

Álcool Combustível



Tecnologia da Fabricação de Etanol

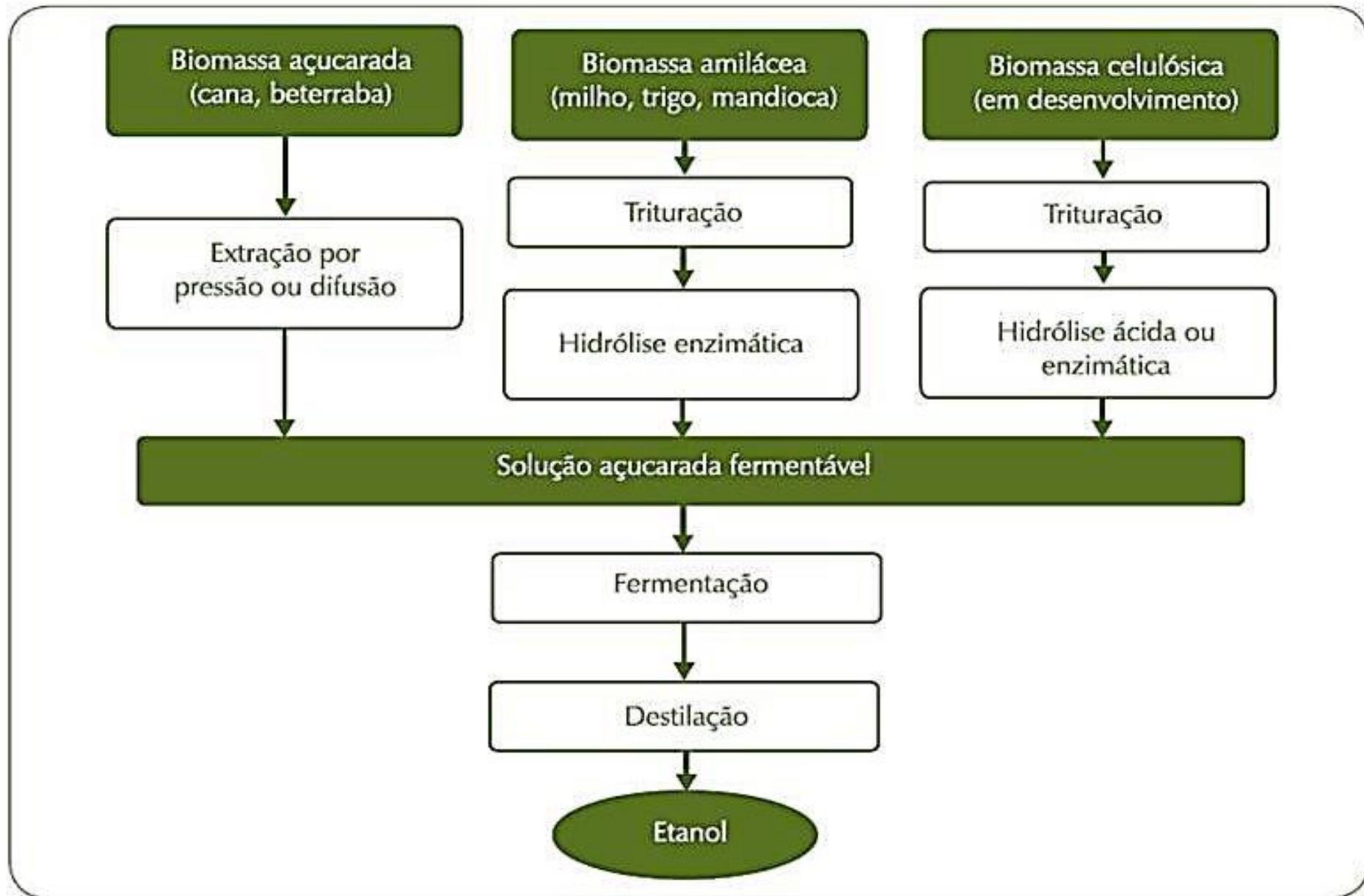


Matérias prima e preparo do mosto para produção de etanol

A. Matéria prima e preparo do mosto

3

- Sacarinas (açúcares)
- Amiláceas (amido)
- Celulósicas (2^a geração)



Fonte: Elaboração de Luiz Augusto Horta Nogueira.



Mandioca (*Manihot esculenta*)

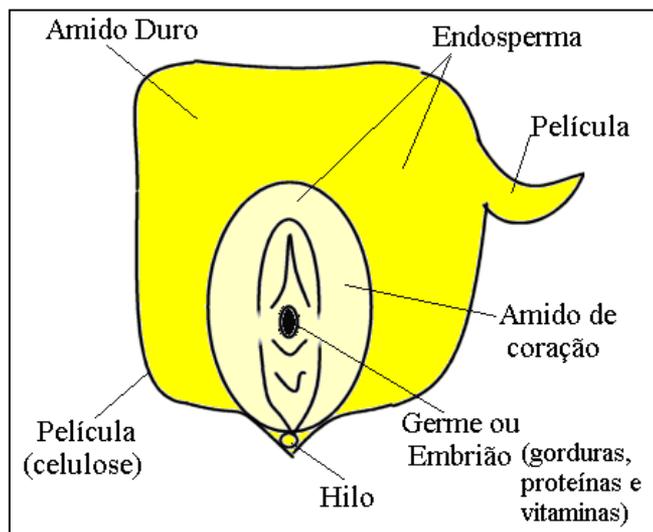
Componentes	Película parda %	Entre casca %	Cilindro central %	Raiz total %
Água	60 – 70 %	70 – 80	60 – 70	60 – 70
Fécula	—	15 – 20	25 – 35	18 – 35
Açúcares	—	0,1 – 0,5	—	—
Celulose	13 – 18	1,0 – 2,0	0,2 – 0,5	0,3 – 1,5
Proteínas	1,3 – 1,8	1,5 – 2,0	0,4 – 0,7	0,5 – 1,5
Mat. Graxas	1,5 – 2,0	0,2 – 0,4	0,1 – 0,2	0,1 – 0,3
Cinzas	2,0 – 3,0	0,7 – 1,0	0,5 – 0,8	0,5 – 1,2
Não dosadas	1,0 – 2,0	2,3 – 2,8	0,1 – 0,2	0,5 – 1,0



