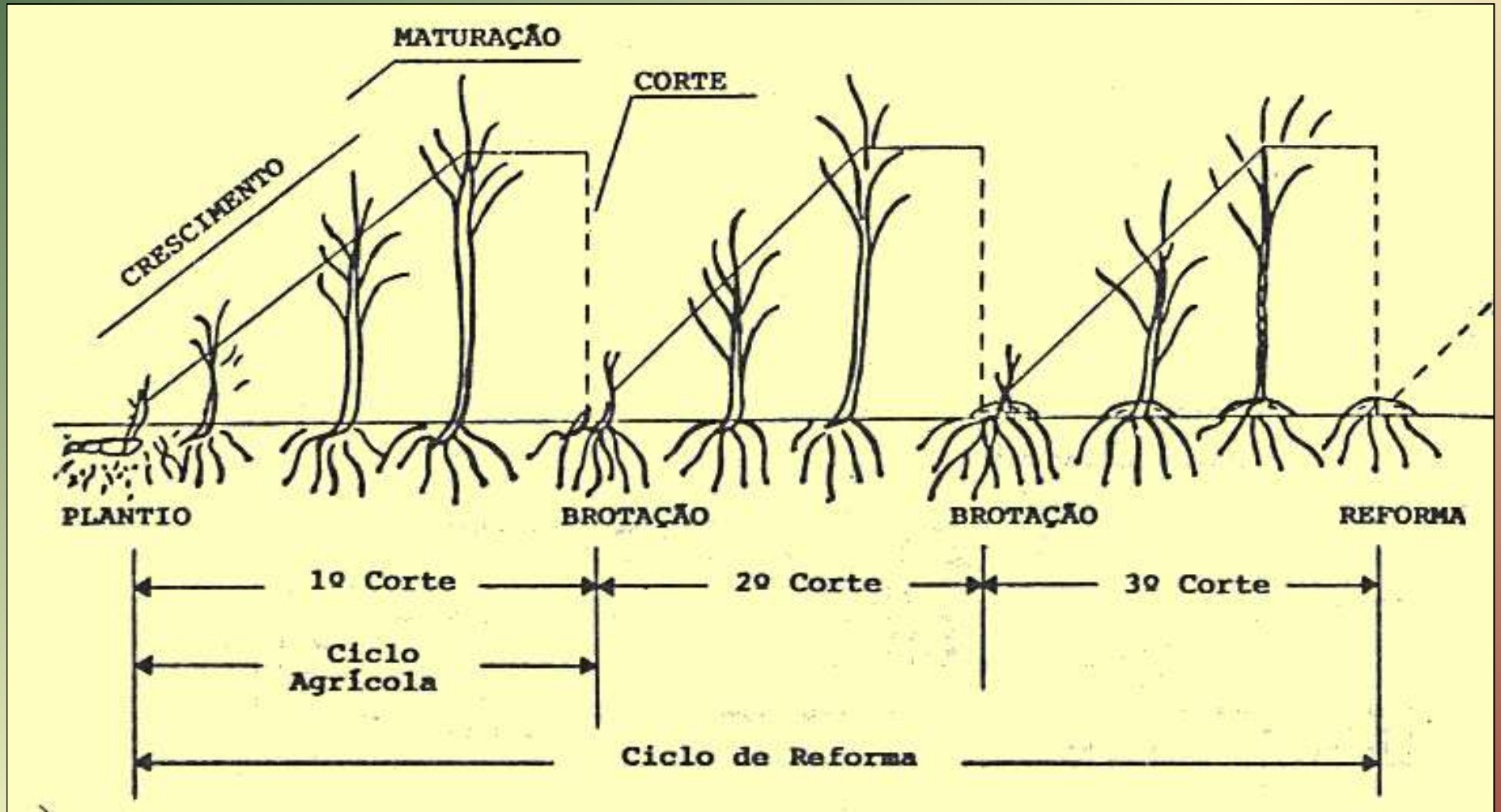
MATURAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR



Comportamento das variedades de cana



Ciclo da cana-de-açúcar e os colmos



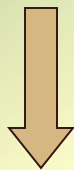
3. OPERAÇÕES PRELIMINARES DA FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR

Operações Preliminares



na indústria antecedem a entrada da MP

Abastecimento sincronizado c/ as operações Industriais (tempo de armazenamento vs. falta de cana na moagem)

