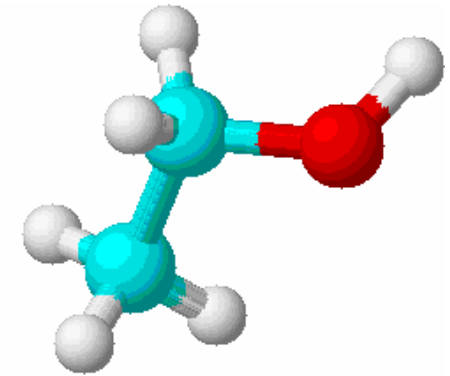
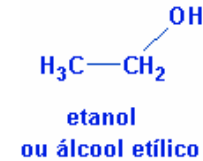


Produção de Etanol



branco = hidrogênio
verde = carbono
vermelho = oxigênio

CARACTERÍSTICAS

- ✓ líquido incolor
- ✓ cheiro característico, volátil, inflamável e solúvel em água
- ✓ ponto de ebulição: 78°C
- ✓ baixo ponto de fusão: -144,1°C

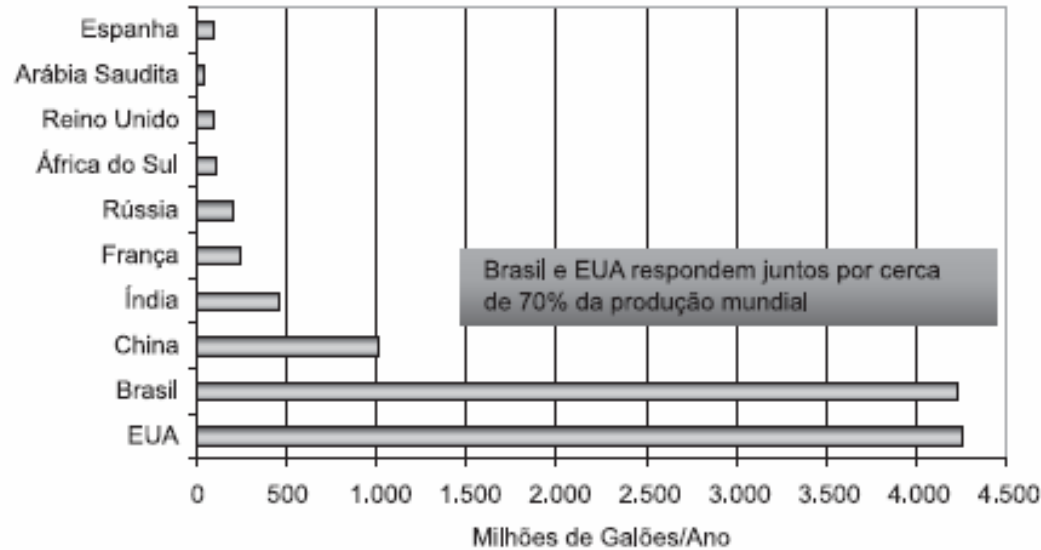
USOS

- ✓ solvente na fabricação de tintas, lacas, vernizes e perfumes
- ✓ combustível
- ✓ preparação de produtos farmacêuticos
- ✓ desinfetante
- ✓ fluido térmico em termômetros abaixo dos -40°C
- ✓ produto de partida para várias sínteses orgânicas:
 - por oxidação origina acetaldeído e depois ácido acético
 - pode ser desidratado para formar éter
 - pode ser usado na síntese do butadieno (borracha sintética)

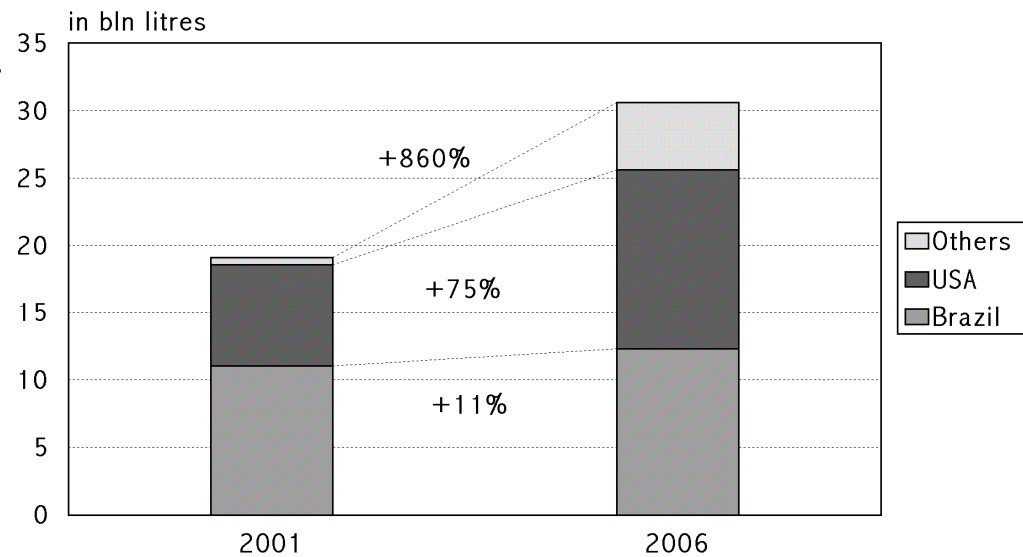
Produção Mundial de Etanol Combustível

Dez Maiores Produtores de Etanol*

(89% da Produção Mundial em 2005)

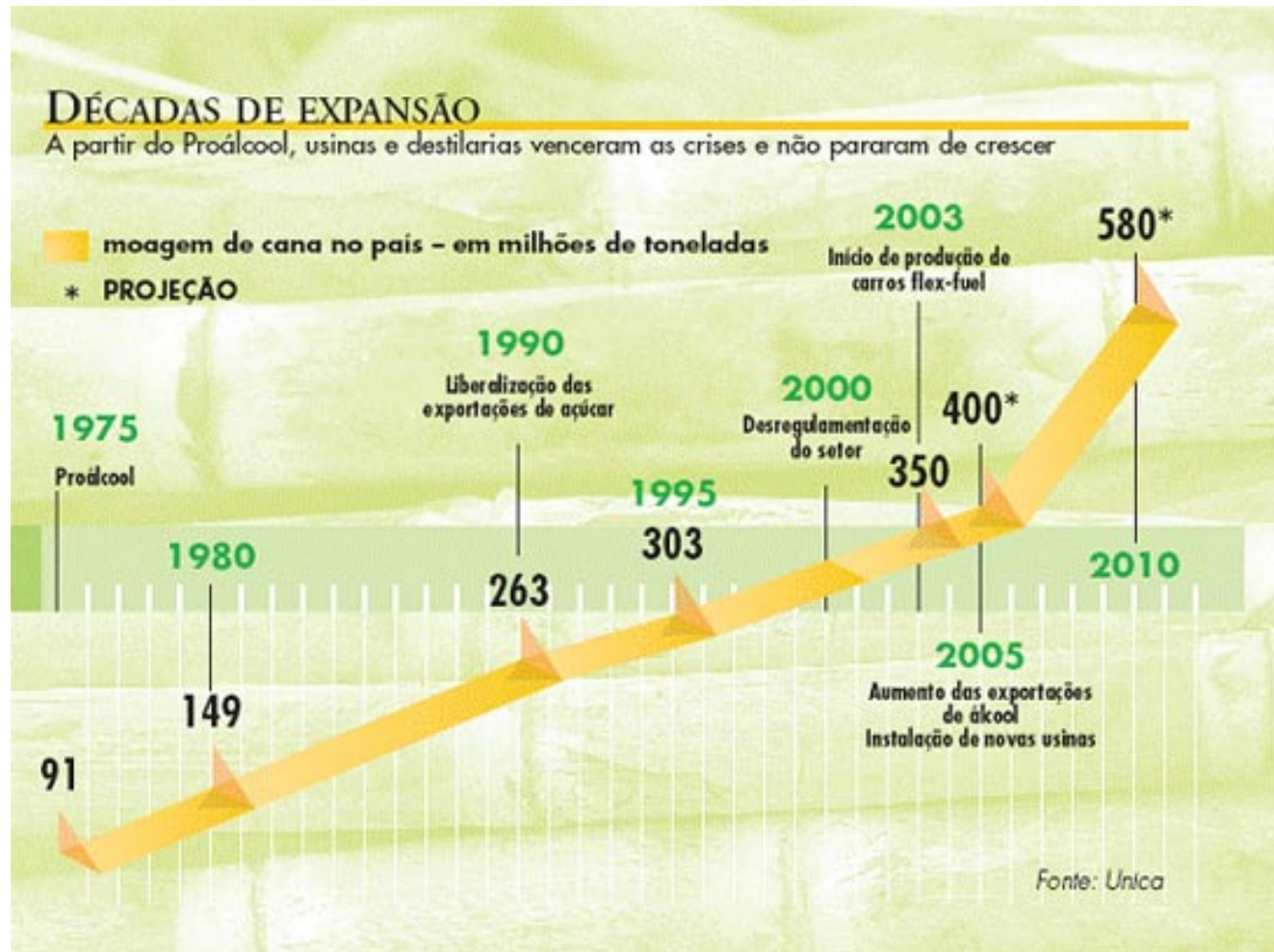


Fonte: RFA (F.O.Licht).