Milho

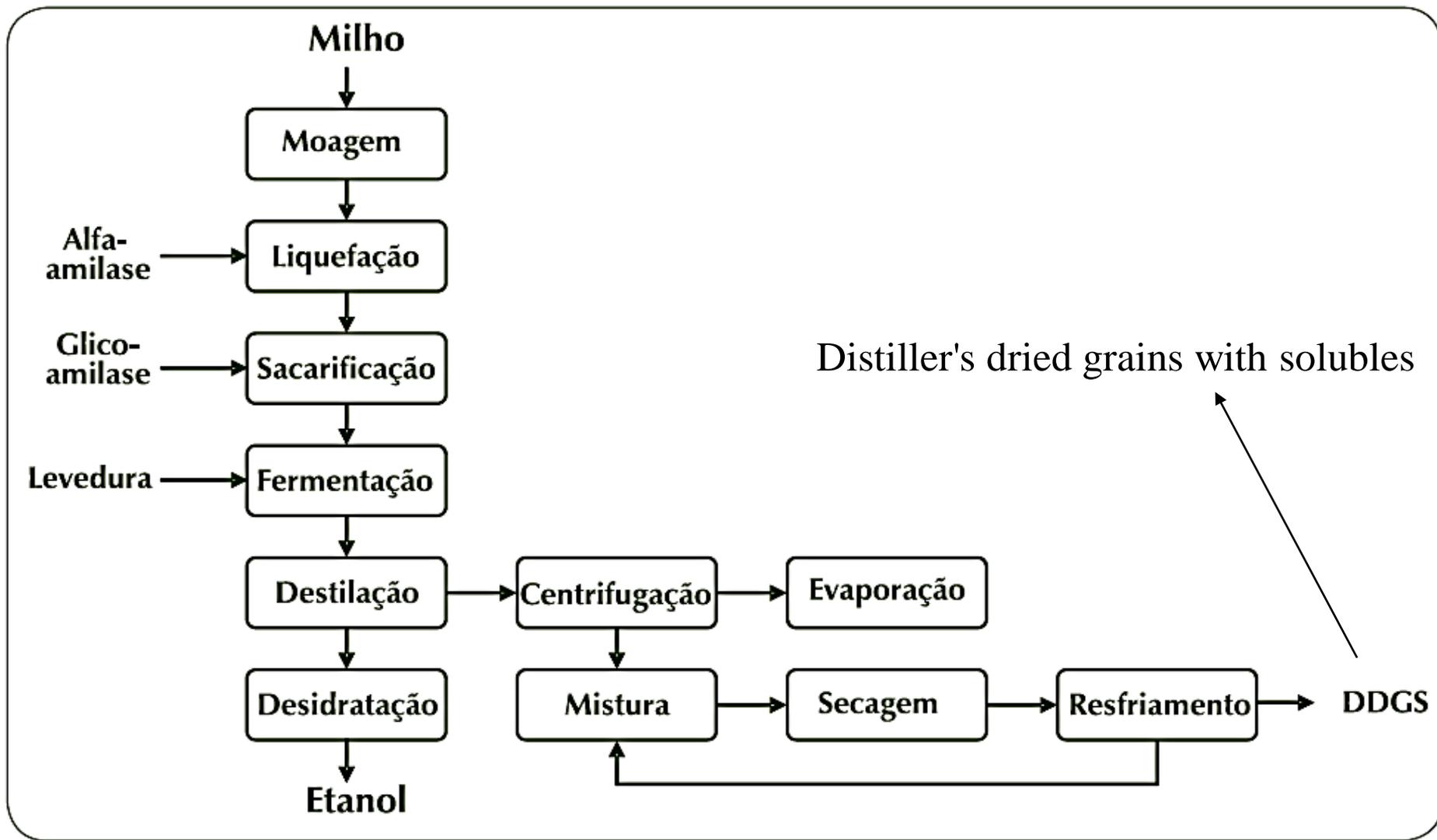
(*Zea mays*)

Elemento	Porcentagem
Água	10,5 (9,2 – 15,4)
Sólidos Totais	89,5 (78 – 96)
Carboidratos totais	70,5 (60 – 78)
Amido	66,5 (56 – 78)
Fibras totais	2,5 (2 – 4)
Matéria Nitrogenadas (zeína)	11,0 (6 – 12)
Matéria graxa	4,0 (3,0 – 6,0)
Celulose	3,0 (1,0 – 8,5)
Cinzas, %	1,5 (1,0 – 2,5)
P ₂ O ₅	0,3
K ₂ O	0,3
MgO	0,11
CaO	0,02
Vitaminas A, B1, B2 e E	Variável



Fonte: Watson (1987), Johnson (1991), Hosney (1986) e Embrapa Milho e Sorgo (2000).

Figura 14 – Diagrama de fluxo do processo via seca para a produção de bioetanol de milho



Fonte: Wyman (1996).