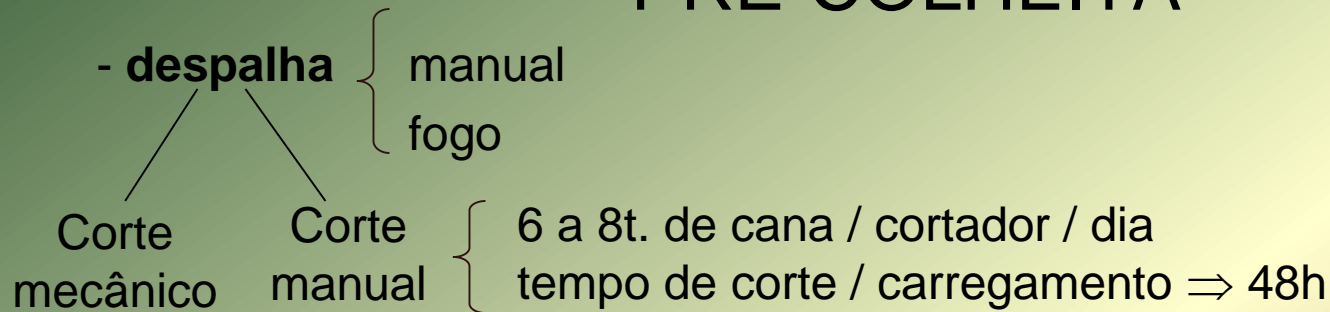


manutenção preventiva

- Queima
- Colheita de cana
- Carregamento
- Transporte
- Pesagem
- Pagamento (item a parte)
- Descarregamento
- Armazenamento
- Lavagem

Planejamento da colheita ————— f(moagem diária e semanal)

A. DESPALHA COMO OPERAÇÃO DE PRÉ-COLHEITA



Precauções da despalha à fogo:

- ▣ limite área (carreadores / aceiros)
- ▣ sem vento (programação do fogo)
- ▣ entardecer

- 15m da rede elétrica;
- 100m da subestação de energia elétrica;
- 25m das estações de telecomunicações;
- 50m a partir do aceiro.
- 15m da rodovias e ferrovias.

Cuidado ambiental: fora do perímetro urbano e a 1Km de área urbanizada

- ⇒ Cana queimada no chão enleirada
→ velocidade de deterioração
- { variedade
estágio de maturação
umidade
temperatura (t °C)
exsudação da cana (intensidade da queima)
aderência da terra

QUEIMA

Do ponto de vista agrônômico, a queima ocasiona:

- eliminação da palhaça que se decomporia e seria incorporada ao solo;
- destruição de pequena quantidade de matéria orgânica no solo;
- eliminação de pragas, como broca, cigarrinha, etc;
- mata o inimigo da broca;
- eliminação do mato invasor.

Do ponto de vista ambiental:

- a) emissão de contaminantes atmosféricos;
- b) menor gasto de herbicidas;
- c) menor retenção de umidade do solo;
- d) maior susceptibilidade à erosão;
- e) menor conservação de inimigos naturais;
- f) perdas de N,C e S (volatilização).

Do ponto de vista industrial:

- processamento até 48h após a colheita s/ problemas;
- tempo excessivo no campo após corte na indústria:
 - menor extração de caldo nas moendas;
 - maior consumo de reagentes na purificação;
 - decantação do caldo difícil;
 - dificulta cristalização;
 - fermentação mais demorada e menos eficiente

Do ponto de vista do trabalhador:

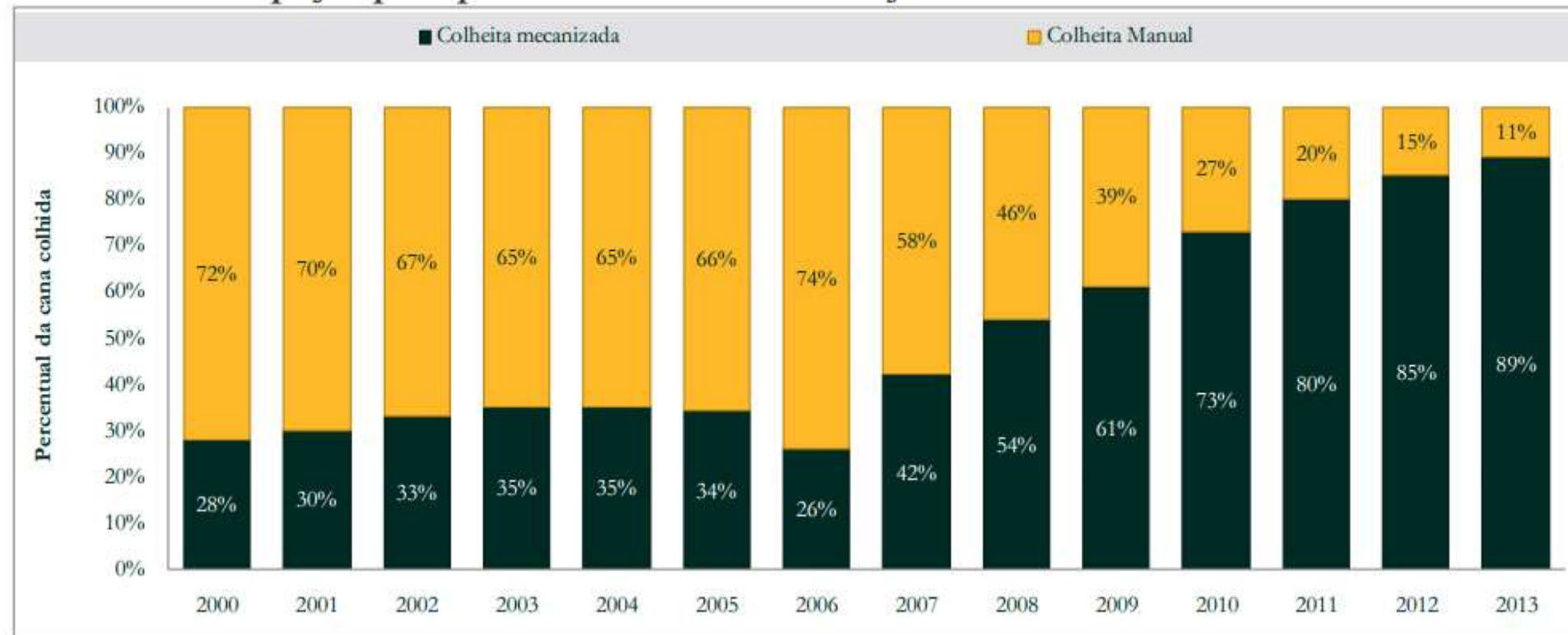
- elimina animais peçonhentos;
- reduz o número de acidentes;
- melhora as condições de trabalho;
- aumenta o rendimento de corte.