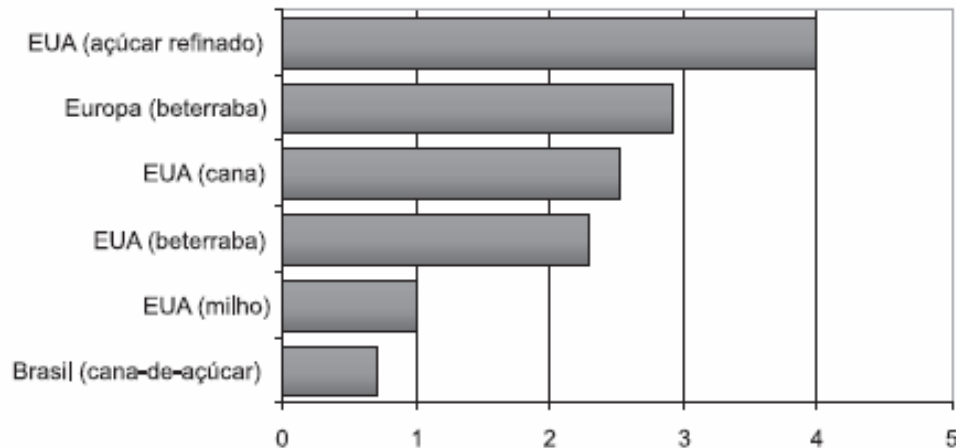
F.O. Licht

Produção de Etanol no Brasil

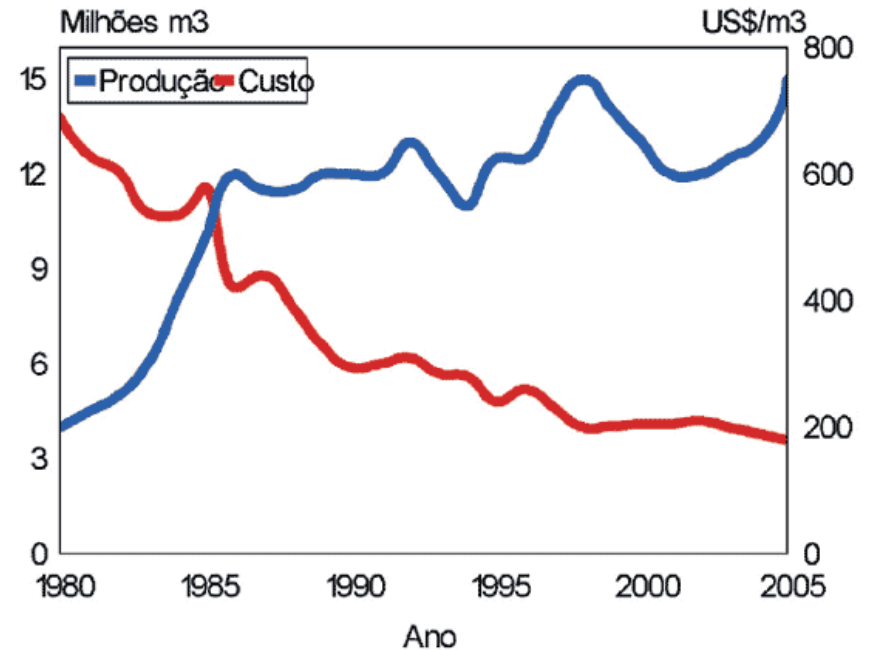


Custos Associados à Produção de Etanol

Custo de Produção do Etanol
(US\$/Galão)



Fonte: USDA.



CUSTOS DE PRODUÇÃO

(*Earth Trends Update*, Março 2007):

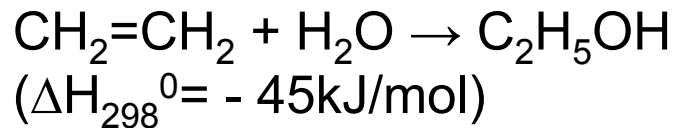
Cana de Açúcar - U\$ 0,34 / L

Milho - U\$ 0,50 / L

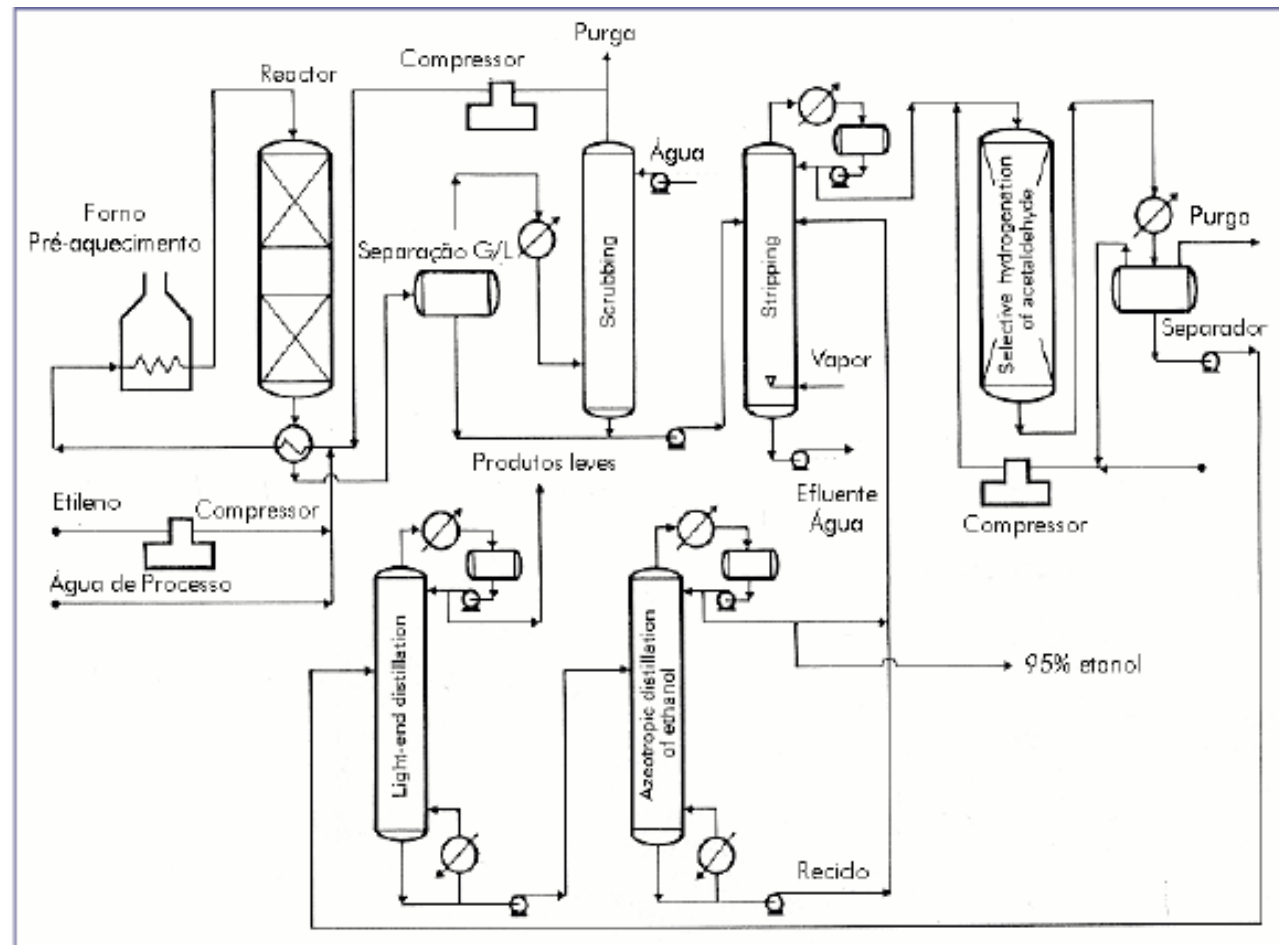
Celulose - U\$ 1,10 / L

Processos Industriais de Produção de Etanol

1. HIDRATAÇÃO DIRETA DO ETILENO



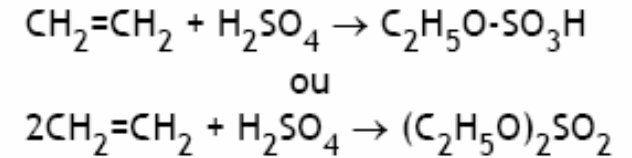
Catalisador:
 H_3PO_4 em suporte
de sílica