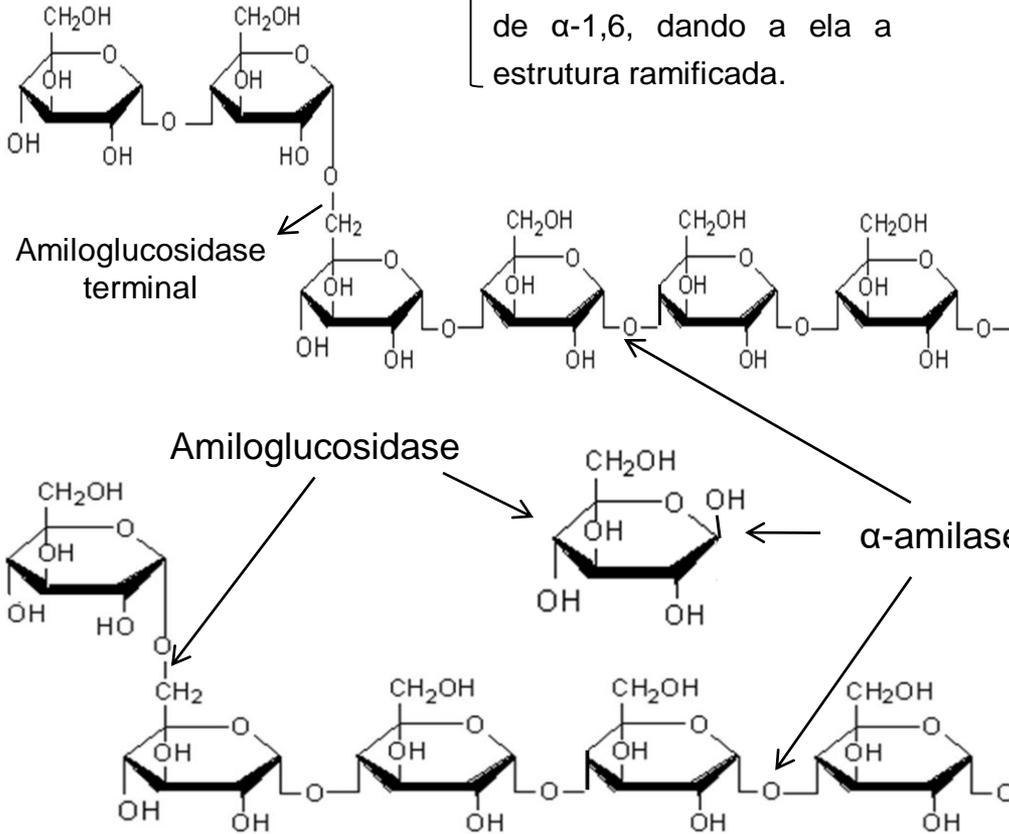
Tratamento da matéria prima

Amido

75%

Amilopectina

Polímeros ligados por pontes glicosídicas α -1,4, com aproximadamente, 4% de α -1,6, dando a ela a estrutura ramificada.



Suspensão de farelo + água (12% de amido)

α -amilase

pH 5,6 e aquecimento gradual até 45 °C

1 hora com agitação

Aquecimento gradual até 90 °C

1 hora com agitação

Resfriamento até 60 °C

Ajuste de pH a 4,5

amiloglucosidase

24 horas/60 °C com agitação

Filtragem e prensagem

Resíduo fibroso final Hidrolisado



Trigo (*Triticum aestivum*)

Ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial. No Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas.

Proteína bruta	7 – 18%
Amido	60 – 68%
Umidade	8 – 18%
Extrato etéreo	1,5 – 2%
Minerais	1,5 – 2 %
Celulose	2 – 2,5%

Lima, 2010 Matérias- primas dos alimentos



Cevada (*Hordeum vulgare*)

- 4º cereal mais colhido no mundo
- Sacarificação → enzimas do malte (mosturação)

Composição da semente de cevada e do cereal moído

Sementes	Cevada
Farinha	70,05
Cascas	18,75
Umidade	11,2
	100,0
Farinha	
Amido	67,18
Matéria fibrosa (glúten, amido e lignina)	7,29
Gomas	4,62
Glúten	3,52
Albumina	1,15
Fosfato de cálcio com albumina	0,24
Umidade	9,37
Perdas	1,49
	100,00

A.2 Matérias-primas sacarinas

11

- **Beterraba açucareira**



1 Composição centesimal de raiz de beterraba açucareira

Componente	Mínimo	Máximo	Média
Umidade	78	82	80,5
Matéria seca	17	21	19,5
Cinza	0,9	1,25	1,13
Fibra e celulose	1,52	2,2	1,90
Matéria graxa	0,28	0,47	0,30
Açúcares	12,5	16,7	14,5
Material nitrogenado	1,11	2,6	1,32
Nitrogênio	0,178	0,41	0,26

Fonte: HORSIN-DÉON, 1900.

