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/

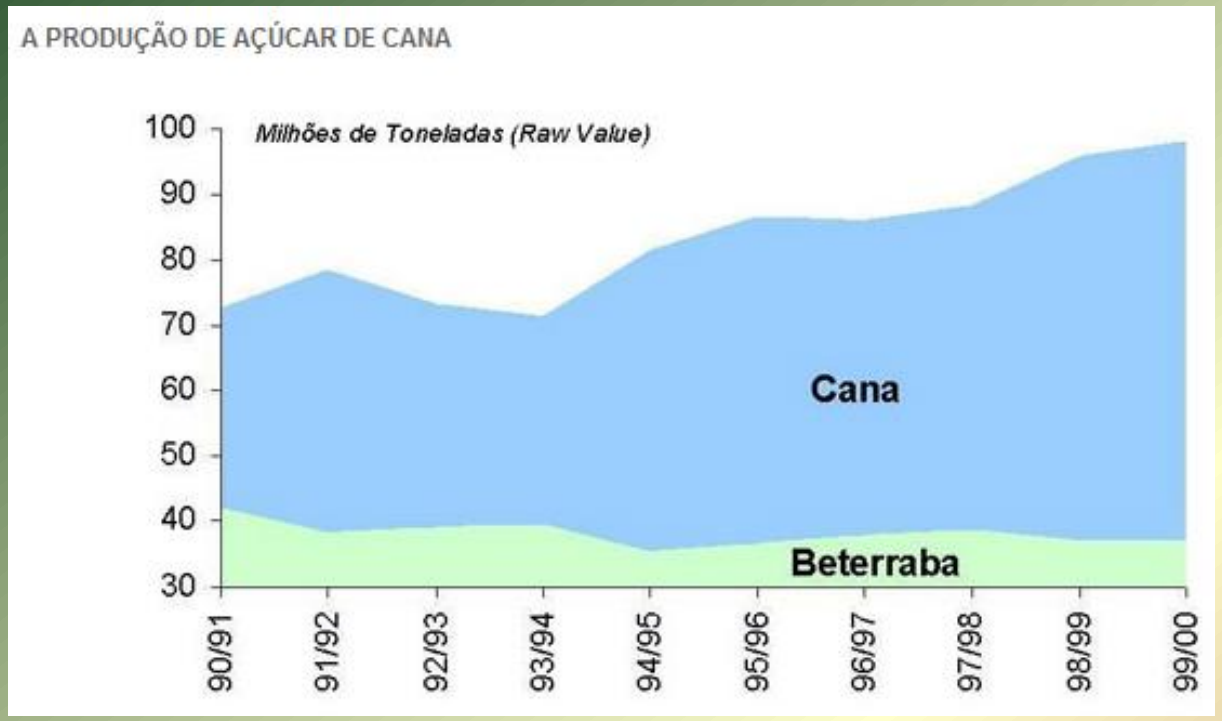
1. Introdução

- 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

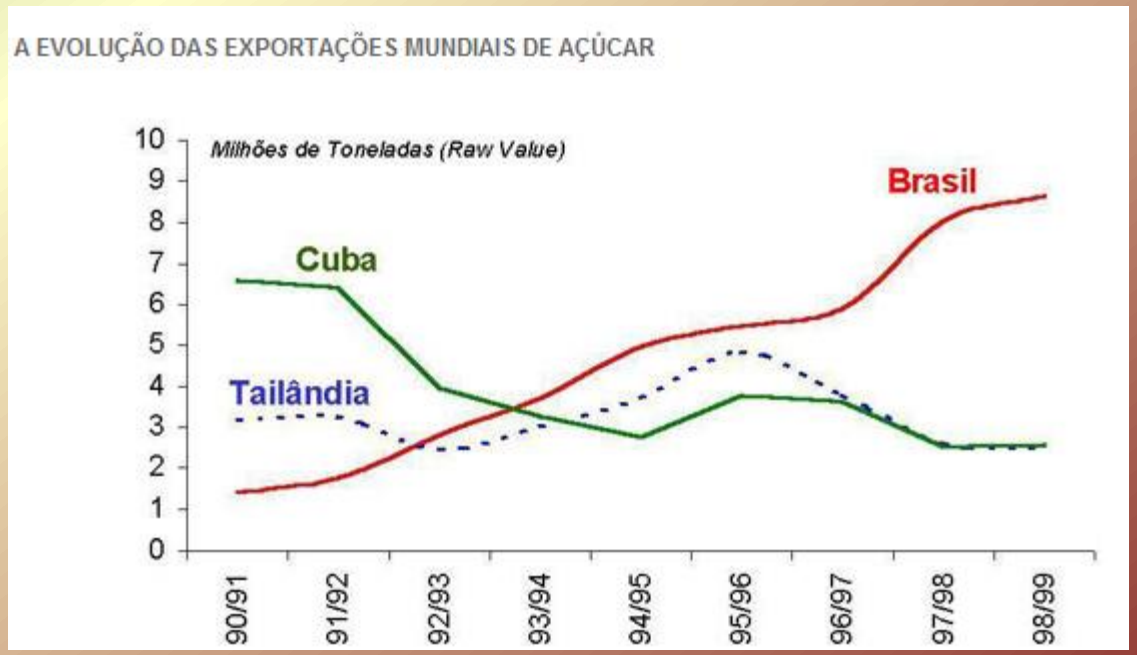
ESTATÍSTICAS DA PRODUÇÃO MUNDIAL

- 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%.

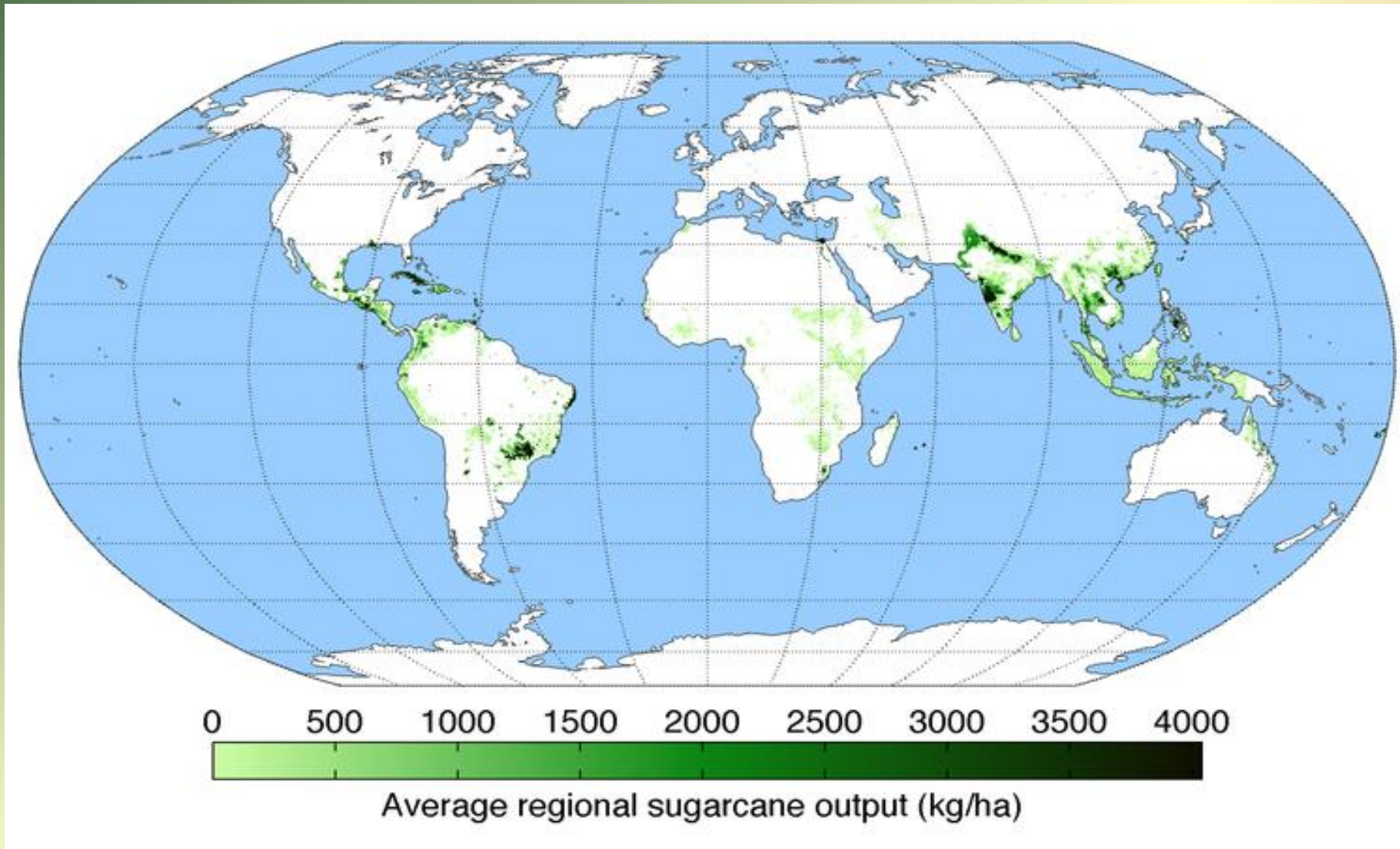
http://www.sindacucar.com.br/produtos_acucar_mercado.html



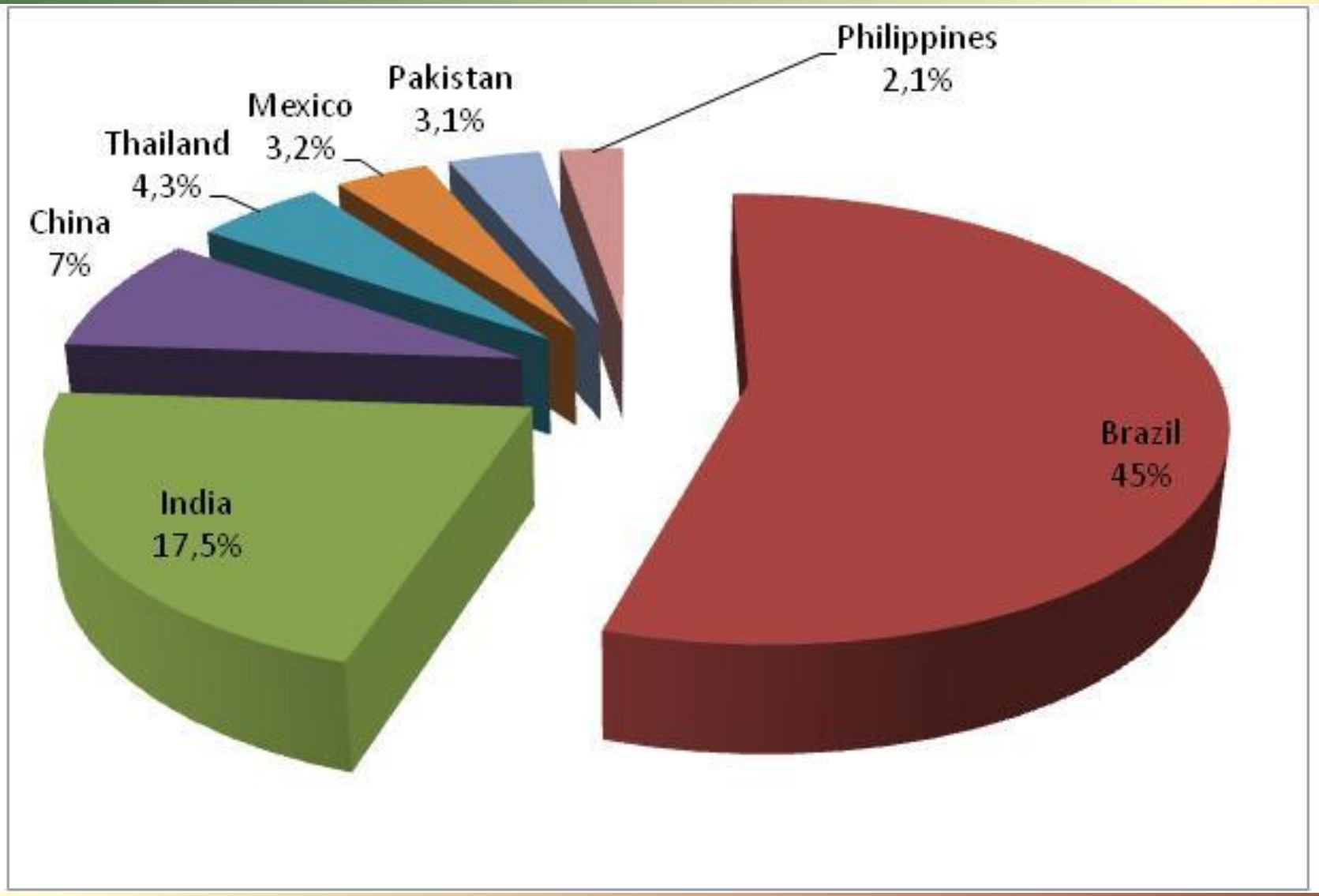
http://www.sindacucar.com.br/produtos_acucar_mercado.html



Produção de cana-de-açúcar



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



Fonte: FAO, 2012 Elaborado por Cruz SH, 2012

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 avaliable.