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

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

B. COLHEITA

- manual
 - mecânica
- { inteira
toletes



Corte manual de cana crua.



Corte manual de cana queimada.
Fotos: Raffaella Rossetto.



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



Colheita mecanizada.
Foto: Patrícia Cândida Lopes.

Cortadora e carregadora mecânica (combinada)



Fatores que afetam
o desempenho
(Ripoli & Paranhos, 1988)

- a) Máquina: centro de gravidade, capacidade de corte e condução, velocidade de corte e condução, velocidade de deslocamento, limpeza, potência e rodado.
- b) Condição de campo: variedade, estado do canavial, sistema cultural, comprimento de linhas e carregadores, declividade, formato do talhão.
- c) Administrativo: manutenção, operador, tipo de transporte, sincronismo e desempenho.

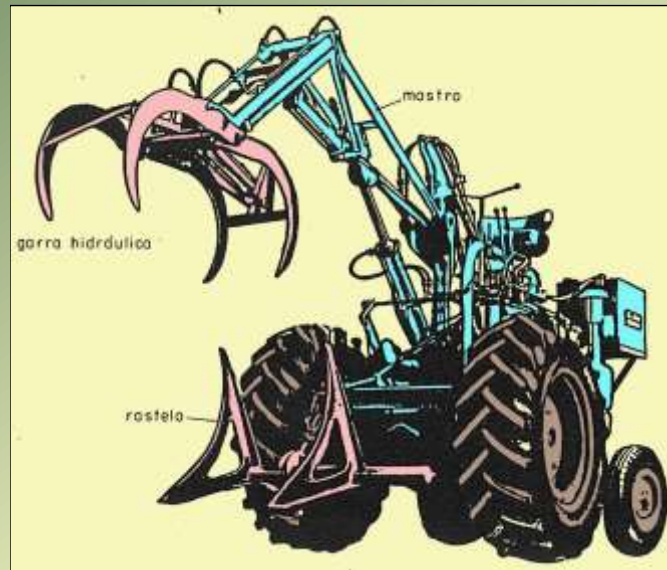


Colheitadeira em cana crua

Carregamento sistemático de corte mecânico



C. CARREGAMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR





Carregamento de cana
queimada

Carregamento de cana
integral



Carregamento

(1)

Operacional

Capacidade de elevação (garra): 400 a 1000kg
Capacidade horária: 40 a 50t

(2)

Índice de matéria
estranha na MP

Vegetal: 0,5 a 7,5% p.u.

Mineral: 0,2 a 6,0% ps

Total: 0,7 a 13,5%

(3)

Perdas de colmos

1,0 a 17,5 t/ha
(0,4 a 12,2%)


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)

Comparação de impurezas de colheita de cana crua e queimada

Indicadores	Colhedora	
	Cana queimada	Cana crua
a. Velocidade efetiva, Km/h	5,0 a 5,8	4,2 a 5,0
b. Capacidade efetiva, t/hora	64 a 70	56 a 60
c. distribuição de MP colhida		
% colmos	92 a 94	88 a 94
% matéria estranha vegetal	4 a 5,5	5,5 a 10,7
% matéria estranha mineral	0,5 a 1,2	0,4 a 0,7

D. TRANSPORTE (SUB-SISTEMA)

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-Julieta - 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