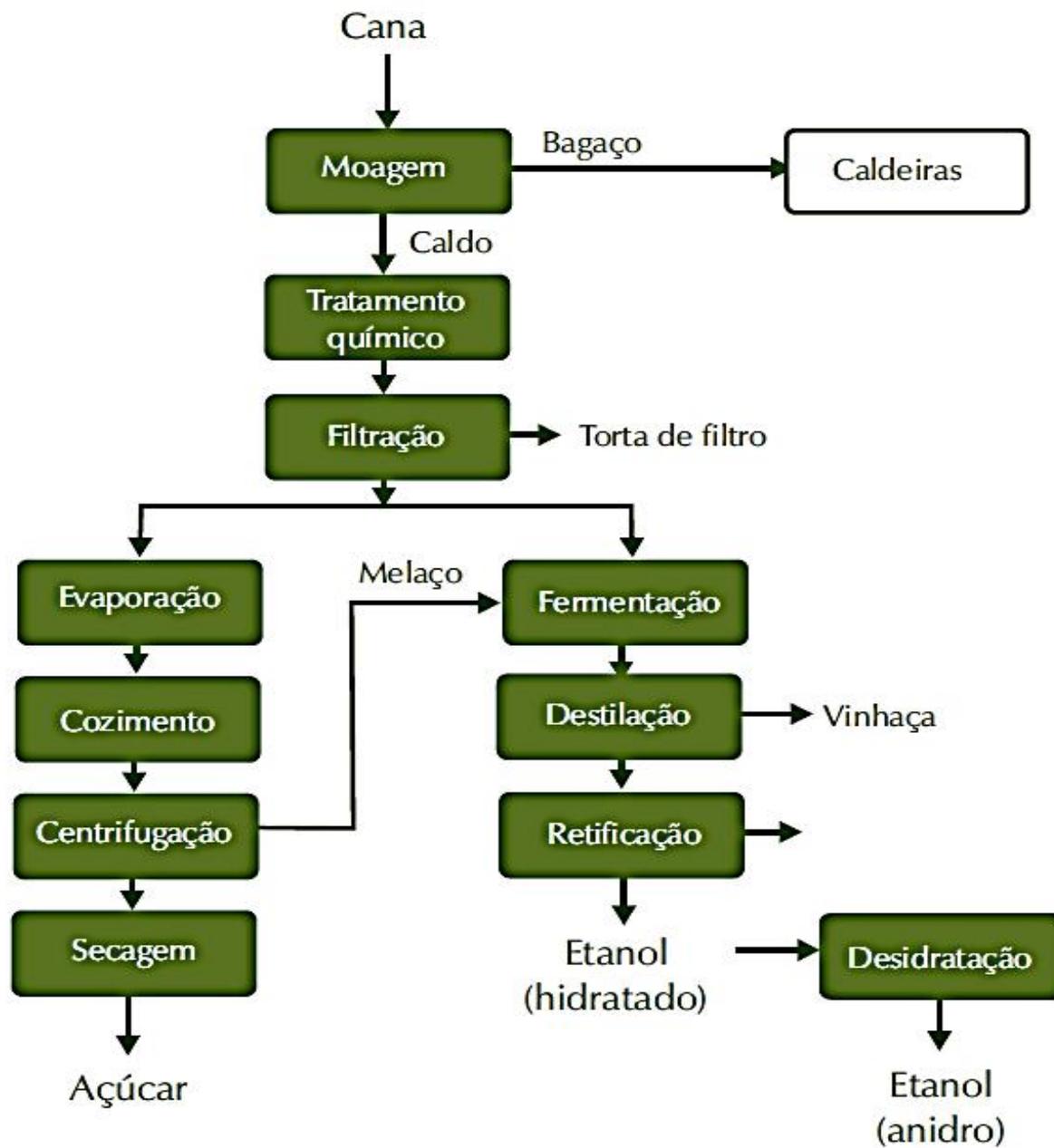
Matérias-primas sacarinas

12

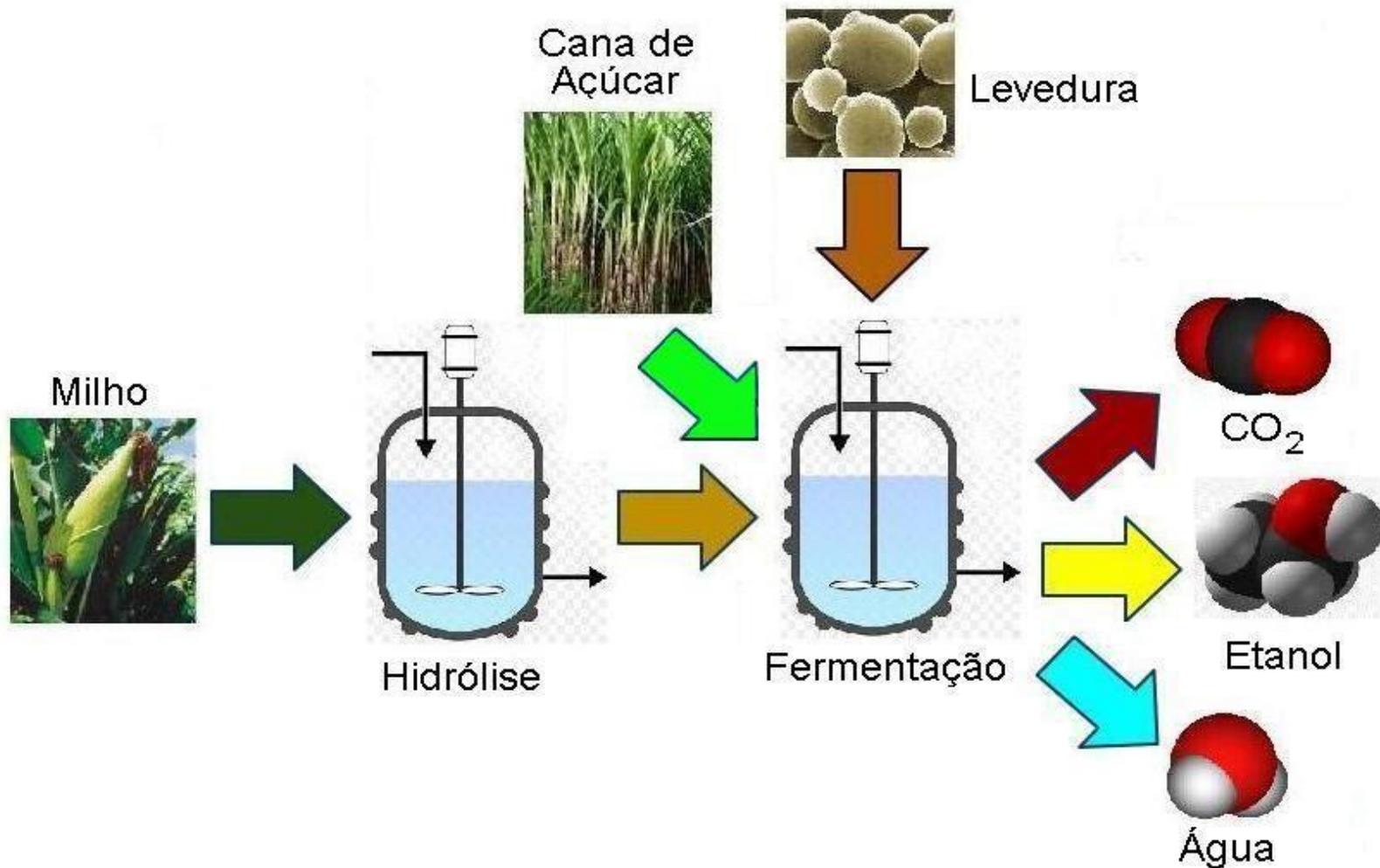
- Cana-de-açúcar



Elementos		Valores (%)
		Médio
Água, %	69 – 75	74
Açúcares, %	12 – 20	13,5
Sacarose, %	11 – 18	12,2
Glicose, %	0,2 – 1	0,70
Levulose, %	0,2 - 0,5	0,40
Fibra, %	11 - 13	12,5
Celulose, %	6 – 8	6,88
Lignina, %	2 – 3	2,50
Pentosana (xilana), %	2 – 3	2,50
Goma (arabana), %	0,4 – 0,7	0,62
Cinzas, %	0,35 – 0,8	0,65
SiO ₂ , mg.Kg ⁻¹		0,33
K ₂ O, mg.Kg ⁻¹	1200 - 2500	0,16
P ₂ O ₅ , mg.Kg ⁻¹	60 – 300	0,09
CaO, mg.Kg ⁻¹	100 – 350	0,03
SO ₃ , mg.Kg ⁻¹	120 – 300	0,03
N, mg.Kg ⁻¹	200 – 600	0,01
MgO, mg.Kg ⁻¹	44 - 200	0,01
Matéria Nitrogenadas, mg. Kg ⁻¹	200 - 600	0,40
Aminoácidos (como ác. Aspático), %	0,10 a 0,30	0,20
Albuminóides, %	0,07 a 0,15	0,12
Amidas, %	0,03 a 0,11	0,07
Gorduras e Ceras, mg. Kg ⁻¹	150 - 350	250
Substâncias pécticas, gomas e mucilagem	150 - 250	200
Ácidos Orgânicos, mg. Kg ⁻¹	100 – 550	150



Biocombustíveis de Primeira Geração

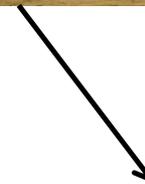


Produção de etanol acoplada a de açúcar

1 t de cana de
açúcar



90 Kg de açúcar



70 L de álcool e
910 L de vinhoto



12 L de álcool e
156 L de vinhoto



Produção de etanol: 28 bilhões de litros.