The values are for raw sugar values for centrifugal sugar production

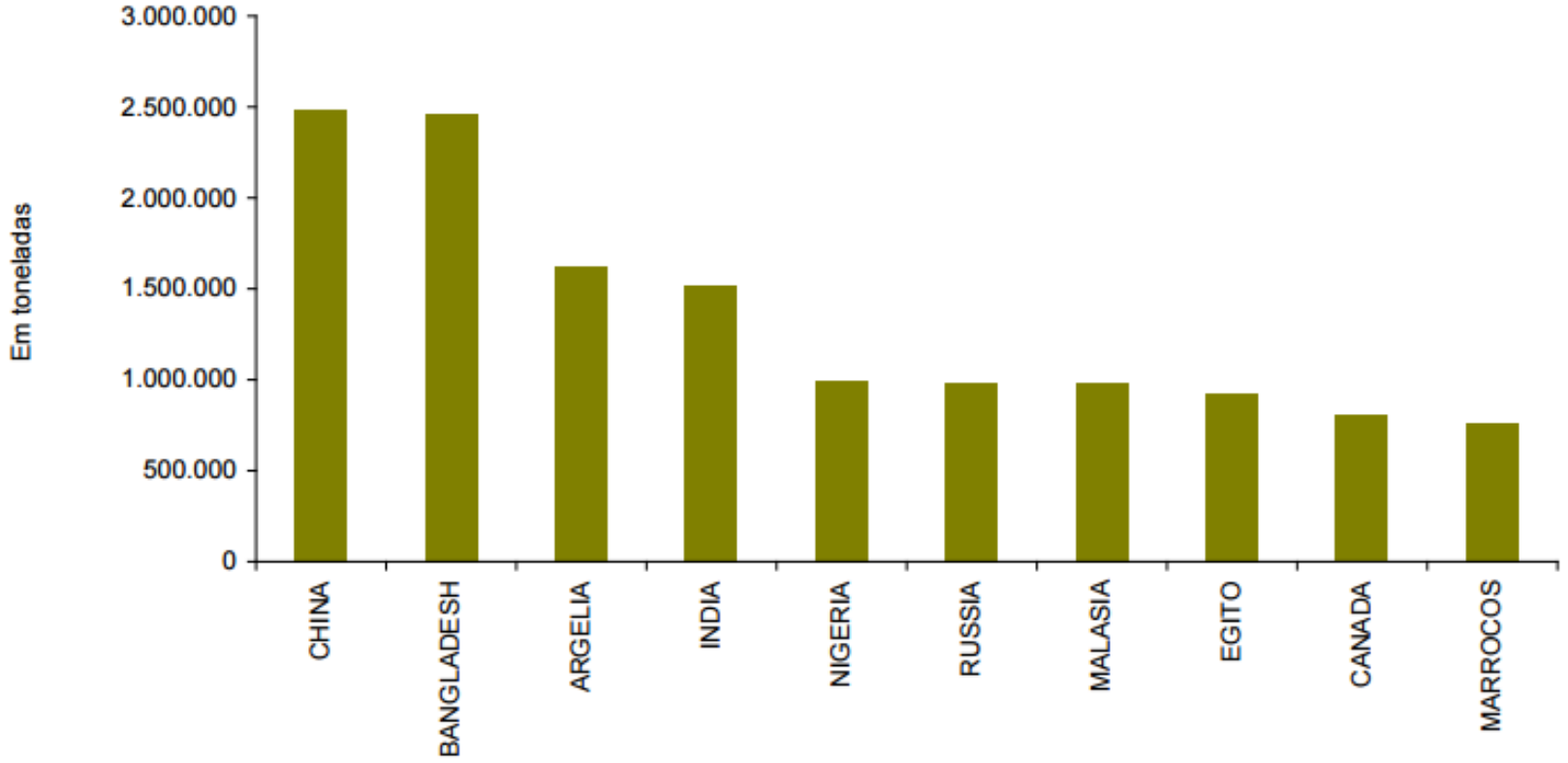
http://www.sugarnutrition.org.uk/the-production-of-sugar.aspx Acesso 06/06/14

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.



Gráfico 28 - Exportação de açúcar



Fonte: Agro Stat/SECEX/MDIC.
Nota: dados de 2015

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf

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



Coopersucar - http://www.copersucar.com.br/localizacao.html

PRINCIPAIS CONSUMIDORES DE AÇÚCAR

Aproximadamente metade das exportações nacionais foi destinada a oito países:

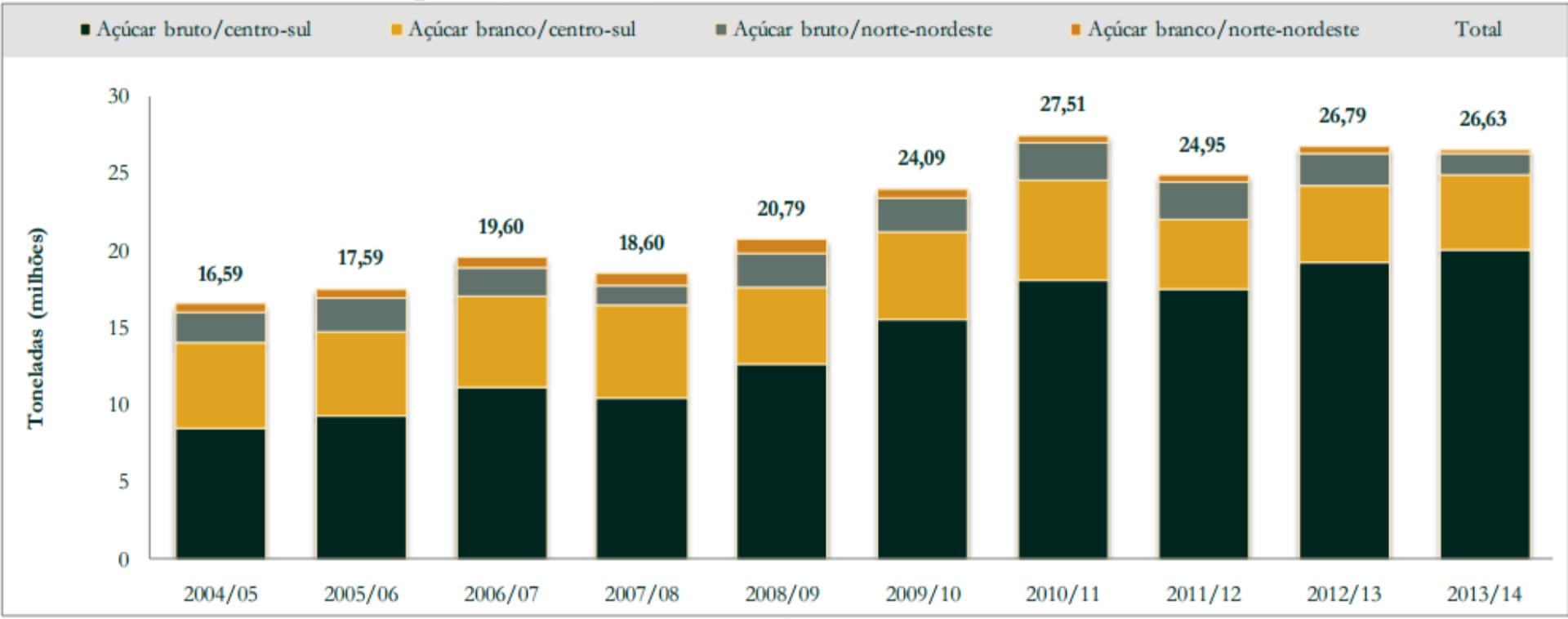
- China, Emirados Árabes Unidos, Argélia,
- Bangladesh, Rússia, Nigéria, Malásia e Indonésia

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 Álcool;
- **Década de 60:** principais regiões - Sul (SP, RJ) e Nordeste (AL, PE);

http://www.unica.com.br/linhadotempo/index.html

1532 A 1972
DE ALIMENTO A SOLUÇÃO ENERGÉTICA



CARRO FLEX, O ORIGINAL



ETANOL NO PÓDIO



CHEGADA AO BRASIL



ESTÍMULO AO ETANOL COMO ADITIVO



INOVAÇÃO NA COMERCIALIZAÇÃO

1532 1908 1931 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



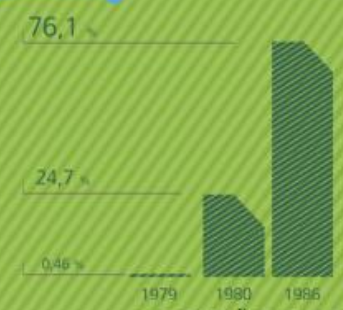
CARROS A ETANOL CHEGAM AO MERCADO

1969 1972 1973 1975 1979

bioeletricidade

A ENERGIA VERDE E INTELIGENTE DO BRASIL

COGERAÇÃO: OTIMIZANDO A PRODUÇÃO DE ENERGIA



ASCENSÃO E DECLÍNIO DO PROÁLCOOL



ETANOL NO COMBATE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE



ADOÇANDO O MUNDO

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE C

ETANOL · AÇÚCAR · ENERGIA

CRIAÇÃO DA UNICA

1985 1987 1992 1995 199

2003 A 2009
A REVOLUÇÃO FLEX



PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL

PRIMEIRO AVIÃO A ETANOL



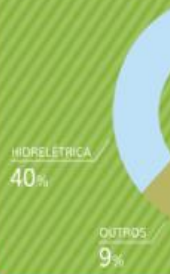


CARROS FLEX

BIOELETRICIDADE: ENERGIA NOVA

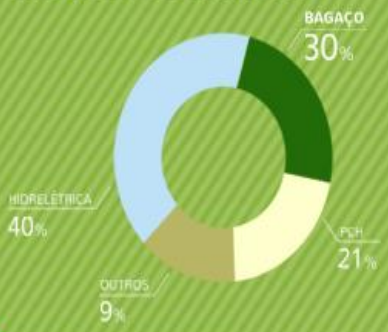


CRÉDITOS DE



2000 2003 2004 2005

CRÉDITOS DE CARBONO



PROTOCOLO AGROAMBIENTAL



ETANOL SUPERA A GASOLINA





TRANSPARÊNCIA NO SETOR







ETANOL ACELERA NAS PISTAS DA INDY

AQUECIMENTO GLOBAL

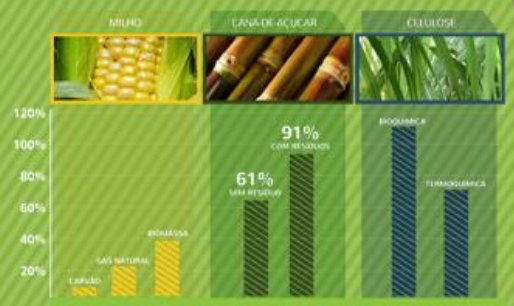


ETHANOL SUMMIT



2006 2007 2008

2010...
NOVOS PRODUTOS, NOVAS FRONTEIRAS



UM BIOCOMBUSTÍVEL AVANÇADO



DEZ MILHÕES DE VEÍCULOS FLEX



ÔNIBUS A ETANOL

NOVAS FR
CANA-DE-





MOTOCICLETAS FLEX



PLÁSTICO VERDE
GANHA ESCALA

BONSUCRO®

CERTIFICAÇÃO
INTERNACIONAL

2010

201

PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO BRASIL

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

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.