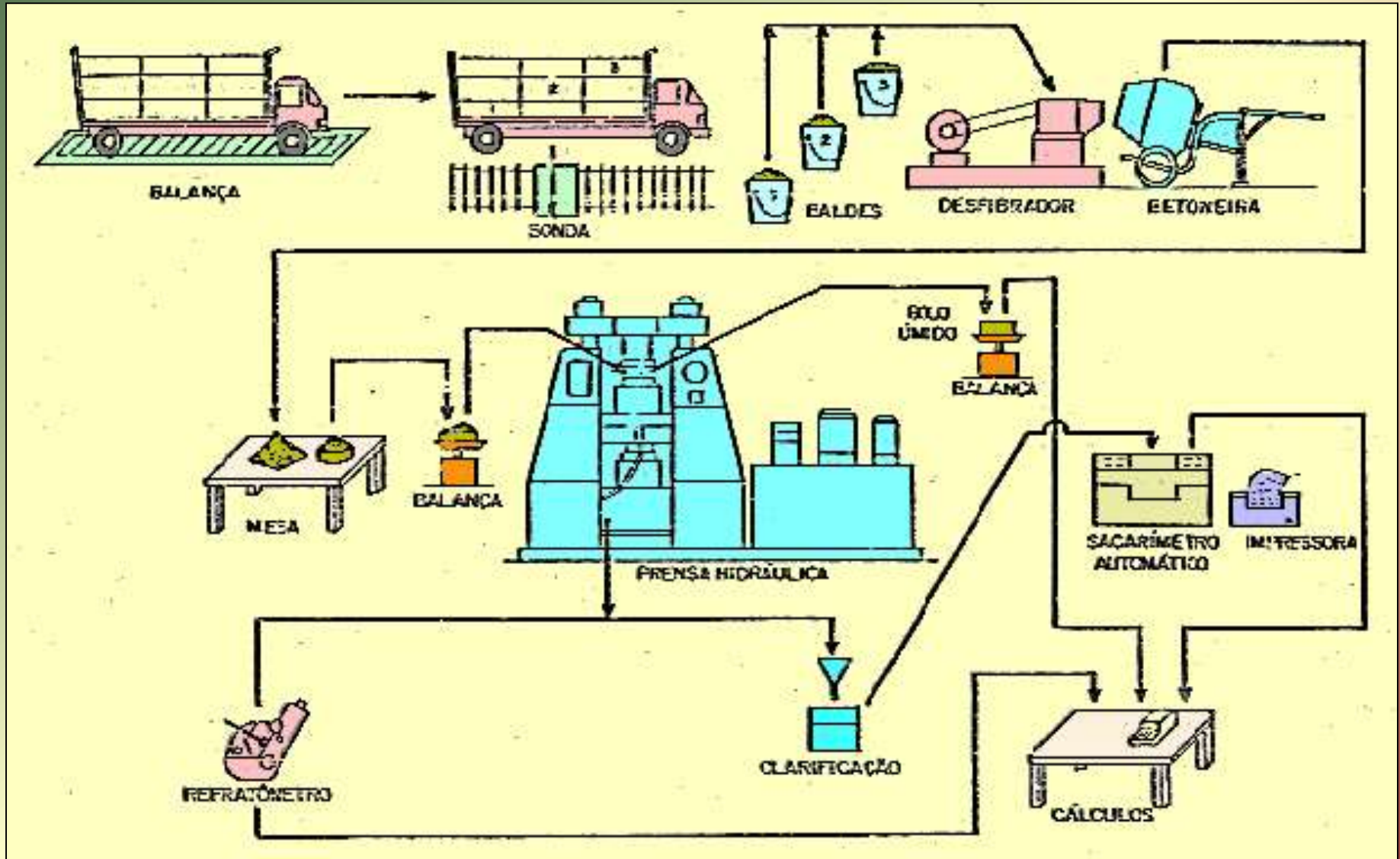
Objetivos

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



DETERMINAÇÃO DO SISTEMA DE PAGAMENTO

Fluxograma geral do Processo



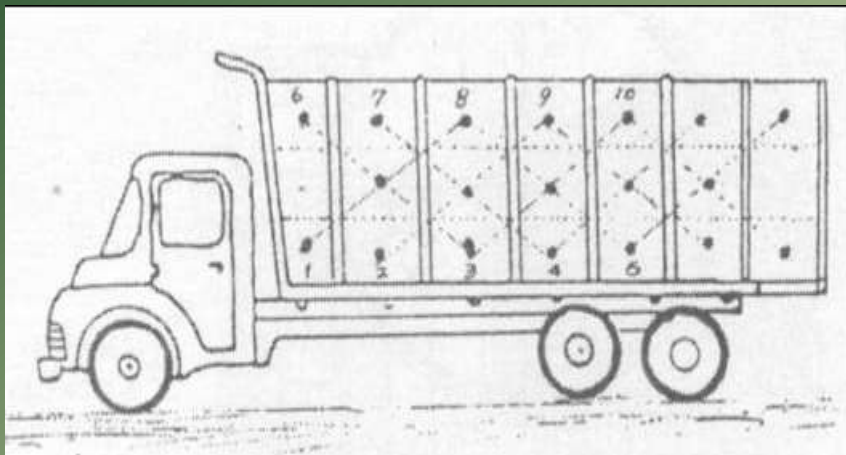
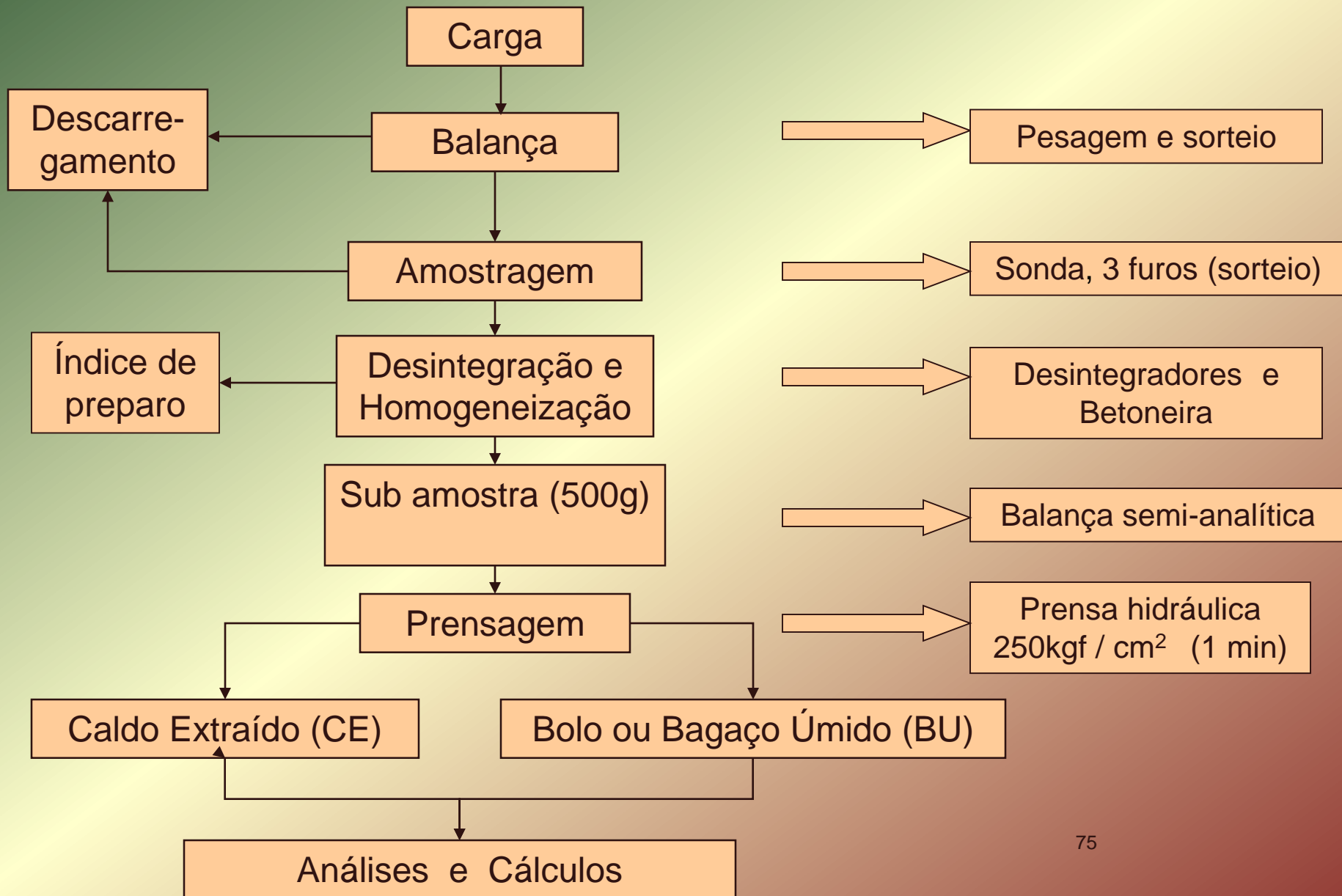


Figura 3 - Veículo com 7 vãos








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



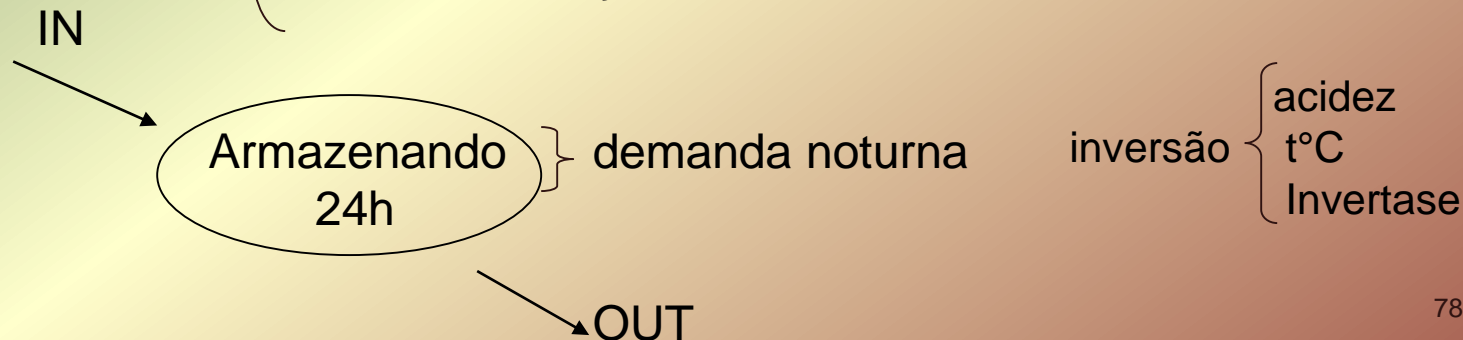
b2) guindaste não rotativo móvel (ponte rolante)

H. ARMAZENAMENTO DA CANA

Armazenamento { armazém
pátio

Problemas

- Ressecamento dos colmos
 - 4 dias - 11% peso (umidade, t°C)
 - 8 dias - 17% peso
- Inversão/Amassamento
 - Respiração: açúcares $\xrightarrow{\text{oxid.}}$ CO₂ + H₂O
 - Sacarose → glicose + frutose
- Desenvolvimento de microrganismos (Leuconostoc)
 - a – descaracterização do cristal (agulha)
 - b - crescimento lento do cristal
 - c - perdas de açúcar nos méis
 - d - incrustação em superfície acrescida nos cozidos.