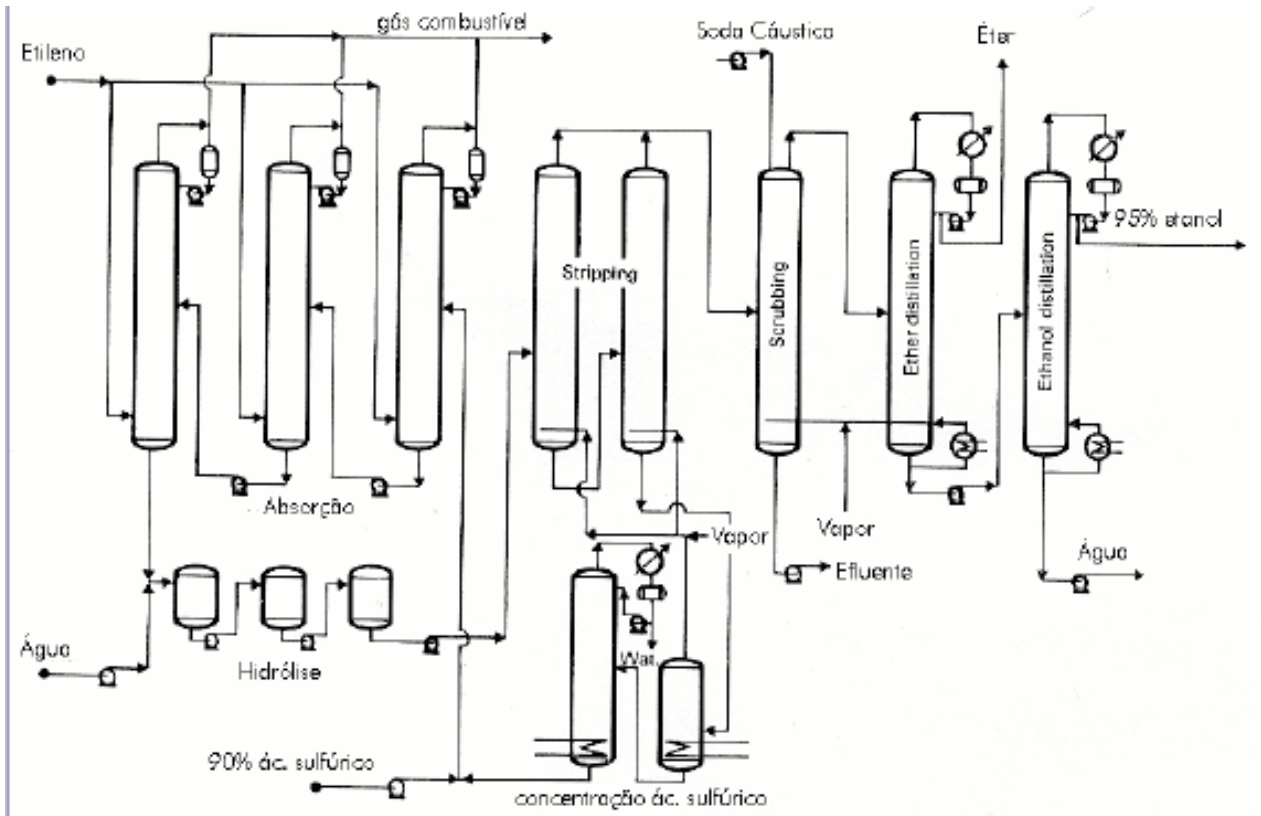
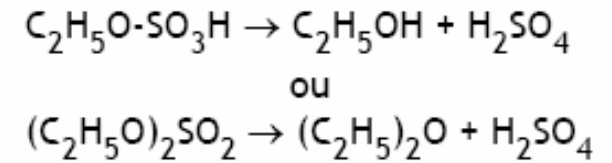
Processos Industriais de Produção de Etanol

2. HIDRATAÇÃO INDIRETA DO ETILENO

Esterificação

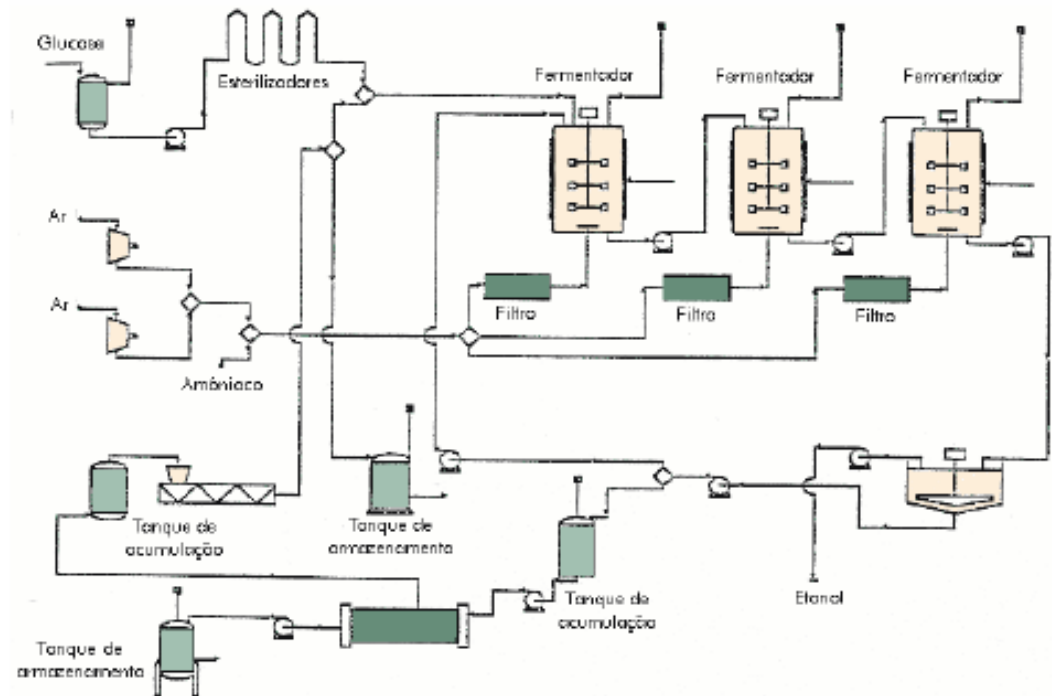
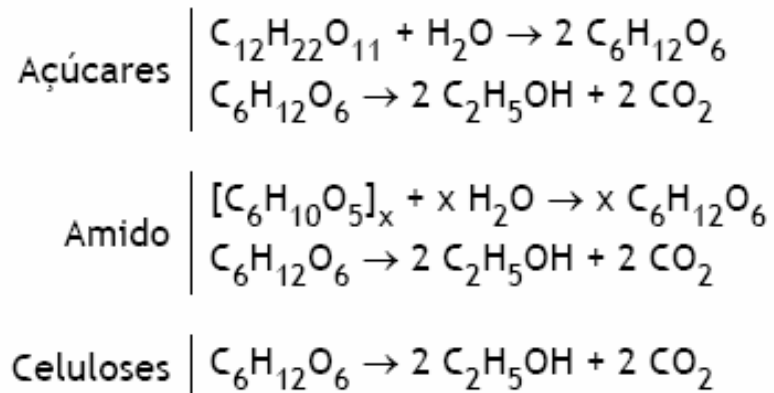


Hidrólise dos ésteres sulfúricos



Processos Industriais de Produção de Etanol

3. FERMENTAÇÃO



Composição das Matérias-Primas

CALDO DE CANA DE AÇÚCAR:

COMPONENTES	VARIAÇÃO(%)	COMPONENTES	VARIAÇÃO (%)
Água	65 - 75	Ácidos combinados	0,10 - 0,15
Pentosana	1,75 - 2,25	Fibra	8 - 16
Açúcares	12 - 18	Ácidos livres	0,10 - 0,15
Matérias minerais: Si, K, Ca, Mg, Na, etc	0,10 - 0,80	Matérias nitrogenadas: aminoácidos, amidas, albuminódes, nitratos	0,20 - 0,60
Sacarose	11 - 18	Celulose	5,00 - 6,50
Glicose	0,20 - 1,00	Pento-hexosanas	0,25 - 0,75
Gorduras e Cêras	0,15 - 0,25	Lignina	1,50 - 2,50
Frutose	0,00 - 0,60	Vitaminas	não dosadas

MELAÇO:

62% de açúcares (32% de sacarose, 14% de glicose, 16 % frutose)

20% de água

8% de cinzas

3% de matérias nitrogenadas

7% de outros componentes (gomas e ácidos)

Composição das Matérias-Primas

MILHO:

59 - 70% de extrativos não nitrogenados

9 - 15% de água

1,5 - 8,5% de material celulósico

1,3 - 4% de cinzas

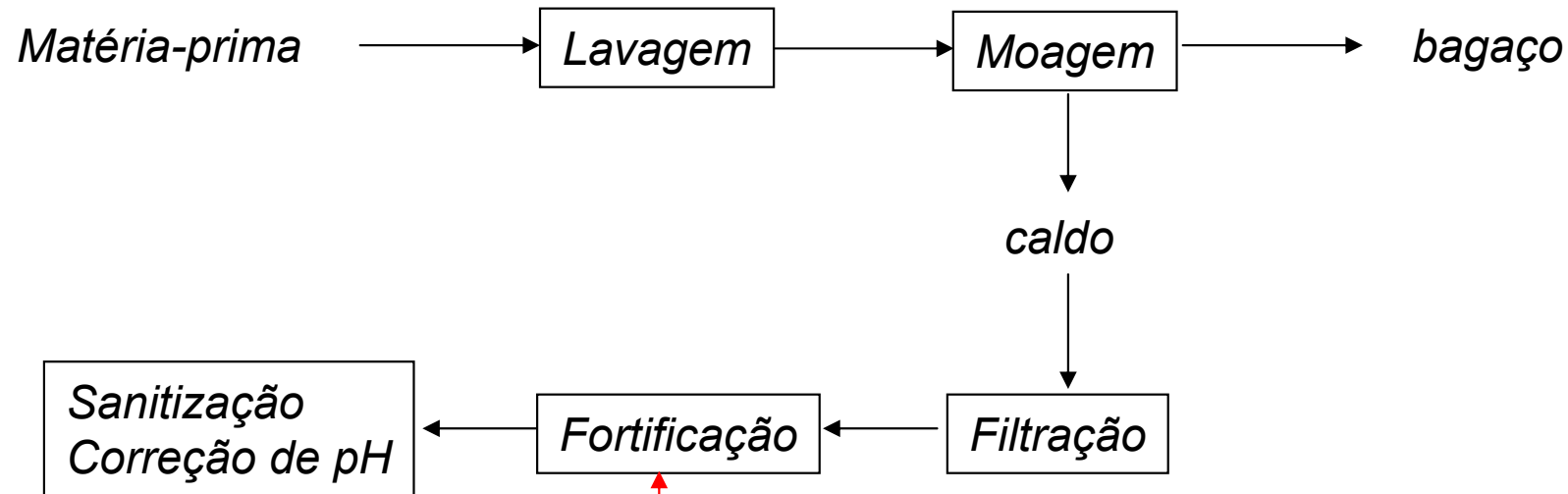
Raw Material	Production / ha (kg)	Quantity of Product (liter of Ethanol)	Quantity of Ethanol / ha
SUGAR CANE	85,000	12 kg	7,080 liter
CORN	10,000	2,8 kg	3,570 liter

RESÍDUOS CELULÓSICOS (PALHA DE CANA DE AÇUCAR):

Celulose	45,1%
Hemicelulose	25,6%
Lignina	12,7%
Outras Matérias Orgânicas	4,3%
Cinzas	8,0%
Umidade	9,7%

Tratamento das Matérias-Primas

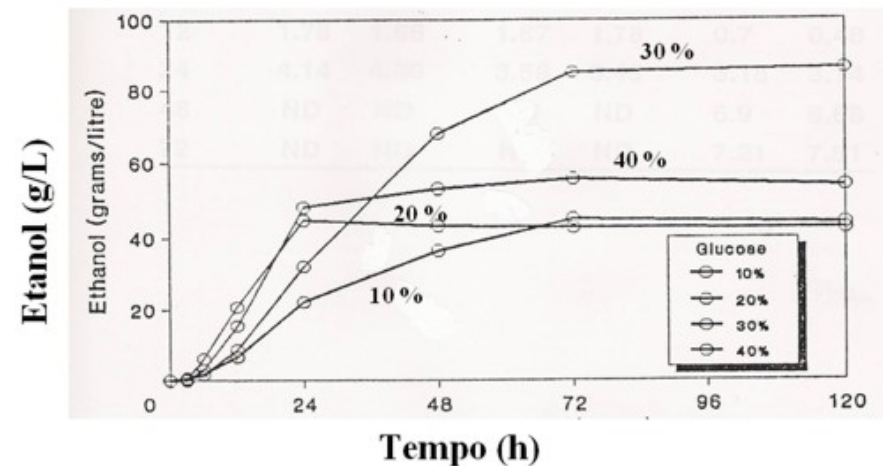
1. SACARÍNEAS (cana de açúcar)



Melaço

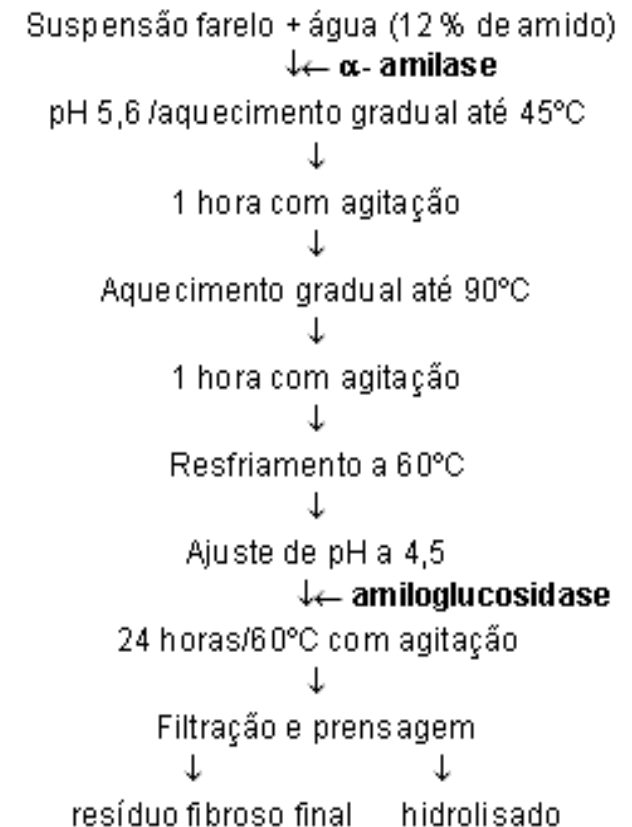
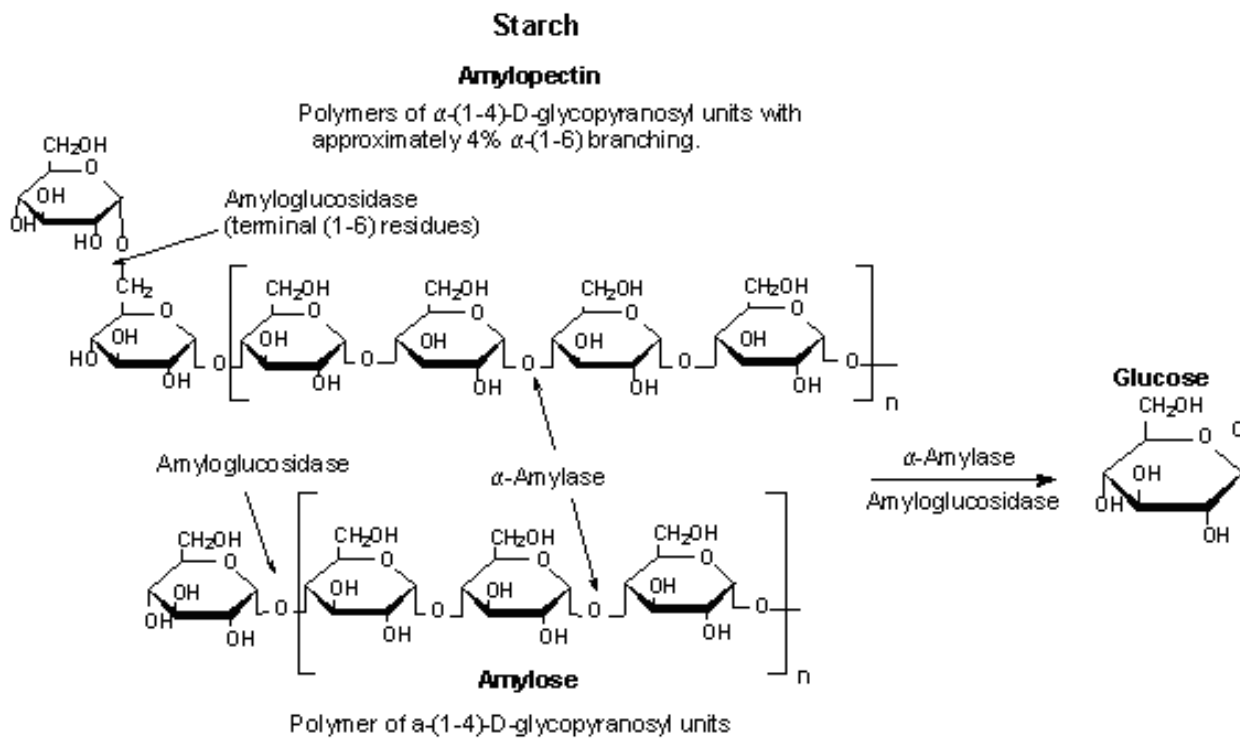
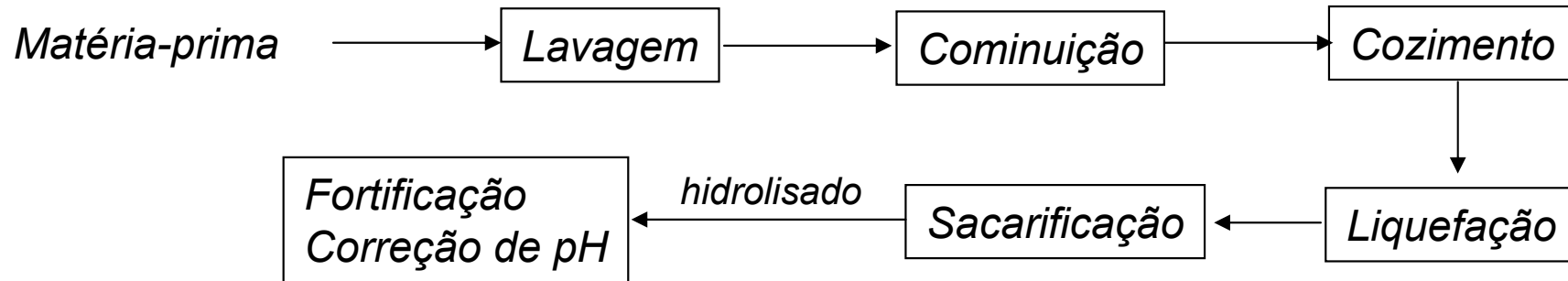
Diluição