Açúcar - 2010/2011 até 2015/2016

Unidade: Mil toneladas

BAIXAR

Estado	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Acre	0	0	0	0	0	0
Alagoas	2.499	2.348	2.228	1.658	1.883	1.228
Amazonas	20	15	15	15	11	12
Bahia	114	124	113	94	84	80
Ceará	0	0	0	0	0	0
Espírito Santo	90	122	99	123	107	71
Goiás	1.805	1.752	1.875	1.891	1.997	1.892
Maranhão	9	9	9	11	8	13
Mato Grosso	446	398	492	418	405	337
Mato Grosso do Sul	1.329	1.588	1.742	1.368	1.391	1.302
Minas Gerais	3.244	3.238	3.418	3.411	3.269	3.245
Pará	21	15	37	32	38	22
Paraíba	183	270	209	77	148	129
Paraná	3.022	3.008	3.086	3.037	2.927	2.807
Pernambuco	1.365	1.482	1.221	1.134	1.047	822
Piauí	46	60	52	52	62	67
Rio de Janeiro	118	130	95	84	37	0
Rio Grande do Norte	169	201	134	123	156	138
Rio Grande do Sul	0	0	0	0	0	0
Rondônia	0	0	0	0	0	0
Santa Catarina	0	0	0	0	0	0
São Paulo	23.446	21.068	23.289	23.963	21.877	21.567
Sergipe	80	96	130	103	125	105
Tocantins	0	0	0	0	0	0
Região Centro-Sul	**33.501**	**31.304**	**34.097**	**34.295**	**32.011**	**31.221**
Região Norte-Nordeste	**4.505**	**4.621**	**4.149**	**3.299**	**3.560**	**2.616**
Brasil	**38.006**	**35.925**	**38.246**	**37.594**	**35.571**	**33.837**

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

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

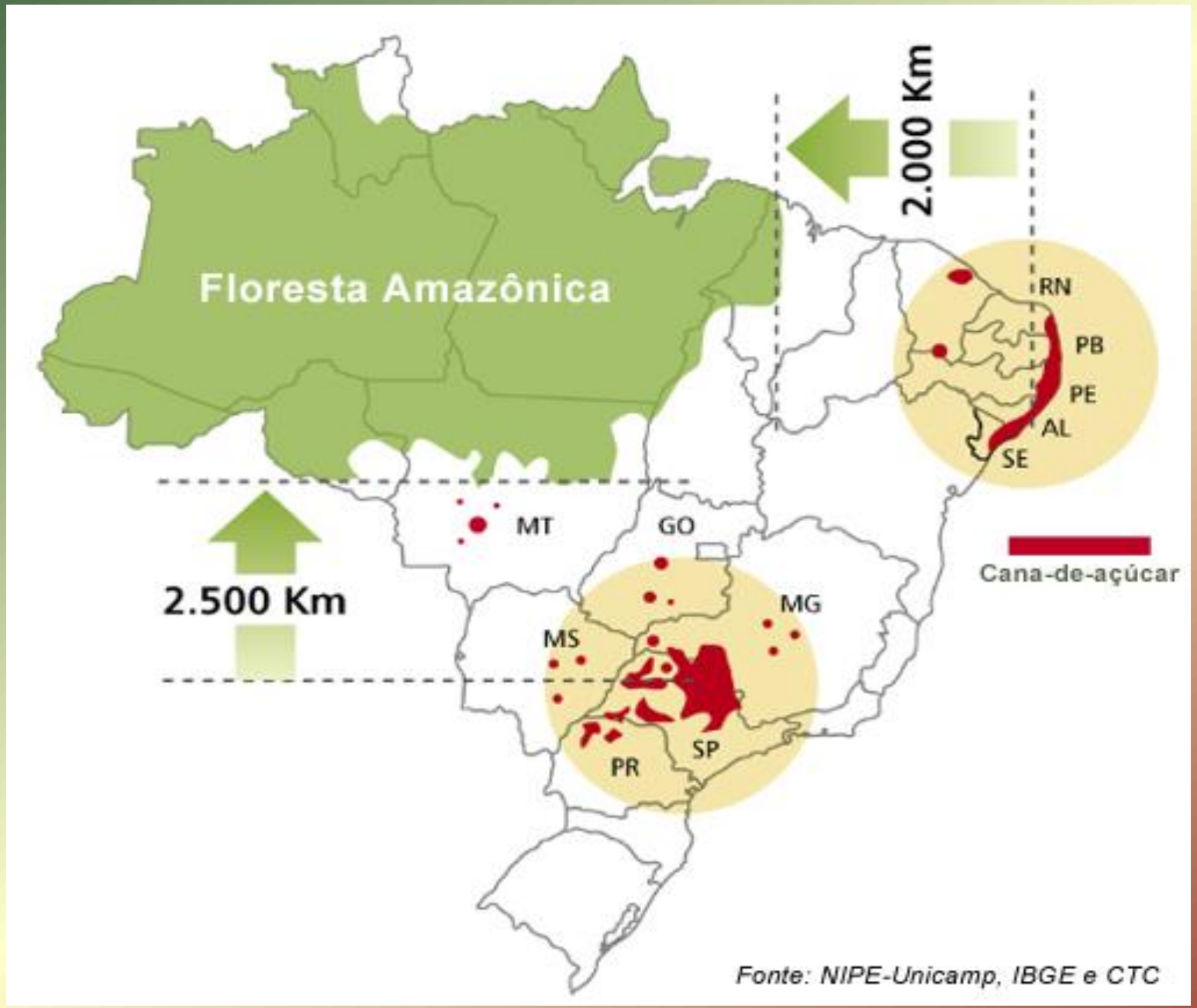
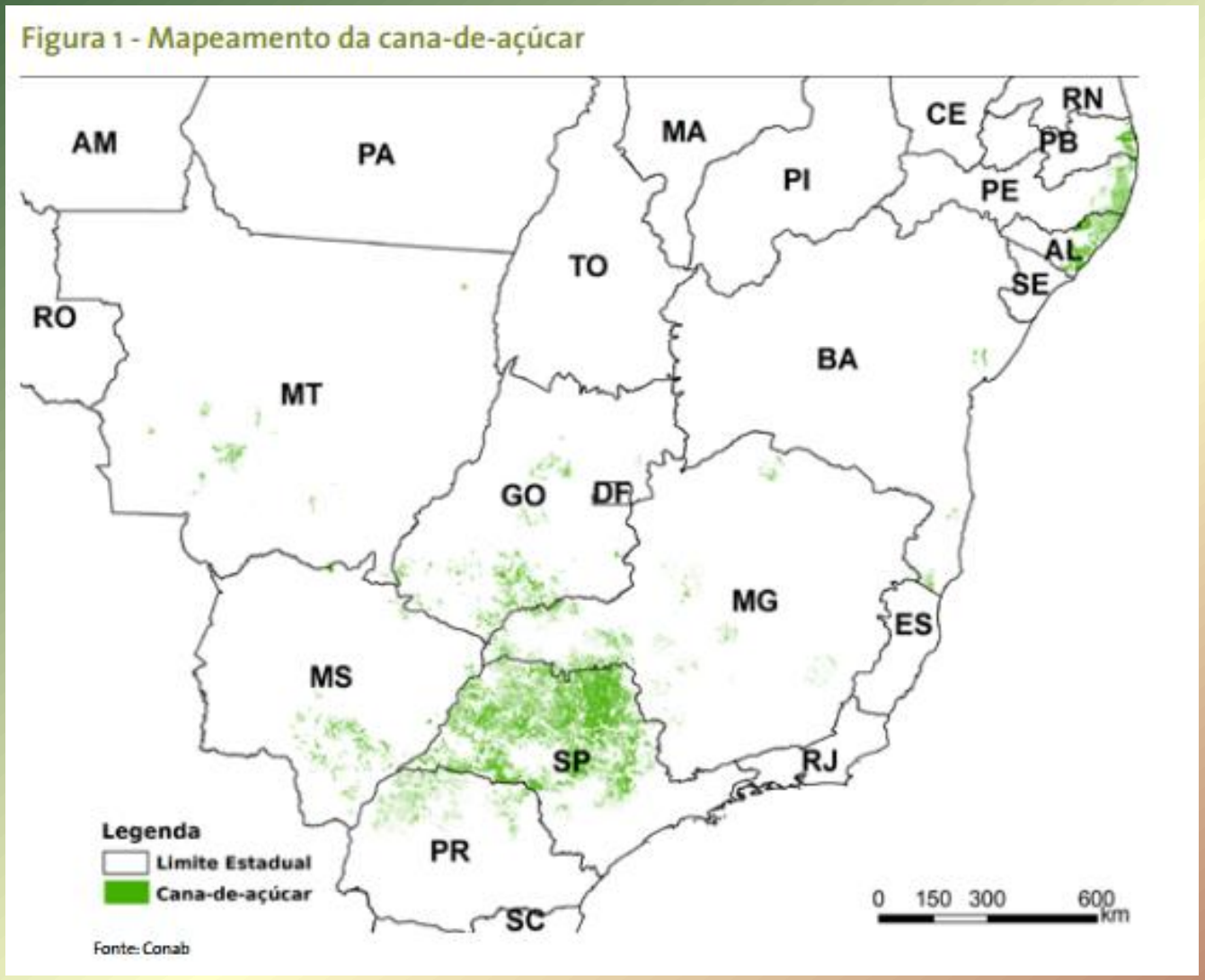

2.000 Km
Floresta Amazônica
RN
PB
PE
AL
SE
MT
GO
MG
MS
SP
PR
2.500 Km
Cana-de-açúcar
Fonte: NIPE-Unicamp, IBGE e CTC

Figura 1 - Mapeamento da cana-de-açúcar



http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf

Safra 2013/2014



653 milhões toneladas processadas

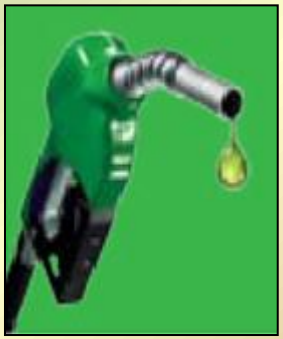


Açúcar

37,7 milhões toneladas



Leveduras 22 mil t



Etanol

27.5 bilhões litros



120 mil toneladas



Bioeletriticidade - cogeneração a partir do bagaço

Source: UNICA, 2014



Fonte: UNICA, 2010 Elaborado por Cruz SH, 2010



Destinos do açúcar consumido pela indústria

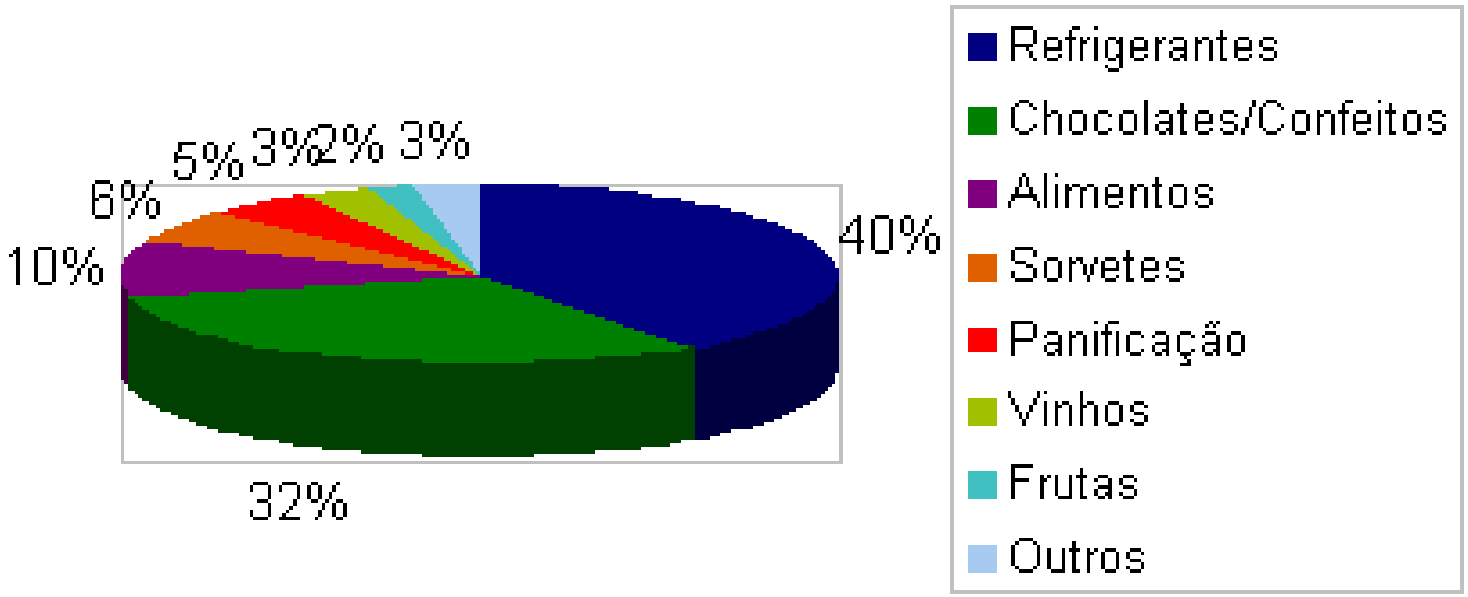
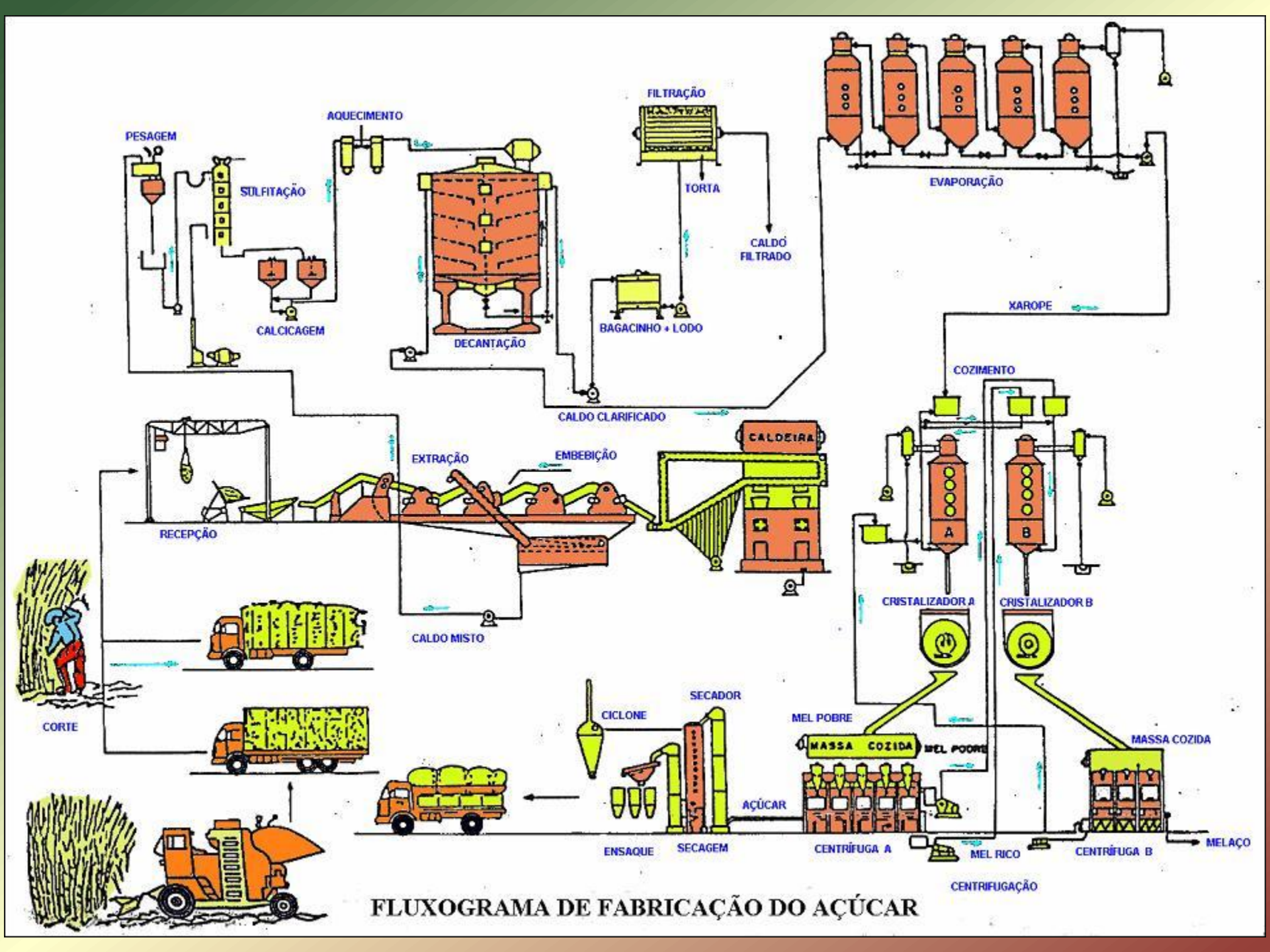