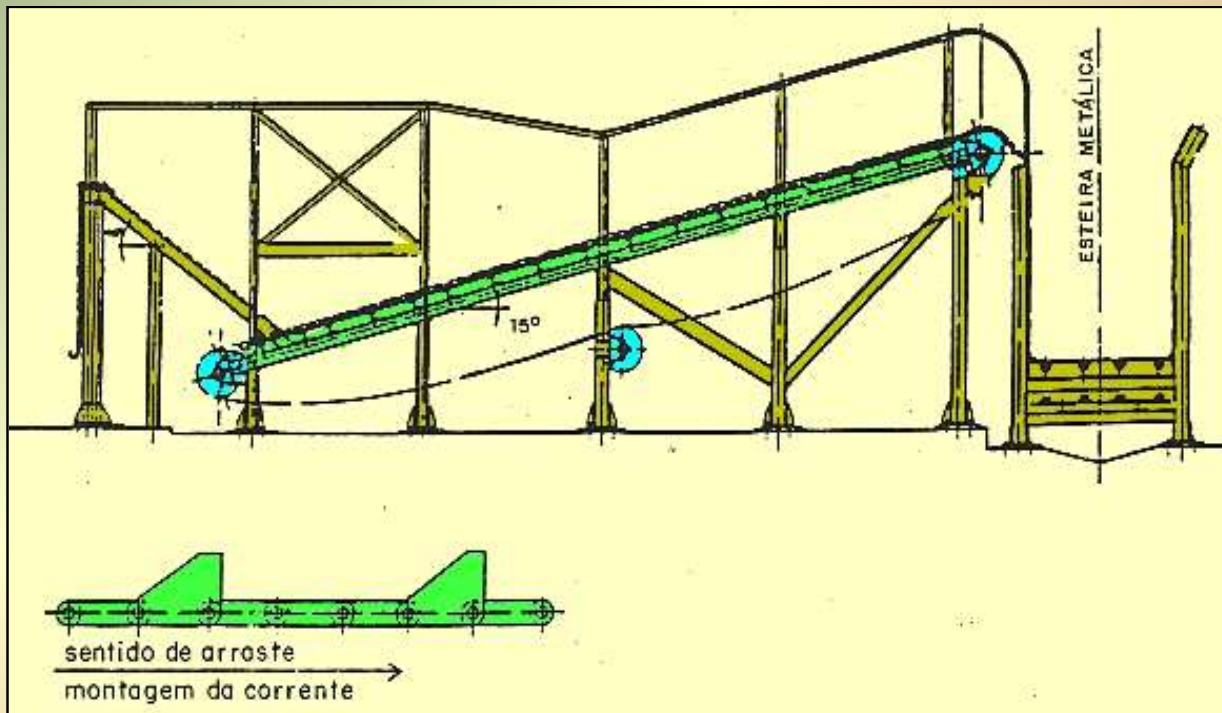
4. RECEPÇÃO E CONDUÇÃO

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

❏ Constituição — tablado retangular : planos, inclinados

❏ Classificação:

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



LIMPEZA DA CANA-DE-AÇÚCAR

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

Via Seca - Vantagens:

- deixa de perder 2% do açúcar por TC na lavagem (~ 2a 3 kg Açúcar / TC);
- economia de recursos hídricos e baixo redução de impacto ambiental;
- menor necessidade de manutenção de grelhas da caldeira;
- melhoria na decantação e filtração do caldo e redução na produção de torta;

LAVAGEM DA CANA

Quantidade água { Mesa 15° - 10-15 m³/TC
Mesa 45° - 5 a 7 m³/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 \leq 2,0%
excesso - até 10%





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.