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE



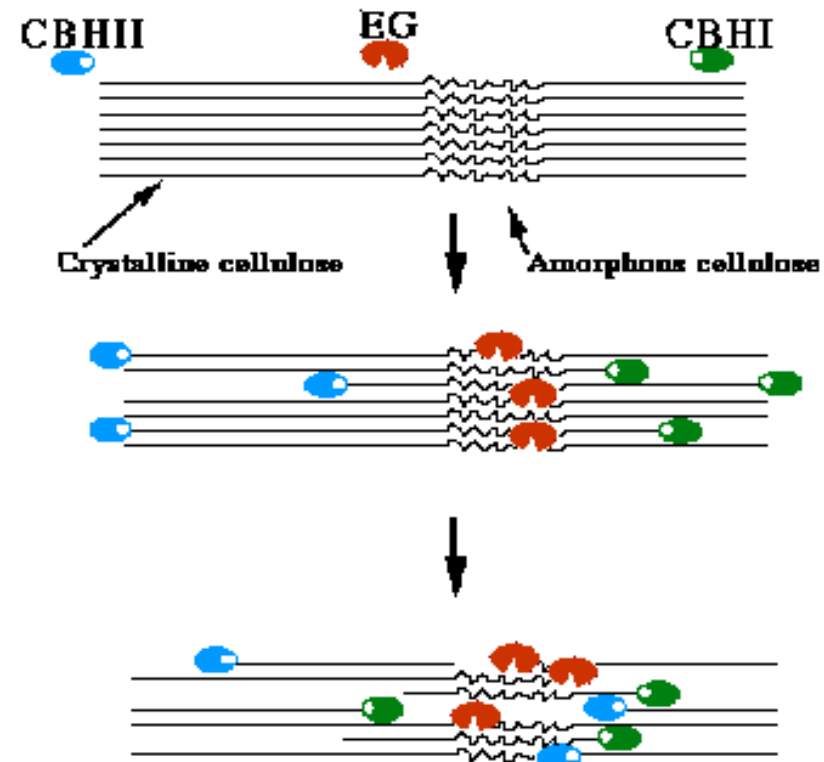
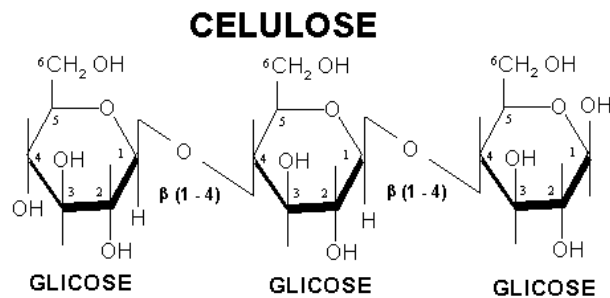
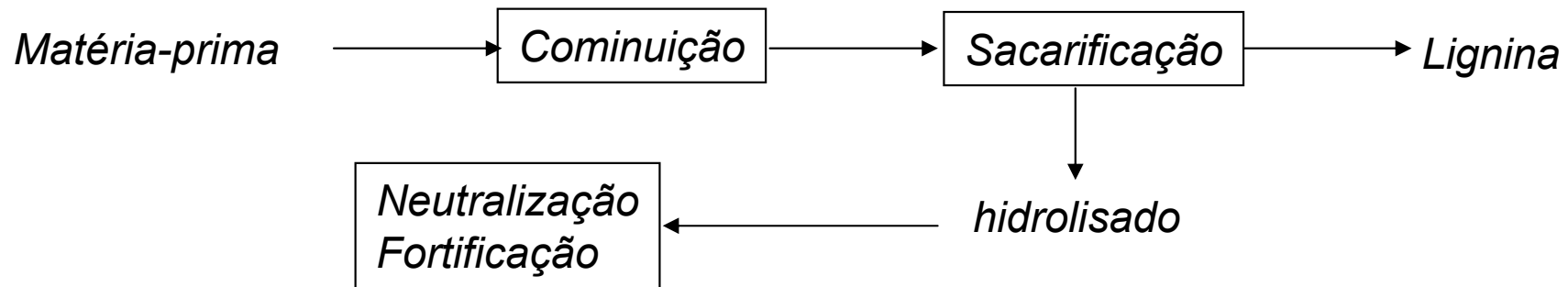
Tratamento das Matérias-Primas

2. AMILÁCEAS (milho)



Tratamento das Matérias-Primas

3. CELULÓSICAS



Alguns Microrganismos Produtores

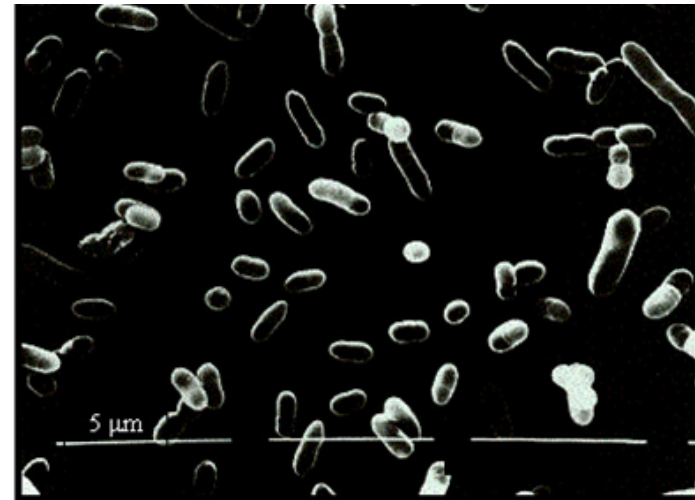
BACTÉRIAS:

Zymomonas mobilis

Erwinia amylovora

Spirocaheta litoralis

Thermanaerobacter ethanolicus

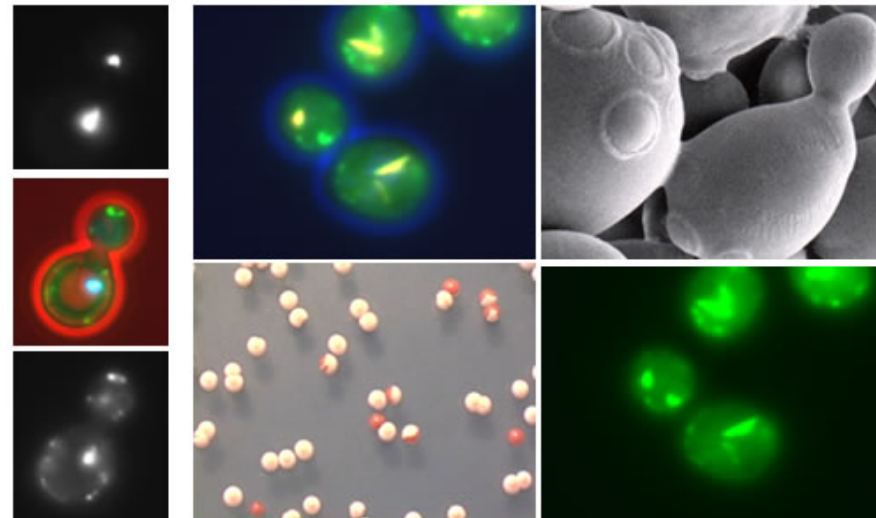


LEVEDURAS:

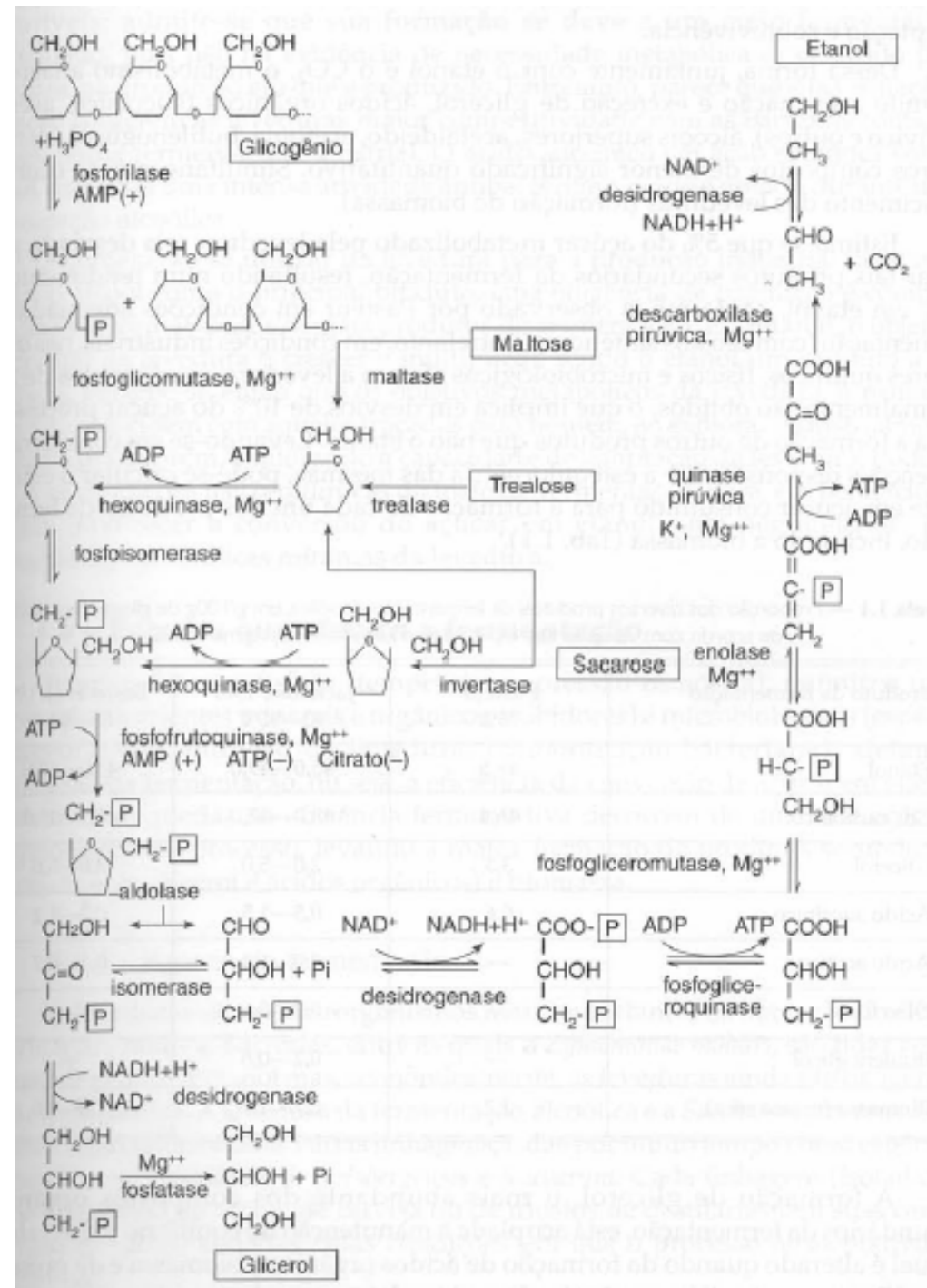
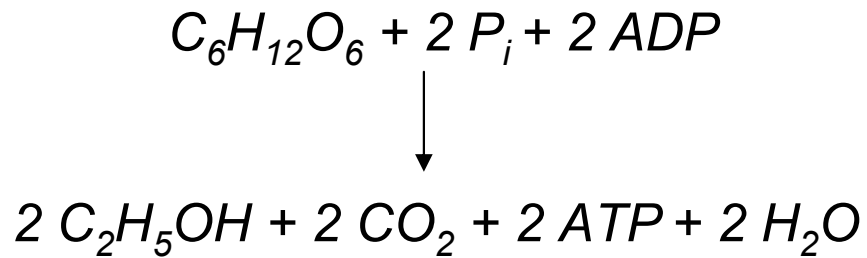
Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces ellipsoideus

Schizosaccharomyces pombe



Metabolismo

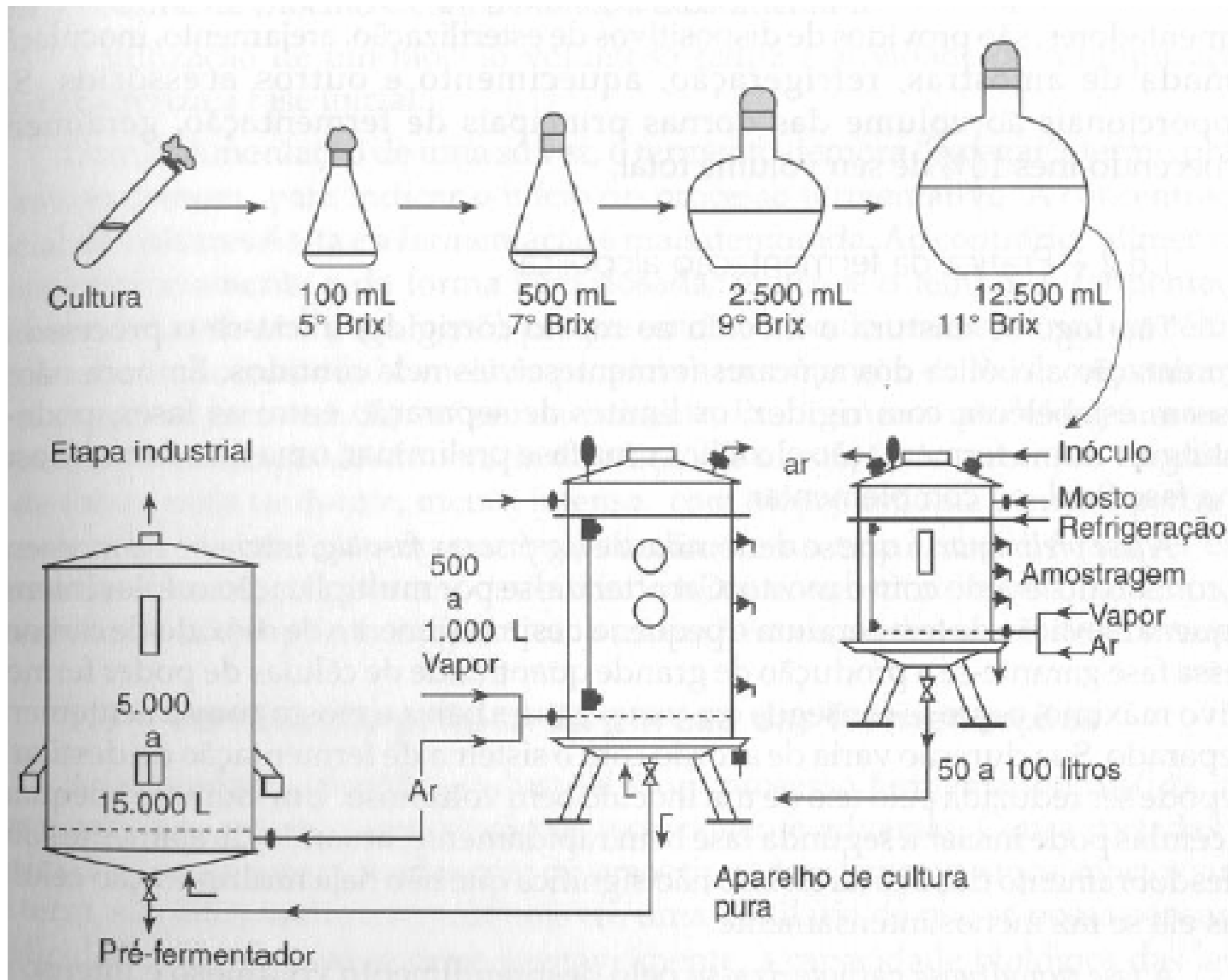


Produtos de Fermentação

Proporção dos diversos produtos da fermentação alcoólica, em g/100g de glicose metabolizada, de acordo com várias fontes e para diferentes eficiências fermentativas

Produto da fermentação	Pasteur 95%	Jackman, 1987 90—95%	Basso et al. 1996 85—92 %
Etanol	48,5	45,0—49,0	43,0—47,0
Gás carbônico	46,4	43,0—47,0	41,0—45,0
Glicerol	3,3	2,0—5,0	3,0—6,0
Ácido succínico	0,6	0,5—1,5	0,3—1,2
Ácido acético	—	0,0—1,4	0,1—0,7
Óleo fúsel	—	0,2—0,6	—
Butilenoglicol	—	0,2—0,6	—
Biomassa (massa seca)	1,2	0,7—1,7	1,0—2,0

Preparo do Inóculo



LINHAGENS SELVAGENS x SELECIONADAS

Fermentação

FASES:

- a) lag – adaptação celular
- b) tumultuosa – grande liberação CO_2
- c) final – pequena quantidade de açúcar (0,5%); baixa produção CO_2

FORMAS DE CONDUÇÃO:

Batelada

Semi-contínuo

Contínuo (múltiplo estágio / reciclo células)