Fig. 4. Consumo industrial de açúcar no Brasil - 1992.

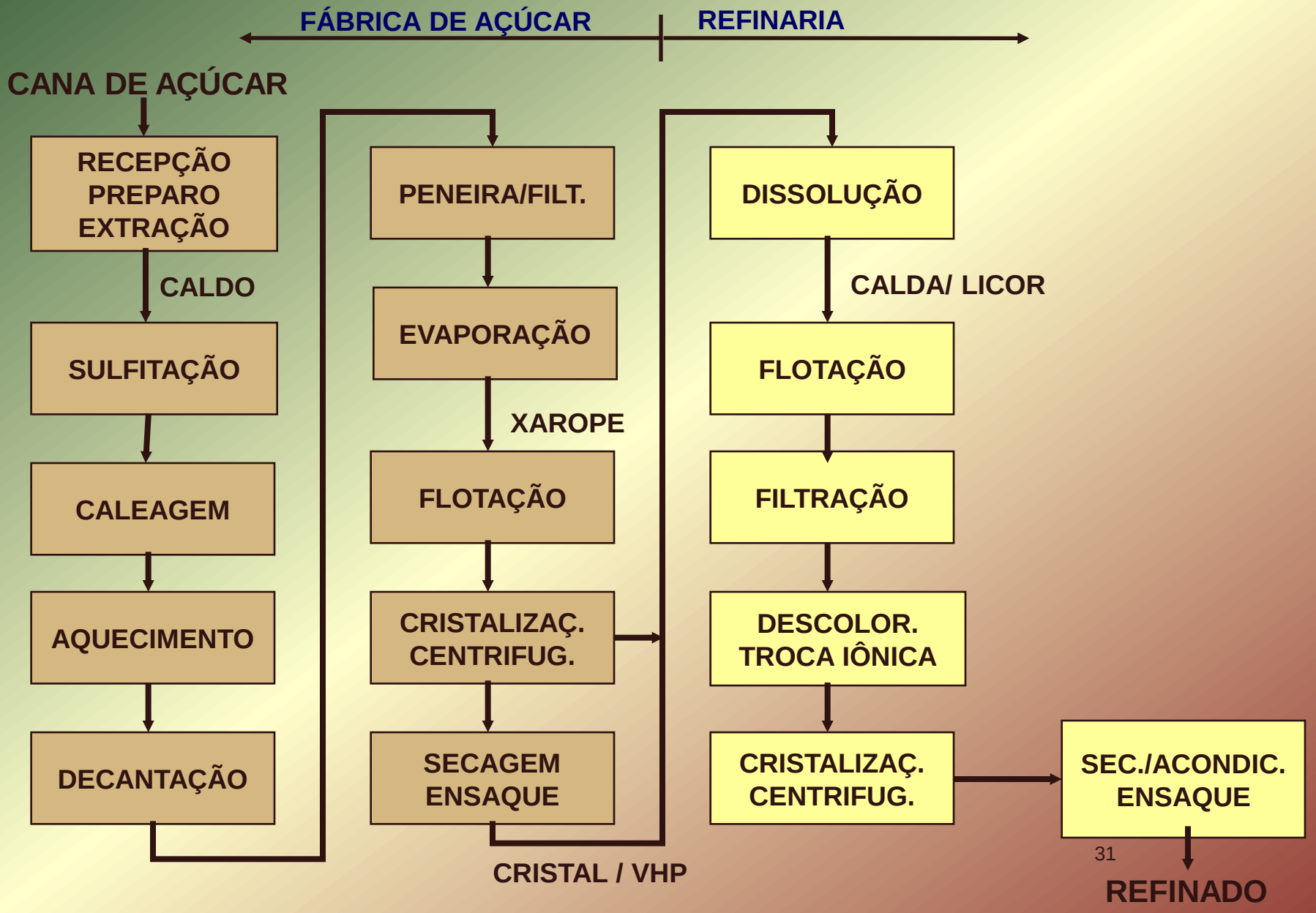
Fonte: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (1995).

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_112_22122006154842.html



FLUXOGRAMA DE FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR

O PROCESSO TRADICIONAL DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR REFINADO



CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE AÇÚCAR

Açúcar	Tipo	Icumsa 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

DRD – Dedini Refinado Direto


mascayo
cristal
demerara

TIPOS	CARACTERÍSTICAS	UTILIZAÇÃO
Refinado Granulado	• 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	• Produtos Farmacêuticos • Confeitos onde aparecem os cristais • Xarope de excepcional transparência • Mistura seca onde o aspecto visual, escoamento e solubilidade rápida são importantes
Refinado Amorfo	• Baixa cor • Dissolução rápida • Granulometria fina • Brancura excelente	• Consumo doméstico • Misturas sólidas de dissolução instantânea • Bolos e Confeitos • Caldas Transparentes e Incolores
Glaçúcar	• Granulometria muito fina (açúcar de confeiteiro)	• Preparo de glacês, suspiros, bolos, chantilly, etc
Xarope Simples	• Solução aqüosa de açúcar • Alta transparência • Alta limpidez	• Produtos farmacêuticos • Aplicado onde a ausência de cor é essencial, como bebidas claras, balas e doces
Xarope de Açúcar Invertido	• Solução aqüosa 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	• Frutas em calda • Sorvetes • Balas e caramelos • Licores • Geléias • Biscoitos • Bebidas carbonatadas
Cristal	• Açúcar em forma cristalina produzido diretamente em usina, sem refino	Destinado ao uso geral da indústria alimentícia: • Bebidas • Massas • Biscoitos • Confeitos

EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DO ÁLCOOL NO BRASIL E O PROALCOOL

- Década de 60:
  - 1° qüinqüênio: crescimento em razão de condições extremamente favoráveis do mercado internacional.
  - 2° qüinqüênio: 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

Tipo	*Características*	*Utilização*
ANIDRO	Mistura hidroalcoólica, cujo principal componente é o álcool etílico ou etanol, com teor alcoólico mínimo de 99,3 (^{o} INPM)	• Aditivo oxigenante da gasolina "A" • Matéria-prima da indústria de solventes, tintas e vernizes
HIDRATADO	Mistura hidroalcoólica, cujo principal componente é o álcool etílico ou etanol, com teor alcoólico mínimo de 92,6 (^{o} INPM)	• 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

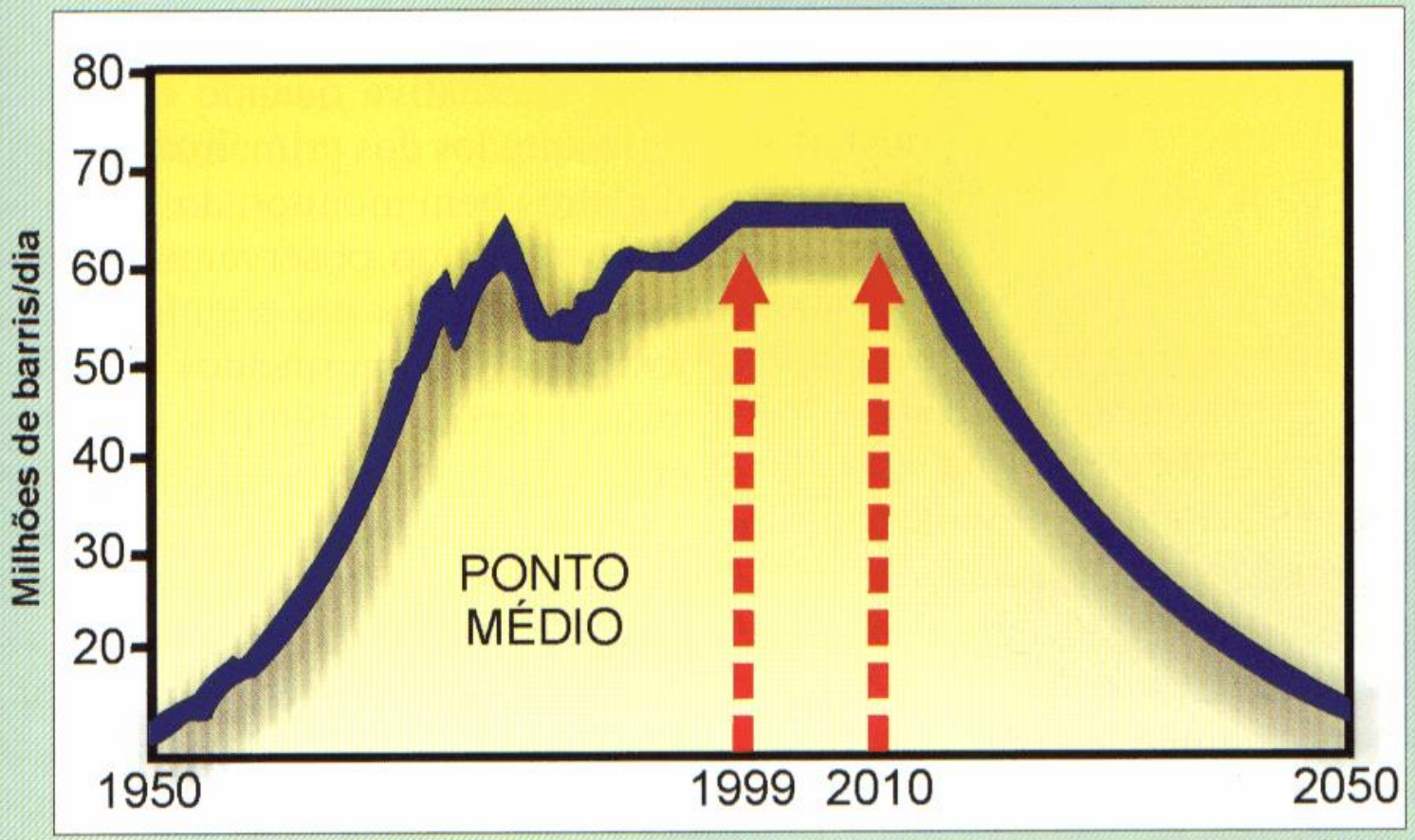
O Brasil tem o menor custo de produção de açúcar e de álcool