Processo em duas etapas

1ª parte: baixa velocidade de cana

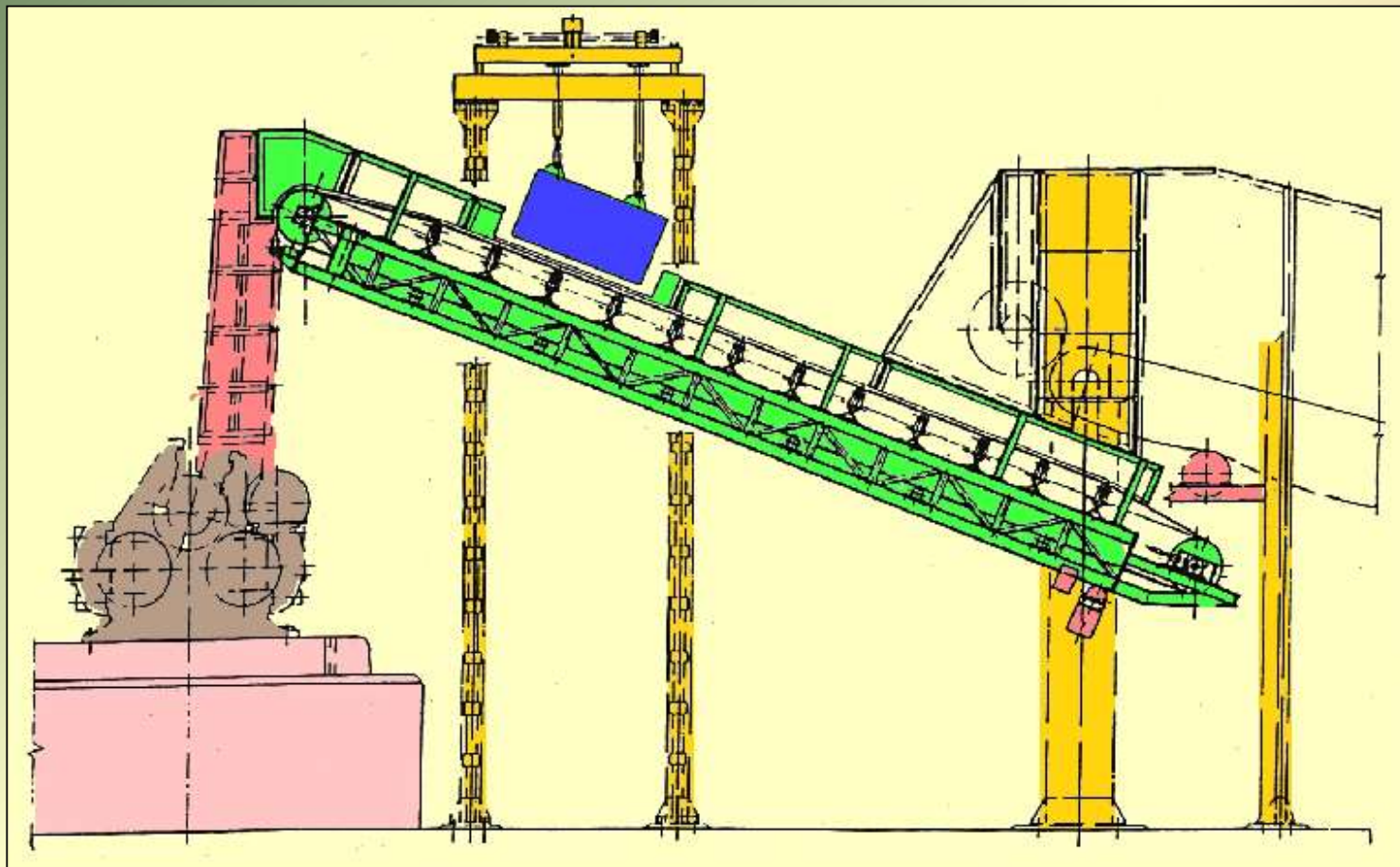
[esteira de taliscas metálicas (até 15 m / min)]

2ª parte: alta velocidade de cana

[esteira de borracha (até 100 m / min)]

ELETROIMÃ

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





ESTEIRAS DO BAGAÇO

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 também internas a calha, interligadas por taliscas metálicas (verticais - condutores/raspadores).

5. PREPARO DA CANA PARA MOAGEM

- Exatção em duas fases $\left\{ \begin{array}{l} - \text{preparo da cana para moagem} \\ - \text{extração do caldo} \left\{ \begin{array}{l} \text{moagem} \\ \text{difusão} \end{array} \right. \end{array} \right.$
- necessita desintegrar cana para liberar mais fácil o caldo
- resistência no preparo \rightarrow função: relação das partes moles e duras.
(recuperação da sacarose)

cana-de-açúcar (partes) 12,5% fibra	$\left\{ \begin{array}{l} \text{a) Parte dura (casca e nó)} \\ \text{b) Parte mole (entre nós)} \end{array} \right.$	25% peso cana	$\left\{ \begin{array}{l} 75\% \text{ fibra} \\ 25\% \text{ caldo} \end{array} \right.$	\longrightarrow	20% peso caldo cana
		75% peso cana	$\left\{ \begin{array}{l} 8\% \text{ fibra} \\ 92\% \text{ caldo} \end{array} \right.$	\longrightarrow	80% peso caldo cana