CONDIÇÕES

Processo exotérmico

pH = 4.5 a 5.0

tempo de processo \cong 24h

CONTROLES

Substrato consumido (inicial e final)

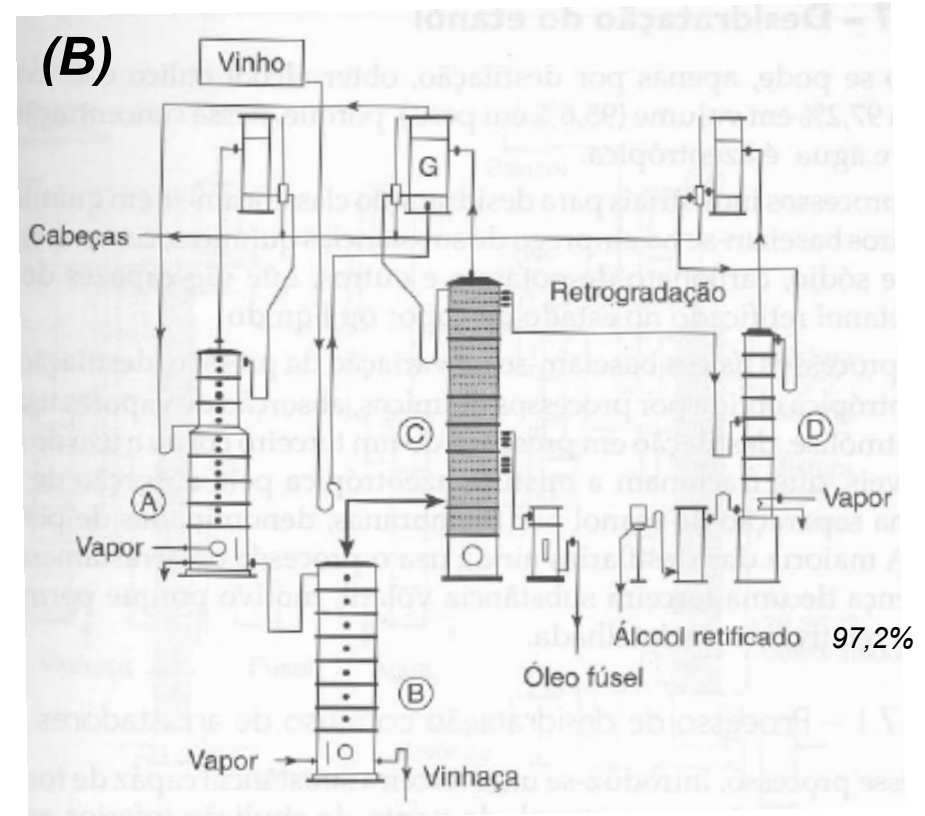
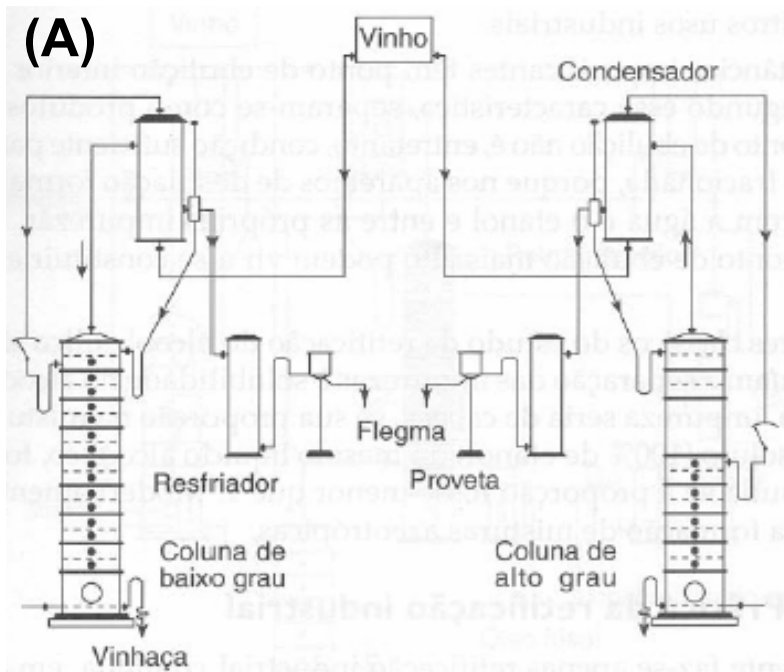
Etanol produzido

Pureza da fermentação



Recuperação

- (A) destilação
- (B) destilação + retificação
- (C) destilação + retificação + desidratação



Destilação Descontínua (ou simples):

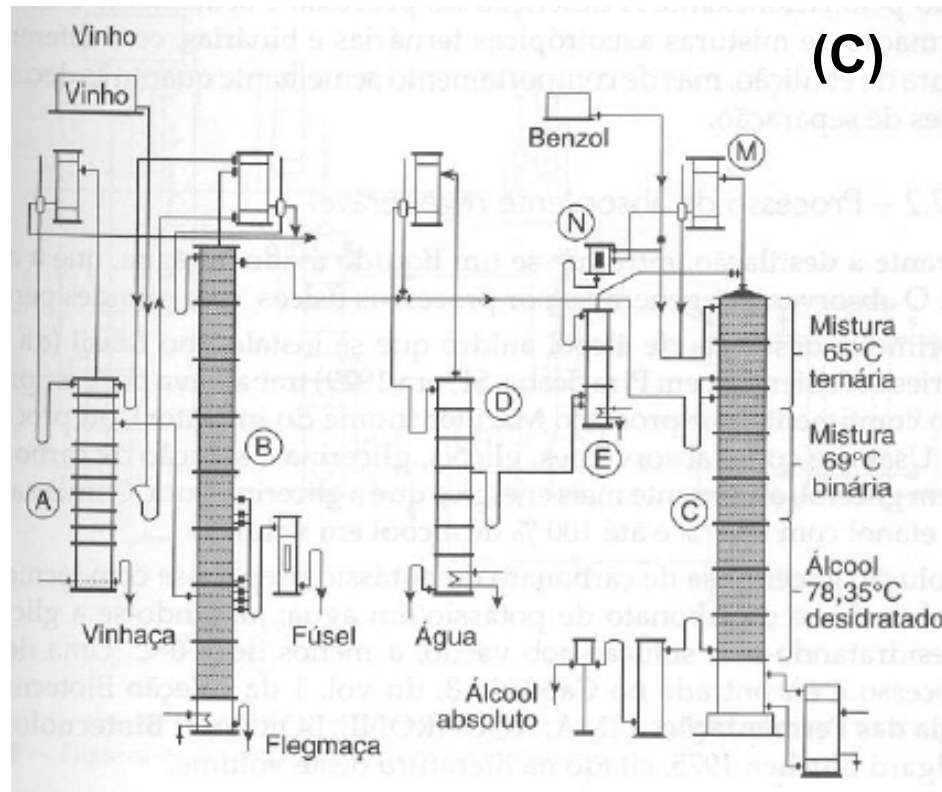
Cabeça – água, etanol, bases voláteis, aldeídos e ácidos

Coração – água e etanol com menores impurezas voláteis

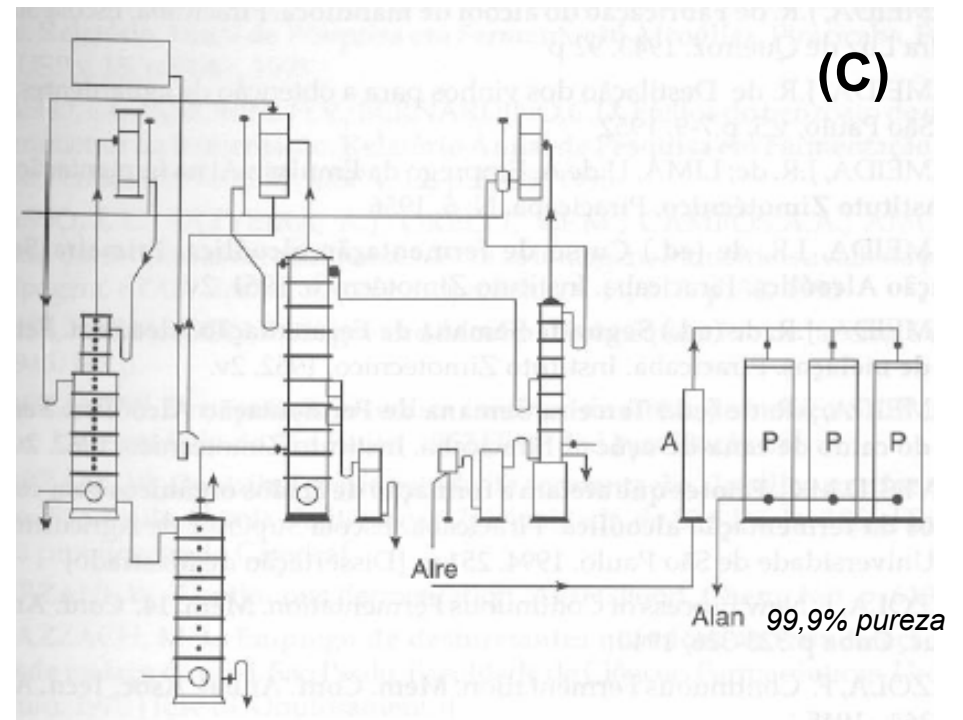
Cauda – água, etanol, impurezas menos voláteis (álcoois superiores)