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 EXTRAÇAO

Fonte: Petroconsultants

2. MATÉRIA-PRIMA: CANA-DE-AÇÚCAR

- **ASPECTOS GERAIS**

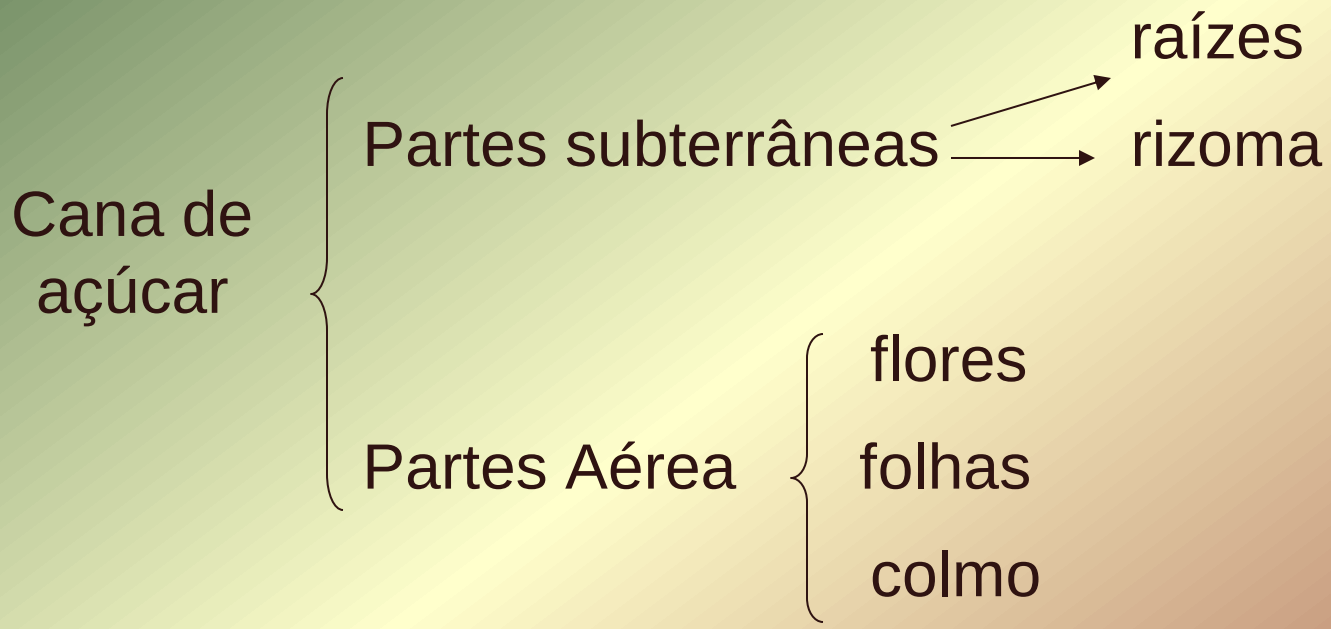
Cana-de-açúcar → família gramíneas (5000 espécies de plantas)

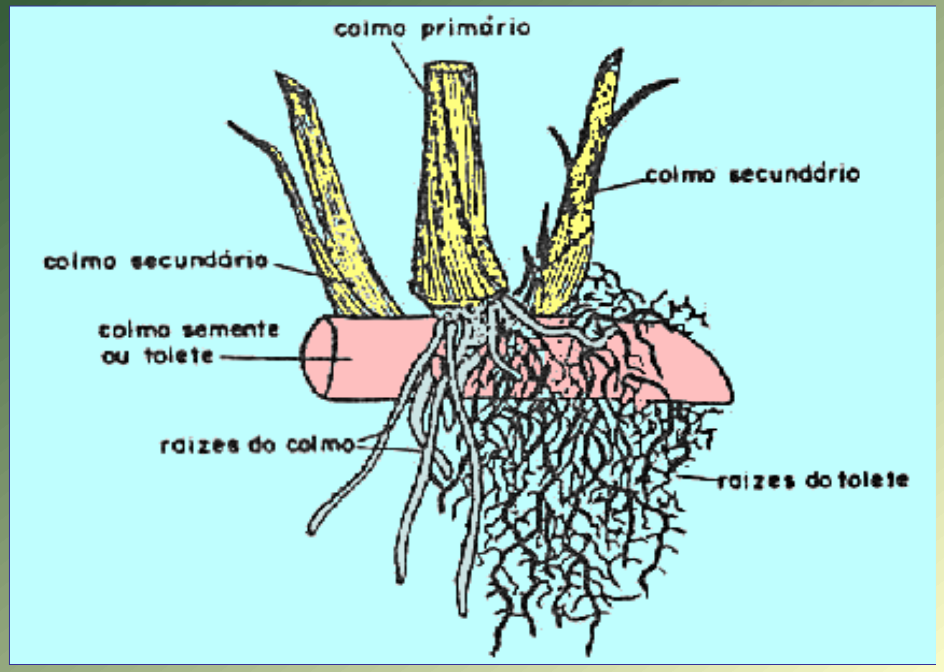


Gênero: Saccharum

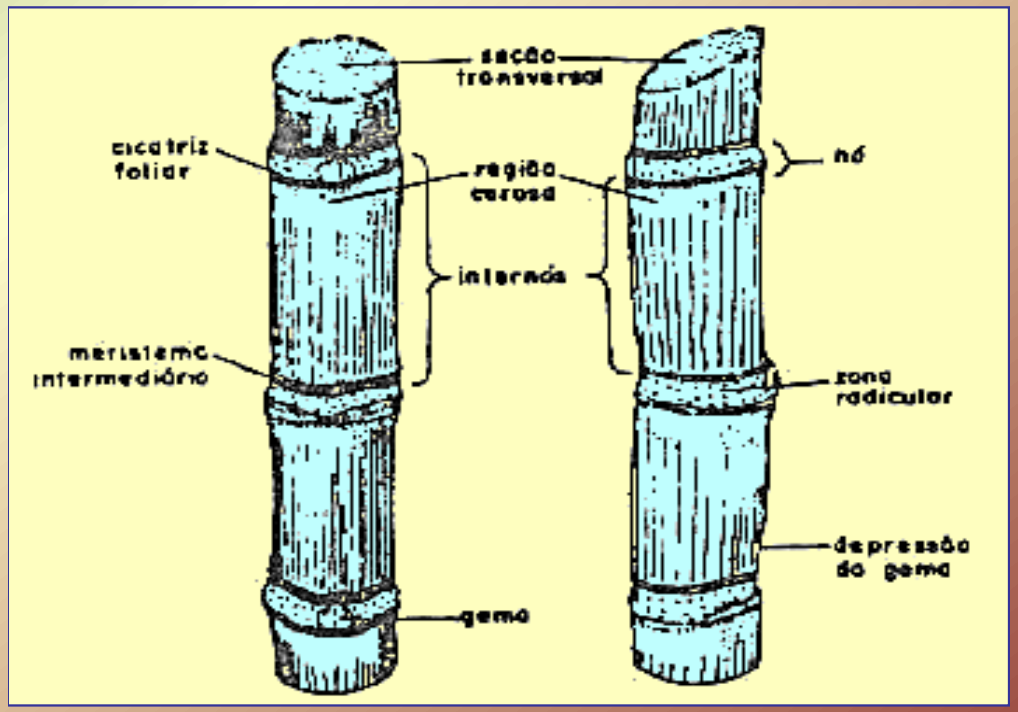
Espécie: *S. officinarum L., S. spontaneum L., S. robustum Jewiet*

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

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow CH_2O + O_2$$

- 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

- colmo
  - Fibra 9 - 16%
    - Celulose
    - Pentosanas (xilana, arabana, etc.)
    - Lignina
  - Caldo 84-91%
    - Água 75-82%
    - Sólidos Solúveis 18-25%
      - Açúcares 15,5 - 24%
        - sacarose 14,5 - 24%
        - glicose 0,2 - 1,0%
        - frutose 0,0 - 0,5%
      - não-açúcares 1 - 2,5%
        - orgânicos 0,8 - 1,8%
          - Aminoácidos
          - gorduras
          - ceras
          - matérias corantes
          - ácidos, etc.
        - inorgânicos 0,2 - 0,7%
          - SiO_2
          - P_20_5
          - MgO
          - Fe_2O_{344}
          - Cl
          - K_20
          - CaO
          - Na_2O
          - SO_3

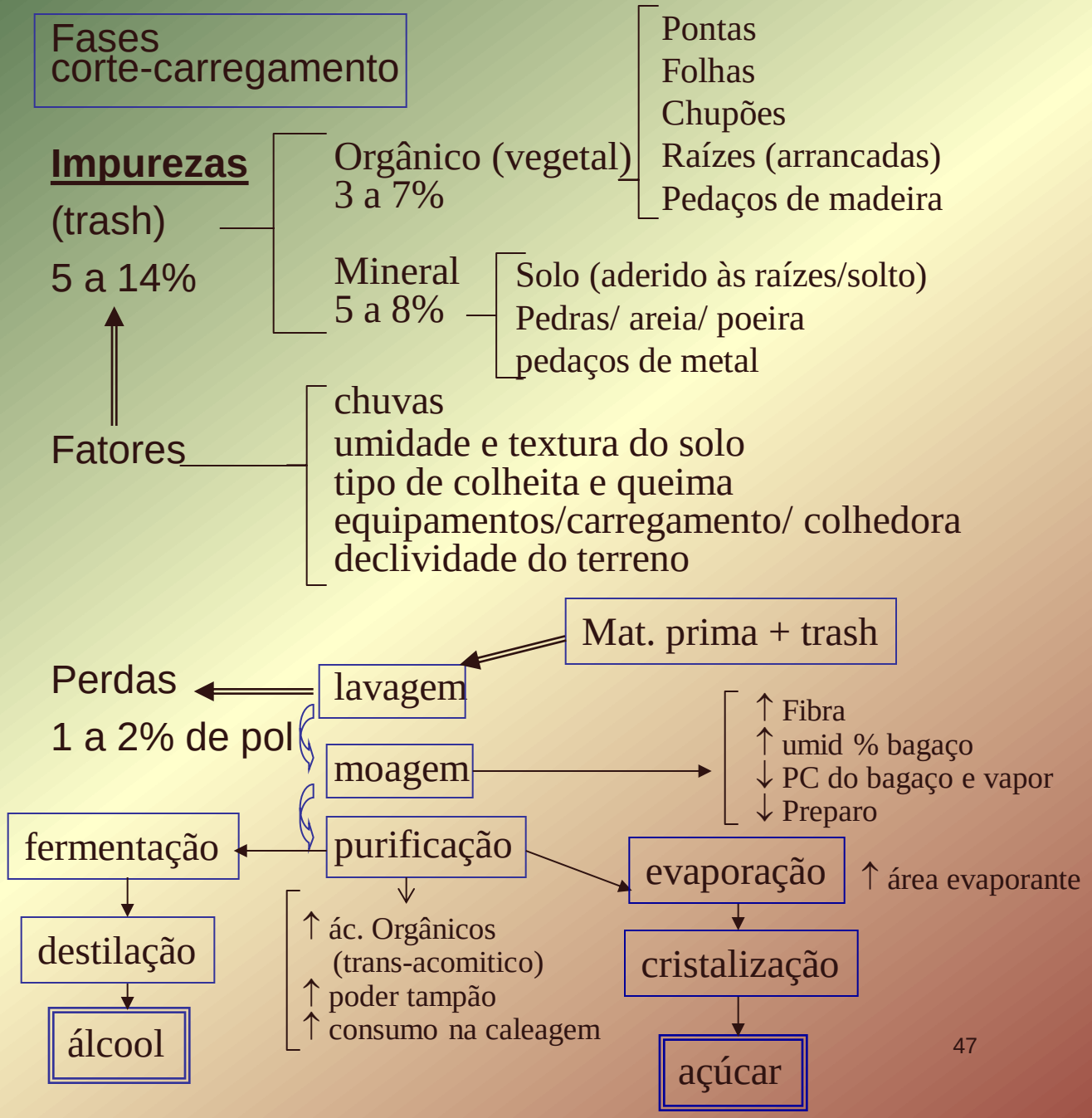
- Composição (varia):
  - Variedade;
  - época do ano (colheita);
  - tipo de colheita
  - queima (frio/quente);
  - carregamento/transporte
  - condição edafoclimática;
  - entre outros.

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



(c) Deteriorações

- Fisiológicas: respiração, ressecamento, brotamento e florescimento
- Tecnológicas:
  - manejo
  - condição do cultivo
- Microbiológicas:
  - Leuconostoc
  - Colletotrichum
  - Pleocyta

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

<u>Geada:</u>

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

focos → extração: caldo { açúcar, pH, t °C
focos → fermentação { açúcar, pH, t °C

dextrana —aglutina→ canjica

- problemas no processo

  - ↓ recuperação do açúcar
  - ↓ velocidade de cristalização
  - afeta a granulometria dos cristais
  - contaminação do processo fermentativo.