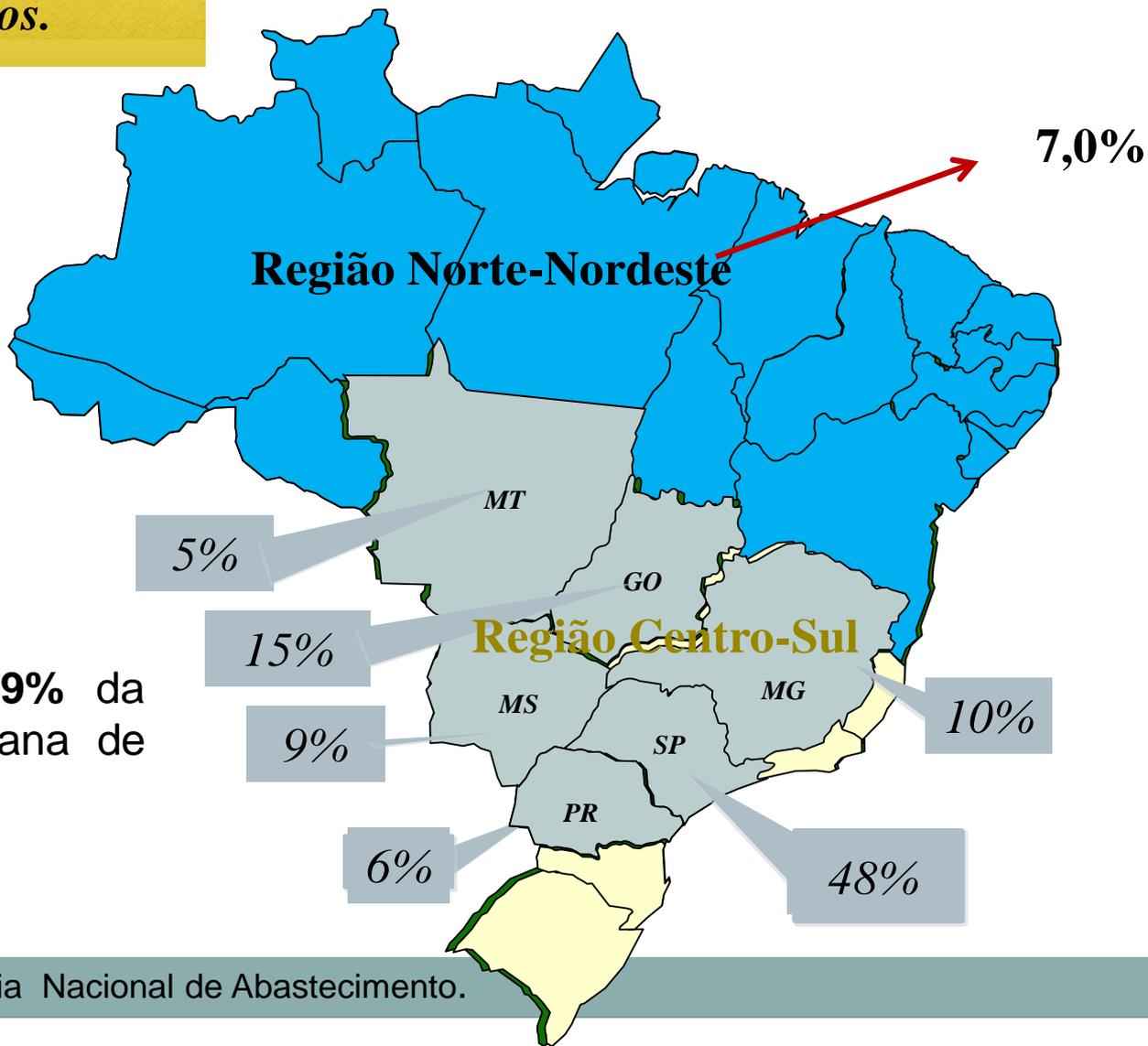
Safra 2016/17

☐ Álcool hidratado: 16 bilhões.

☐ Álcool anidro: 12 bilhões.

☐ Região Centro-Sul = 93%.

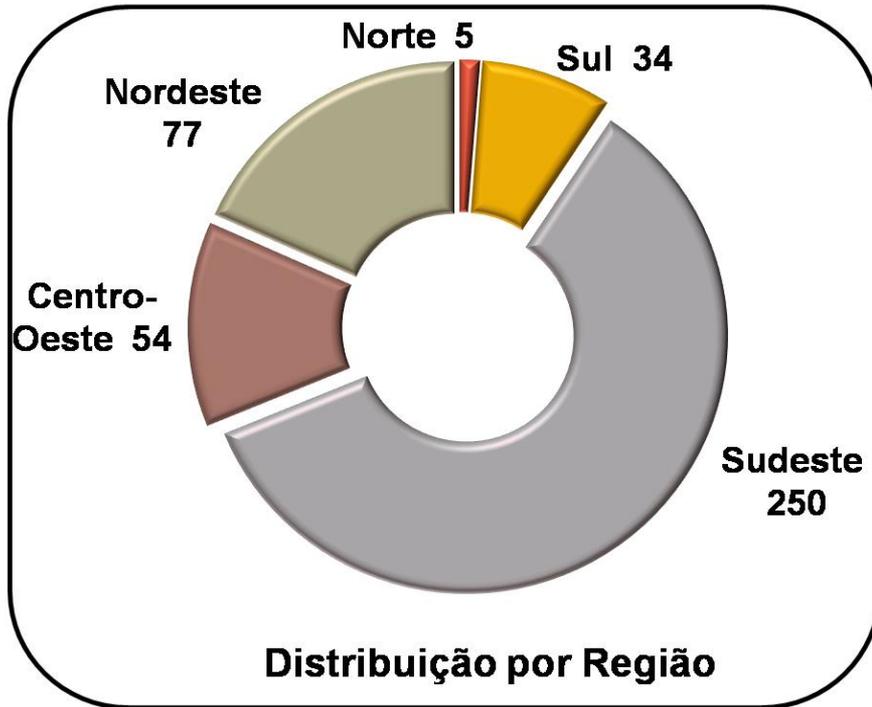
☐ Matéria prima: 49% da área plantada de cana de açúcar.