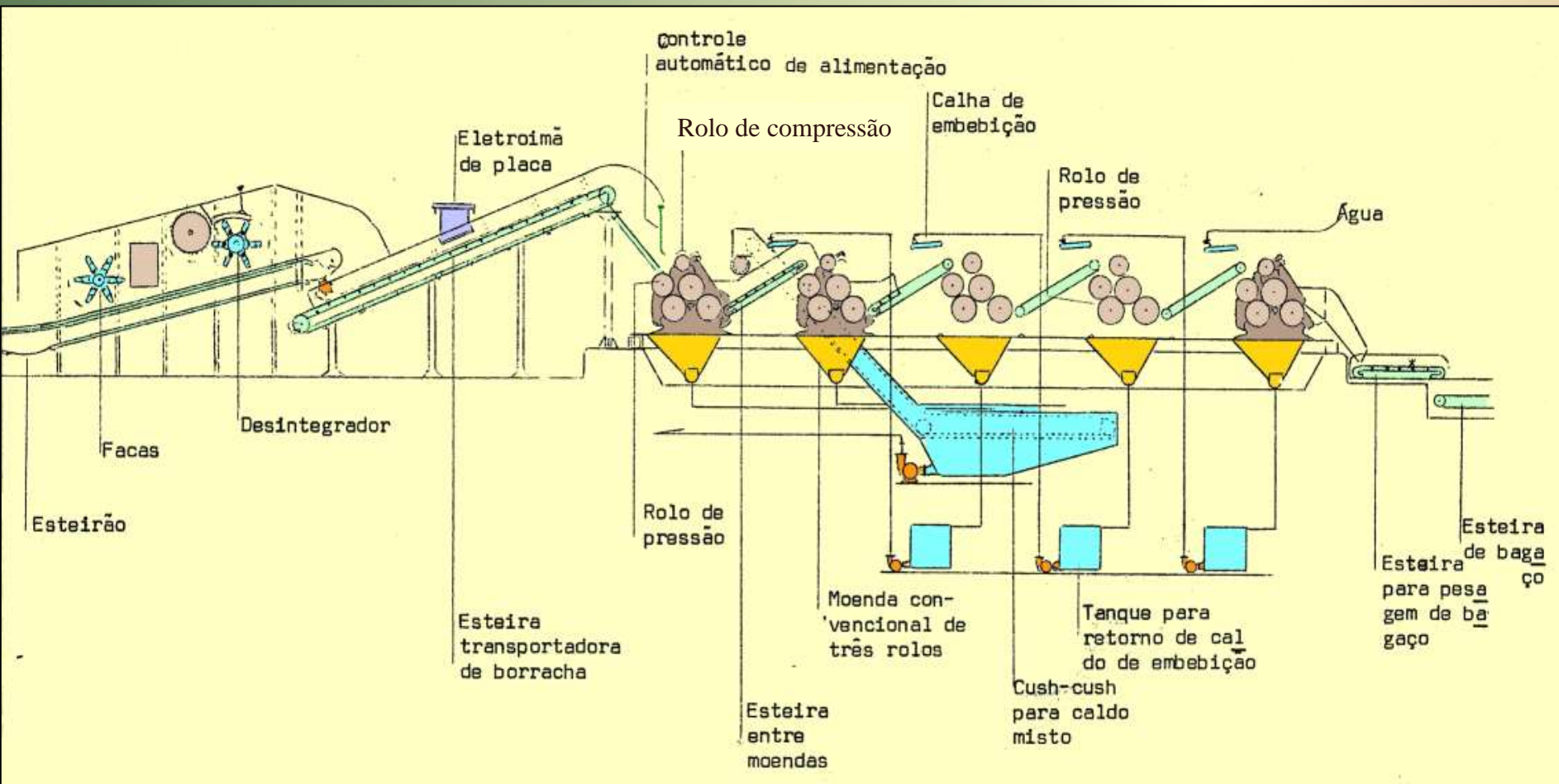
OBJETIVOS DO PREPARO:

- 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. 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

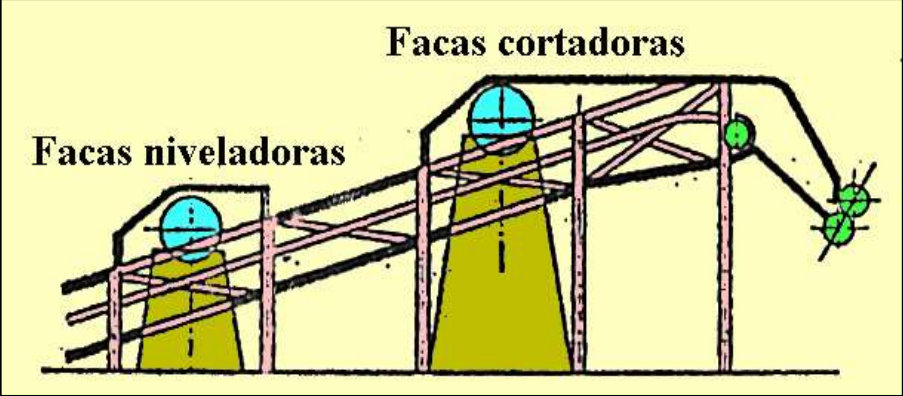


Jogos de Facas de tipo COP8 84" - Usina da Barra - São Paulo



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		
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.



Referencias

- A dimensão do setor Sucroenergético: mapeamento e quantificação da safra 2013/14 / [coordenação e organização Marcos Fava Neves e Vinicius Gustavo Trombin]. – Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEA-RP/USP 2014.