  → • Inversão/oxidação
  e
  • processo de purificação
  → • glumos
  • espumas mais persistentes

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

fermentação

- Bactérias gêneros
  - *Bacillus*
  - *Achromobacter*
  - *Flavobacterium*
  - *Micrococcus*
  - *Escherichia coli*
  - *Leuconostoc mesenteroids* e *dextranium*
  - *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 → 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

Usuais — **simples**

- pol
- pureza
- Aç. redutores
- pH
- acidez. total

Não Usuais — **complexos**

- polissacarideos
- materia estranha
- acidez volátil.
- oligossacarideos

CANA QUEIMADA X CANA CRUA

Maior de Brix
Maior teor de Açucares redutores

Infecção mais demorada

- CORTADA
- EM PÉ

Queda da pol % 10 dias

- 1,84%
- 4,92%

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:

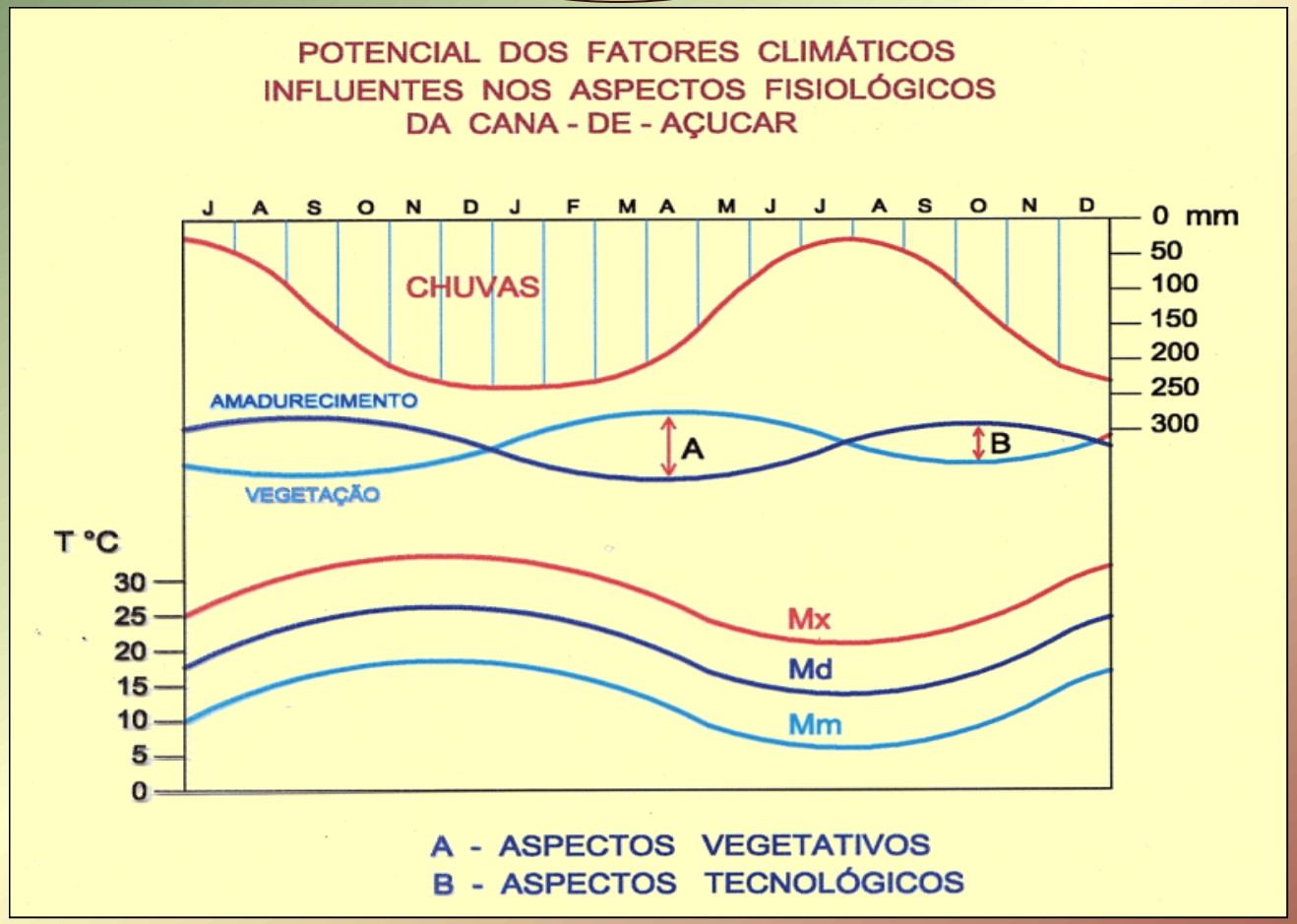
- Teor da fibra: quantitativo e qualitativo → rendimento e qualidade;
- pH do caldo: reflete o grau de contaminação (+ contagem de microrg.)
- Teor da matéria estranha: impurezas (min. e veg.) → fonte de inóculo;
- Teor de sacarose: pol;
- Teor de sólidos solúveis: °Brix.
- Açúcares redutores: glicose + 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

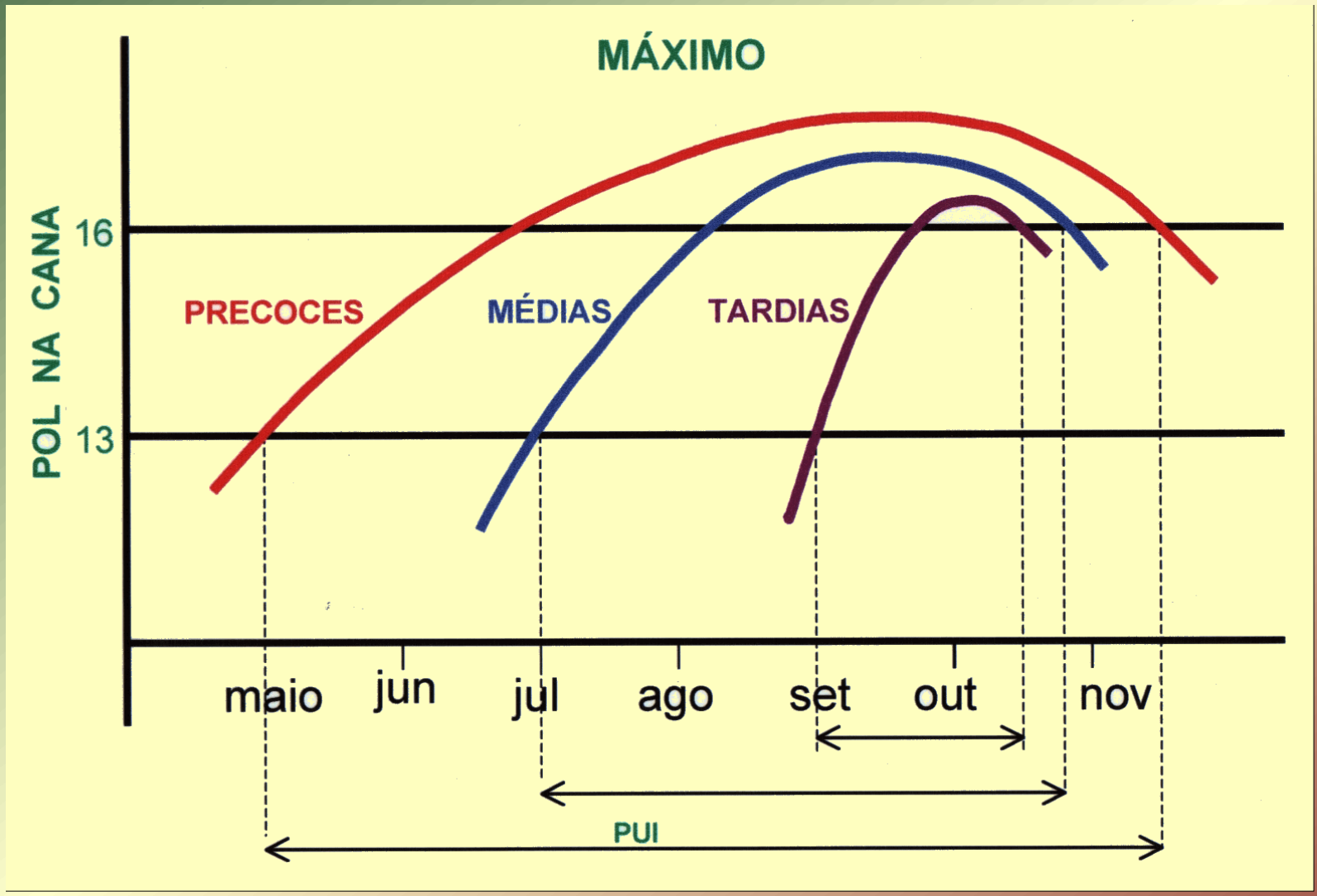
Crescimento vegetativo

Produção de biomassa ⇄ Teor de açúcar

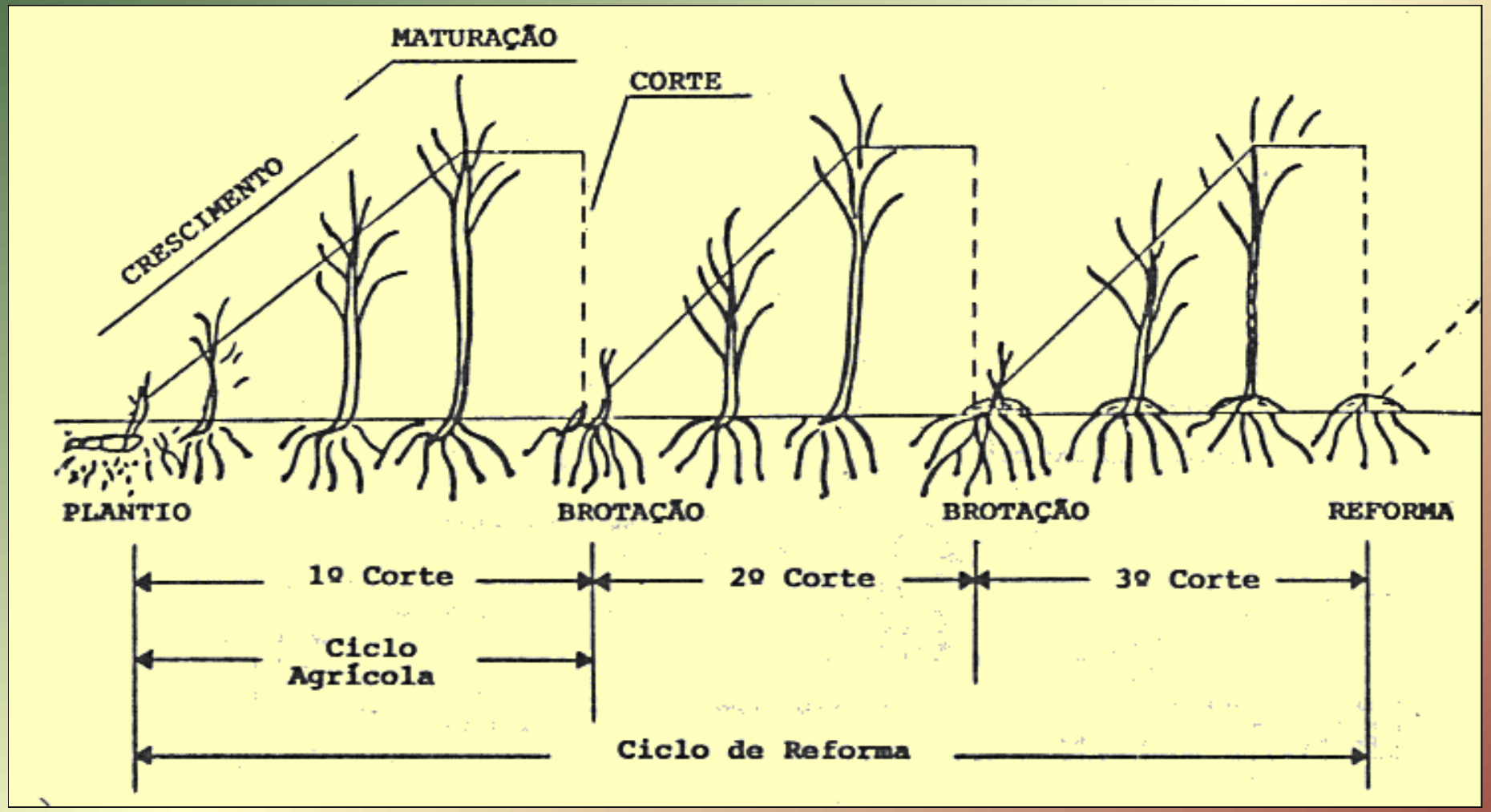
maturação



Comportamento das variedades de cana



Ciclo da cana-de-açúcar e os colmos



Fonte: Fernandes (s.d.).