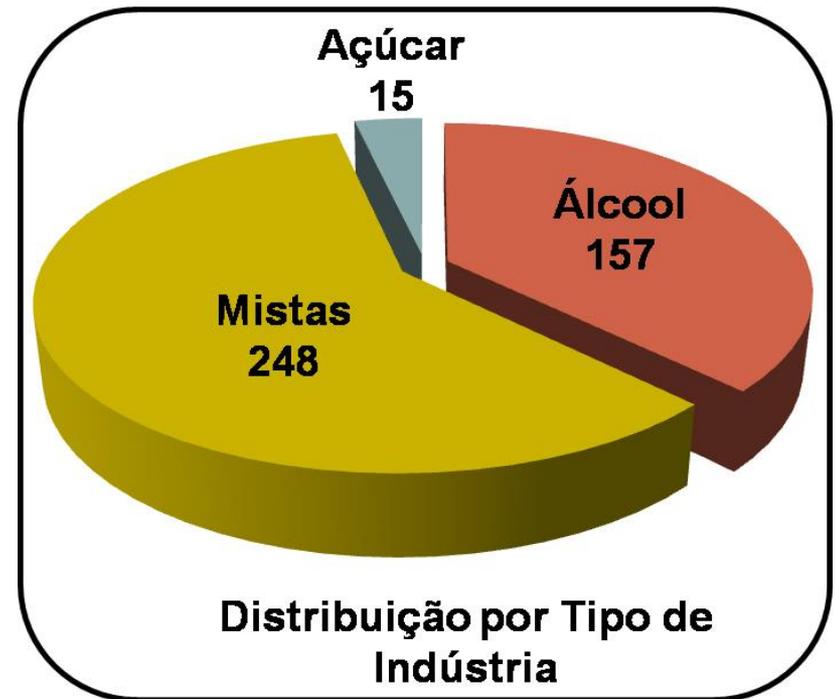
Produção Sucroalcooleira



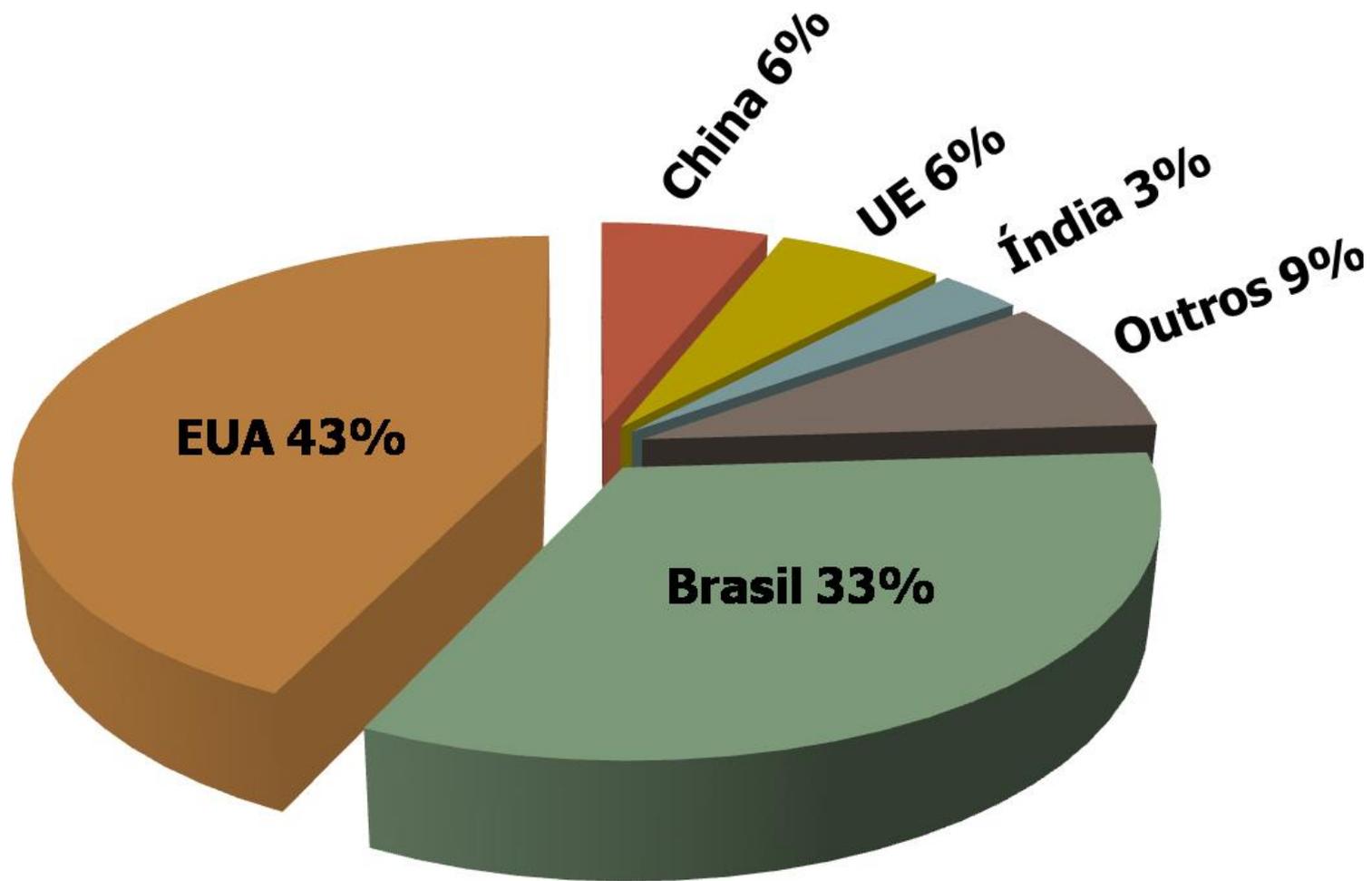
Usinas no Brasil



Fonte: MAPA



Divisão mundial na produção de etanol



TRATAMENTOS INICIAIS

21

PREPARO DO MOSTO

B. PREPARO DO MOSTO

22

- Líquido açucarado passível de ser fermentado
- Cuidados:
 - Concentração de açúcares totais
 - Acidez total e pH
 - Suplementação com nutrientes

Preparo do mosto

→ condicionar a MP p/ atender as exigências da fermentação

(Objetivos)

- ✓ eliminar impurezas grosseiras (**peneiragem**);
- ✓ eliminar partículas coloidais (**caleagem mais branda**);
- ✓ preservar os nutrientes (vitaminas, aminoácidos, etc.);
- ✓ reduzir a contaminação microbiana (**aquecimento e decantação**);
- ✓ teores adequados de açúcar total (Brix) através de **diluição/concentração**;
- ✓ controle da acidez do meio e da temperatura.

Mosto

24

- Condições ótimas:
 - temperatura, pH, nível de oxigênio dissolvido, etc.
- fontes dos elementos “principais”
 - C, H, O, N
- fontes dos elementos “secundários”
 - P, K, S, Mg
- vitaminas
- fontes de elementos “traços” (quantidades mínimas)
 - Ex. Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, etc.