Recuperação

- (A) destilação
- (B) destilação + retificação
- (C) destilação + retificação + desidratação



com Benzol ou Ciclohexano – forma misturas azeotrópicas ternárias e binárias



Com Peneiras Moleculares

Cálculo de Rendimentos

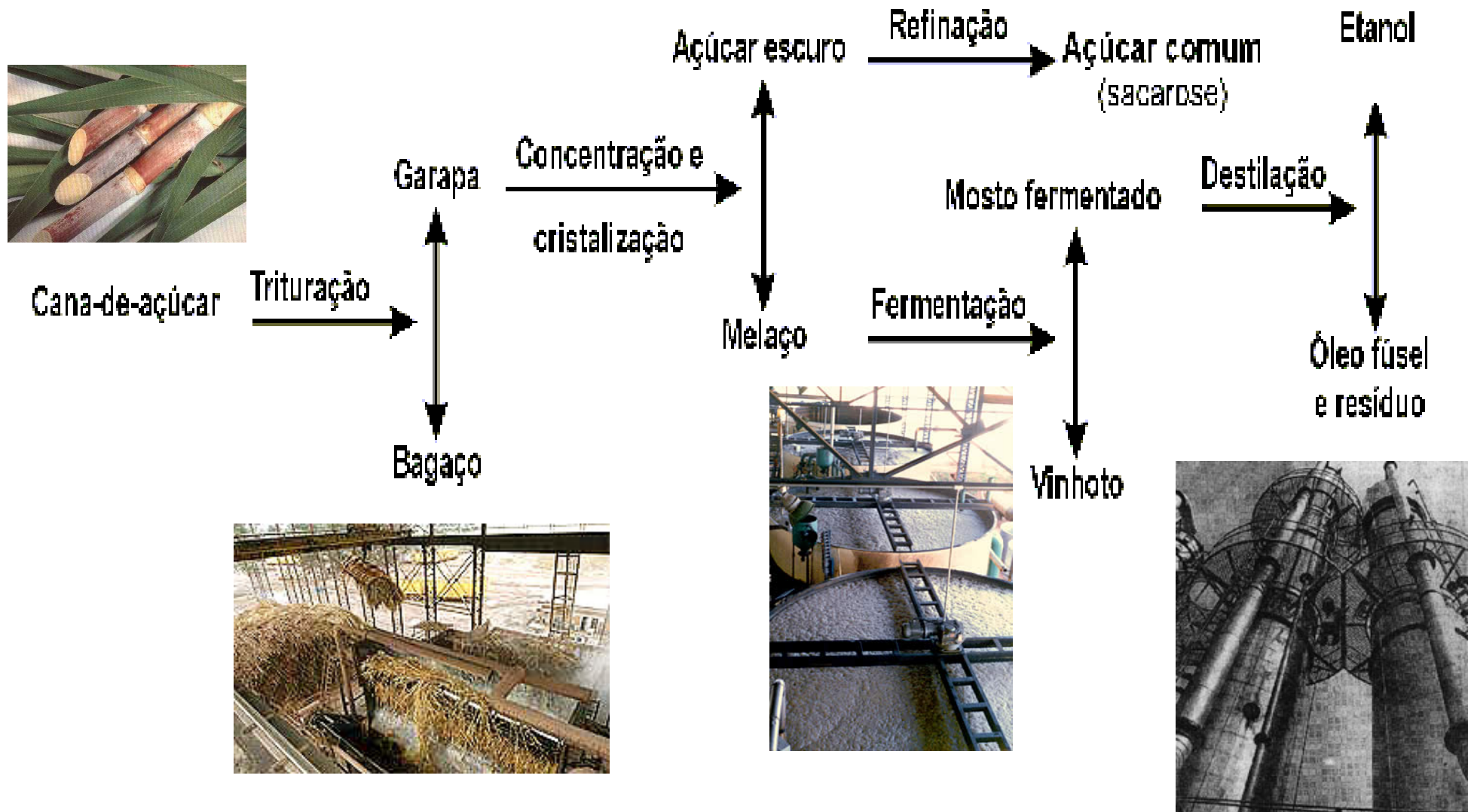
*Rendimento = (produto **final**) / (peso MP ou S inicial)*

*Eficiência do Processo = (produto **obtido** * 100) / (produto teórico a partir S **inicial**)*

*Eficiência de Fermentação = (produto **obtido** * 100) / (produto teórico a partir S **consumido**)*

*Eficiência de Instalação = (produto **recuperado** * 100) / (produto teórico a partir S **inicial**)*

Fermentação a partir de cana de açúcar



Produção de *Etanol* acoplada a de *Açúcar*

1000 kg
cana de açúcar



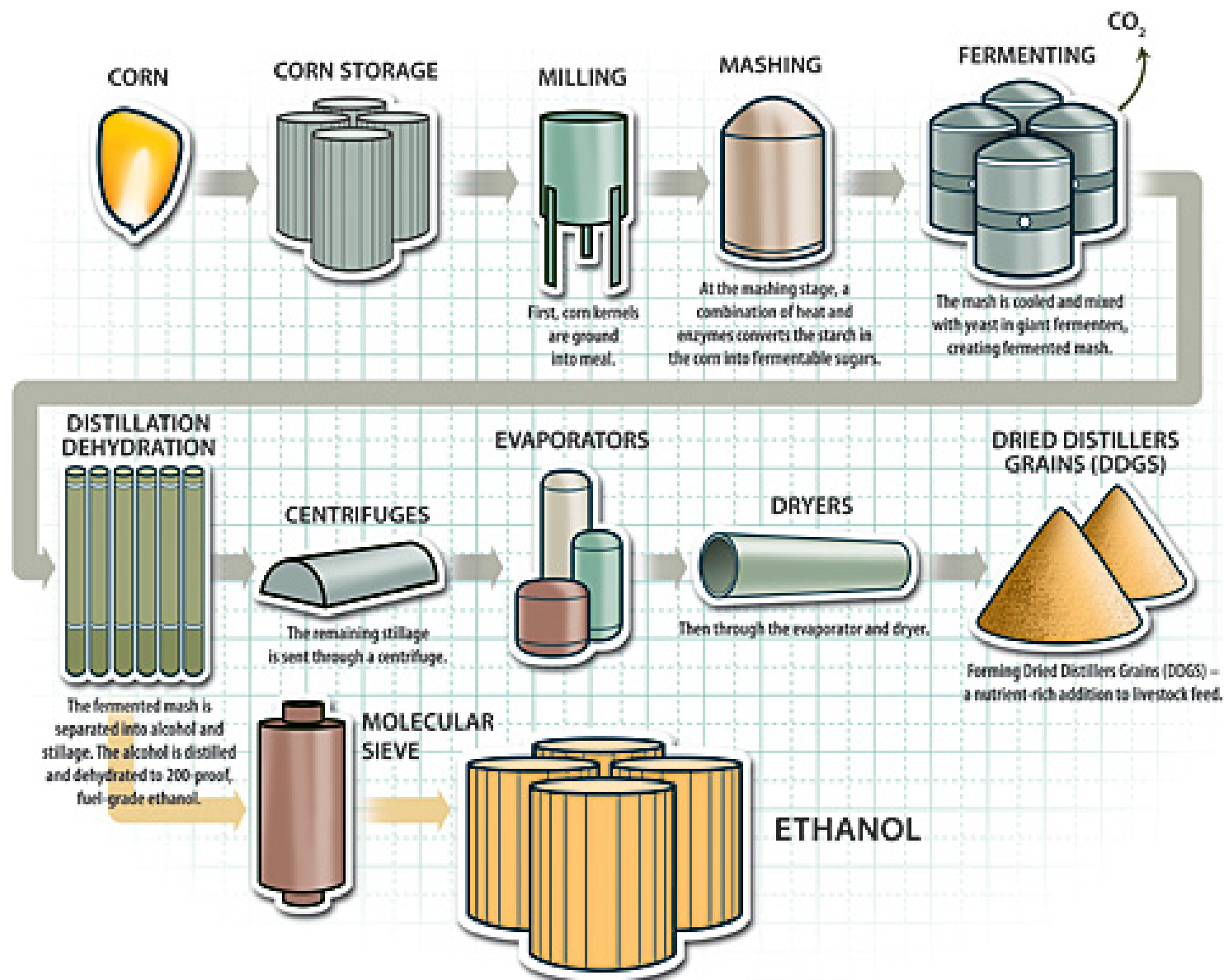
70 L álcool
910 L vinhoto

90 kg
açúcar



12 L álcool
156 L vinhoto

Fermentação a partir de milho



Fermentação a partir de celulose