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)

- Queima
- Colheita de cana
- Carregamento
- Transporte
- Pesagem
- Pagamento
- Descarregamento
- Armazenamento
- Lavagem

manutenção preventiva

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

A. DESPALHA COMO OPERAÇÃO DE PRÉ-COLHEITA

- **despalha** { manual
  fogo

Corte mecânico

Corte manual { 6 a 8t. de cana / cortador / dia
tempo de corte / carregamento $\Rightarrow$ 48h

<u>Precauções da despalha à fogo</u>:

- 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.

<u>Cuidado ambiental</u>: fora do perímetro urbano e a 1Km de área urbanizada

$\Rightarrow$ Cana queimada no chão enleirada

$\rightarrow$ velocidade de deterioração { variedade
estágio de maturação
umidade
temperatura (t ºC)
exsudação da cana (intensidade da queima)
aderência da terra

QUEIMA

Do ponto de vista agronômico, 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 (volatização).

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:

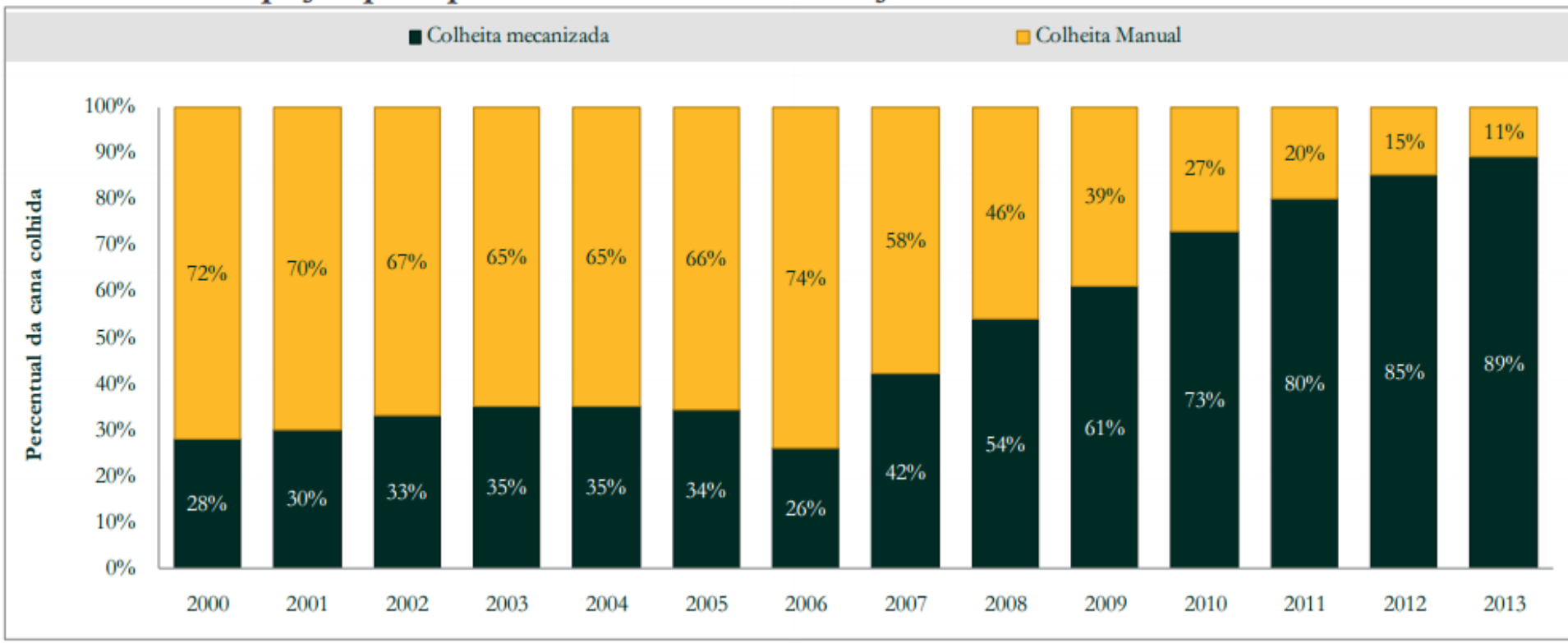
- elimina animais peçonhentos;
- reduz o número de acidentes;
- melhora as condições de trabalho;
- aumenta o rendimento de corte.

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 carreadores, declividade, formato do talhão.

c) Administrativo: manutenção, operador, tipo de transporte, sincronismo e desempenho.

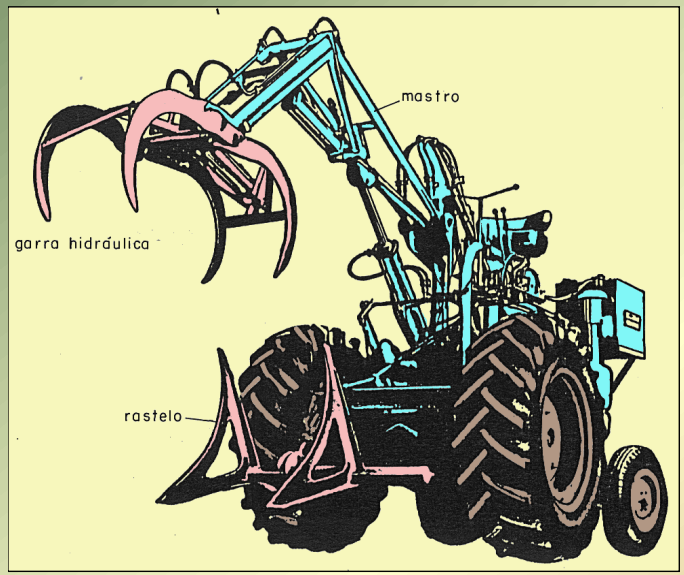


Colheitadeira em cana crua

Carregamento sistemático de corte mecânico



C. CARREGAMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR





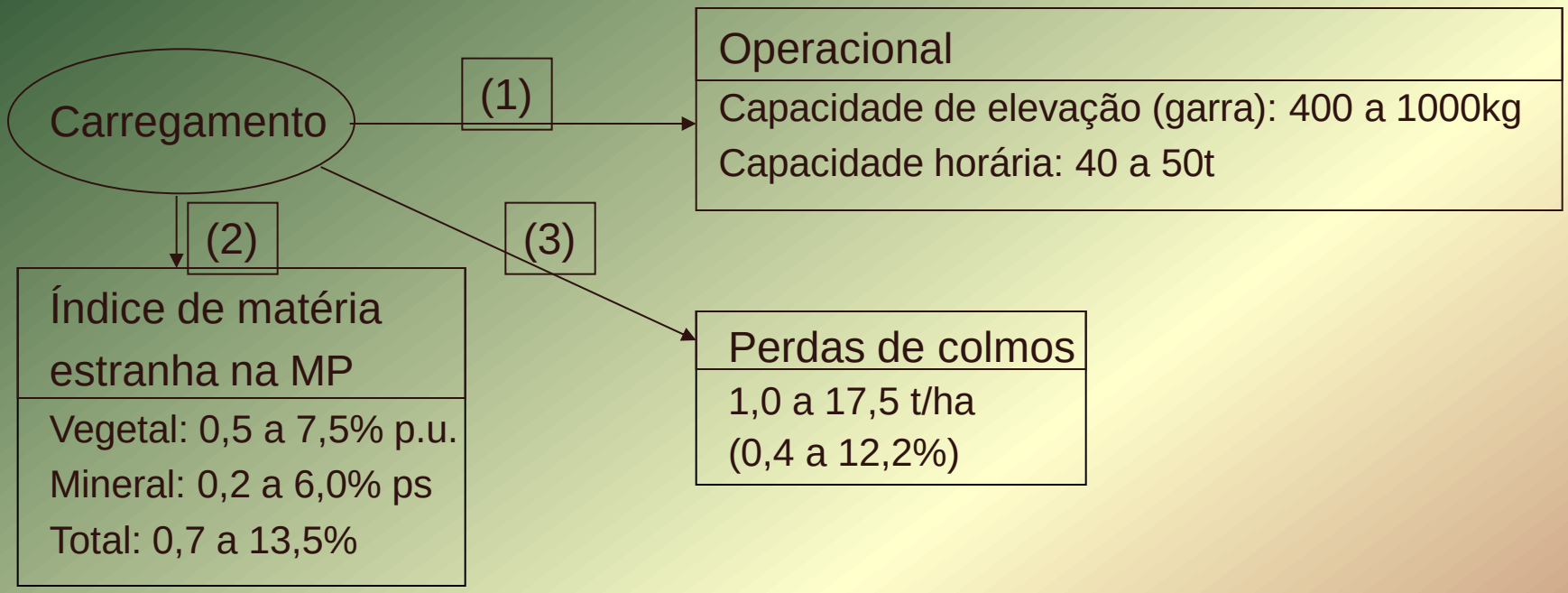




Carregamento de cana queimada



Carregamento de cana integral



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.






01/01/2005 00:05:01

E. PESAGEM DA CANA

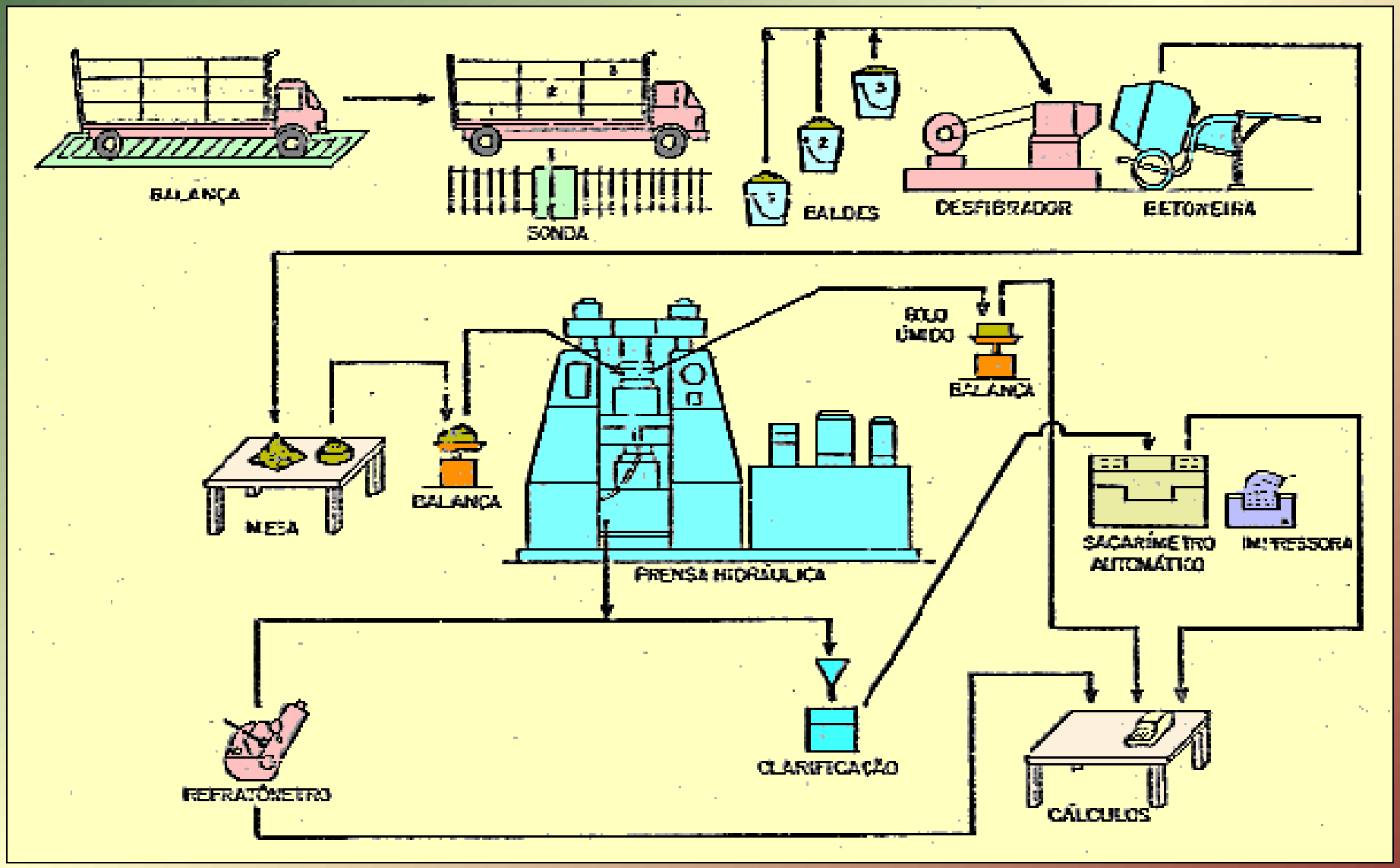
- Objetivos
  - controle agrícola;
  - controle industrial;
  - pagamento de fornecedor;
  - pagamento do transporte.





DETERMINAÇÃO DO SISTEMA DE PAGAMENTO

Fluxograma geral do Processo



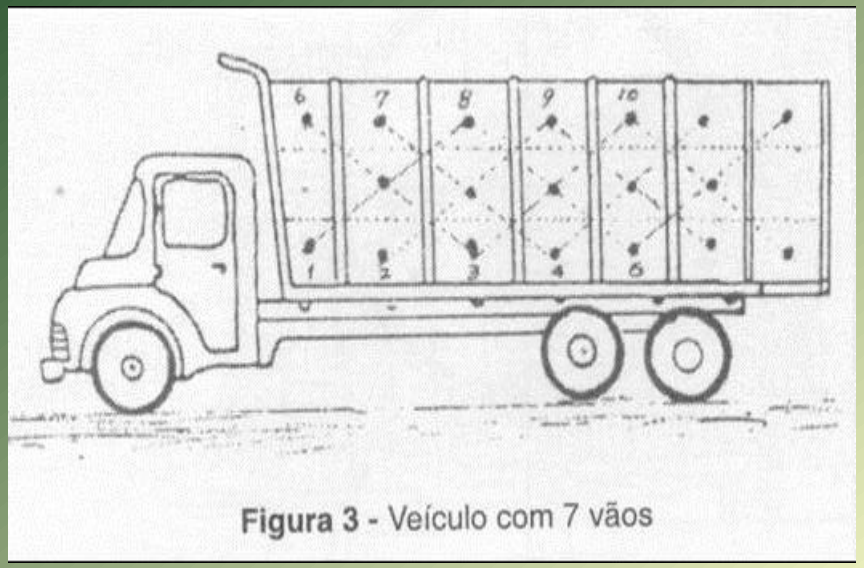
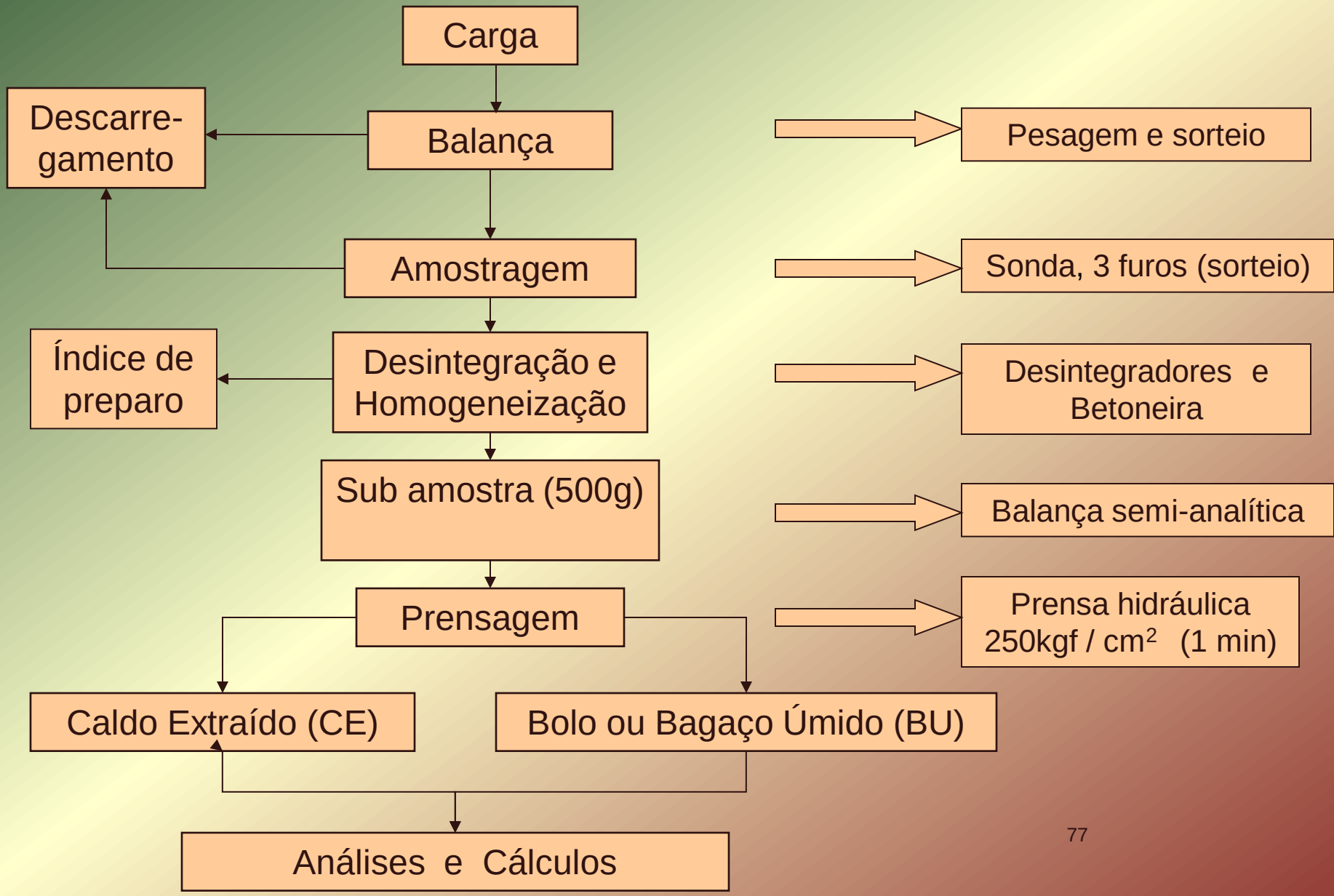


Figura 3 - Veículo com 7 vãos





Sistema PCTS / CONSECANA



SISTEMA DE PAGAMENTO (PCTS)

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

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 $\xrightarrow{oxid.} CO_2 + H_2O$
  - Sacarose $\rightarrow$ 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.

IN → Armazenando 24h } demanda noturna

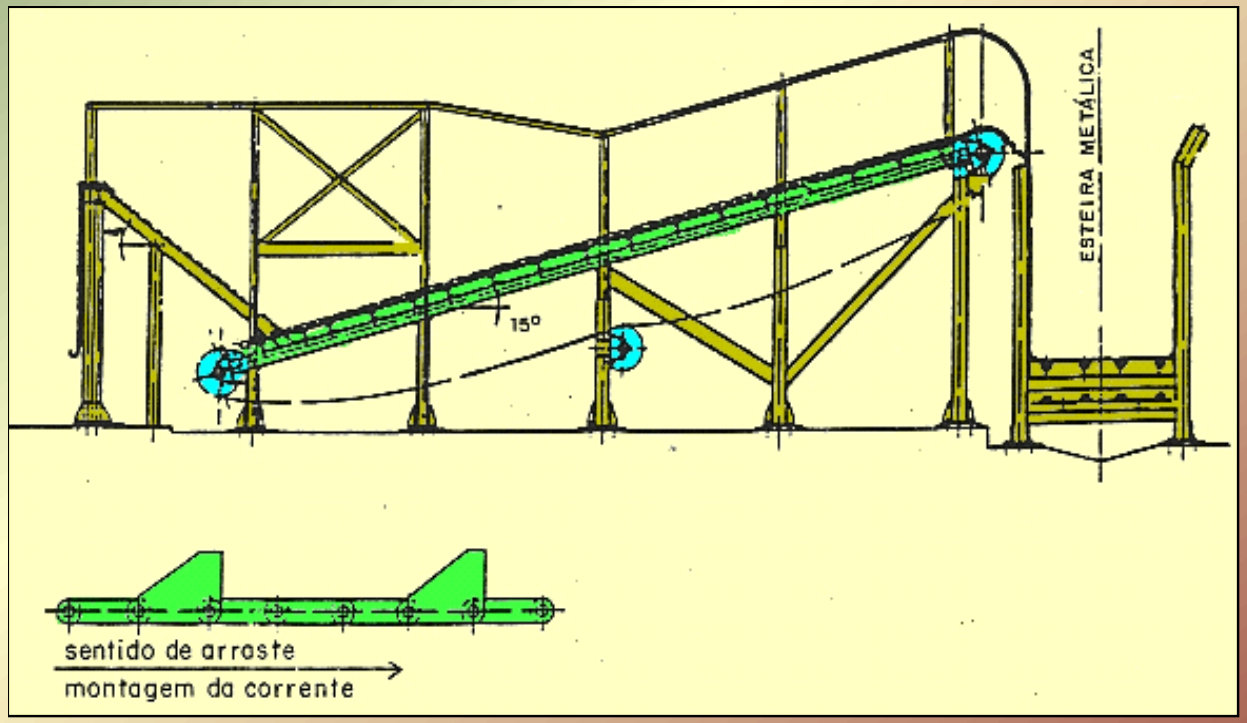
inversão { acidez / t°C / Invertase

→ OUT

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 (~ 2 a 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 <= 2,0%
- excesso - até 10%









CONDUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

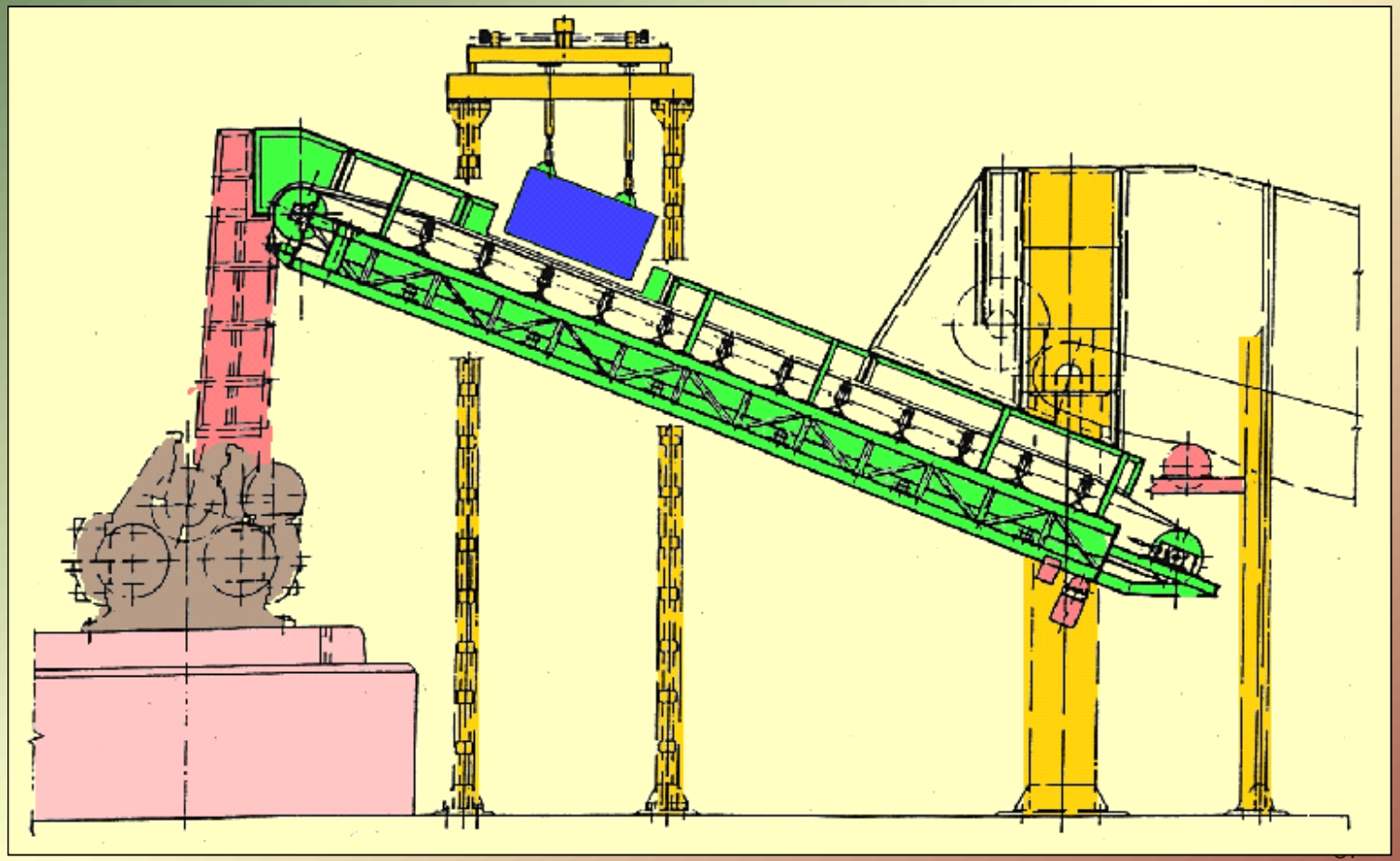
- Após descarregada nas mesas laterais a cana é conduzido para a esteira principal sofrendo intensa desintegração por aparelhos preparadores até chegar a moagem.

- 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).

Referências

- 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.

- http://www.unicadata.com.br/

- http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf

- Usina virtual
  - https://www.youtube.com/watch?v=M0v72GqKYwo