Produção Sucroalcooleira

**Fatores físicos e químicos que
influenciam a fermentação
alcoólica:**

Fermentação alcoólica

Principais fatores que afetam a fermentação:

- ❑ Substrato – Composição química do meio;
 - ❖ Produtos: açúcar, álcool, ácido, etc;
 - ❖ Nutrientes: N; K; P; Mg; Mn; etc.

- ❑ Microrganismo – Constituição e estágio do microrganismo;
 - ❖ Leveduras e contaminantes.

- ❑ Condições físicas e ambientais;
 - ❖ Temperatura;
 - ❖ pH (acidez);
 - ❖ Aerobiose/Anaerobiose.

- ❑ Sistema de fermentação;
 - ❖ Contínuos e descontínuos.

Fermentação alcoólica

Fatores que limitam a produtividade:

- Nutrientes minerais → N; K; P; Mg; Zn; Mn; etc.
- Agentes tóxicos → Sulfito, excesso de K^+ ; Ca^{++} .
- Temperatura elevada.
- Concentração de etanol.
- Acidez (pH).
- Pressão osmótica → Açúcares e sais.
- Contaminação → Bactérias e leveduras.

Condições estressantes para a levedura.

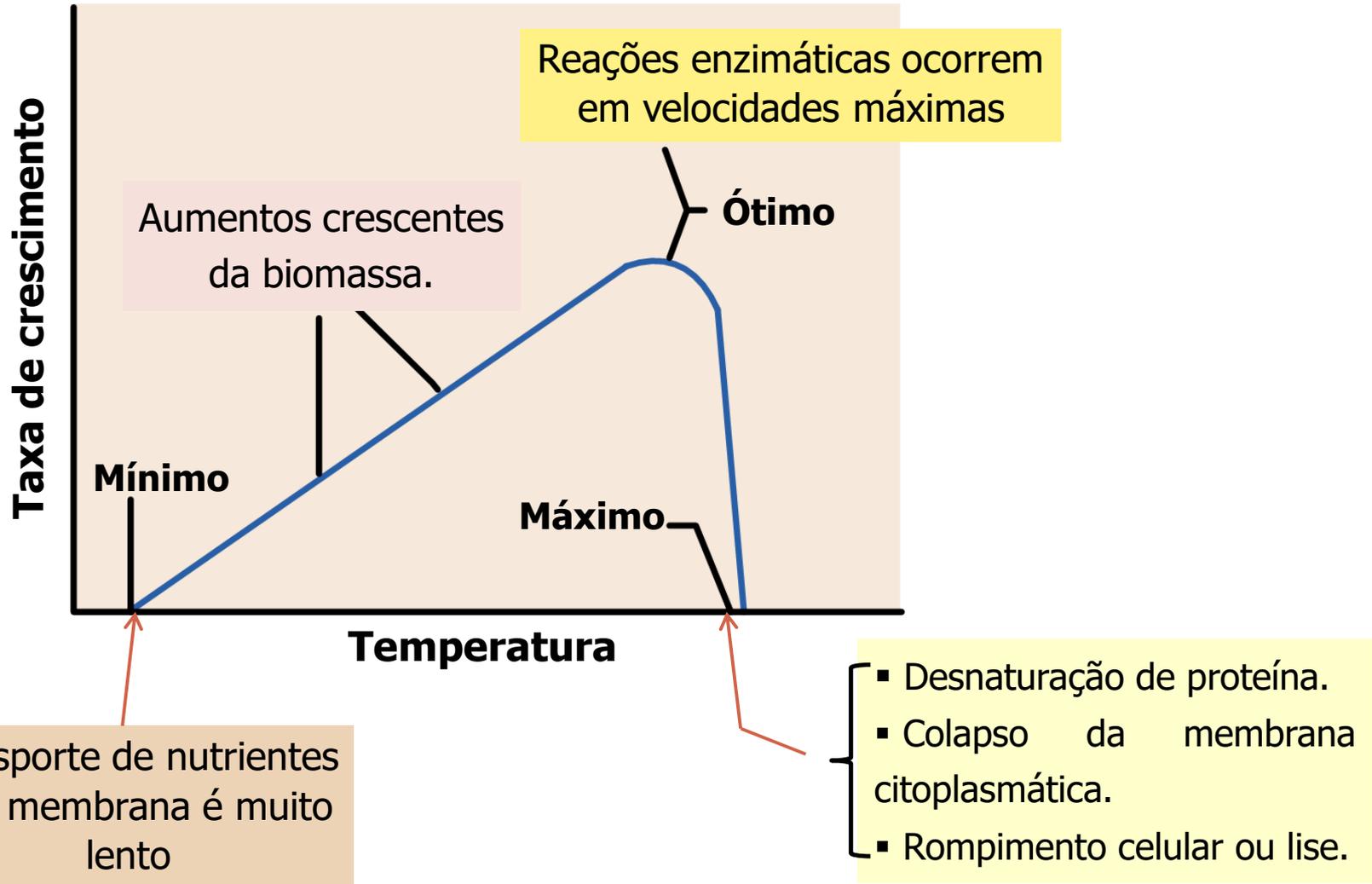
Efeitos da temperatura: **Temperatura**

- ❑ Fatores externos;
 - ❖ mudança na temperatura da água, clima, mosto.
- ❑ Fatores intrínsecos;
 - ❖ Calor liberado durante a fermentação.

Tabela: Influencia da temperatura na variação do tempo de geração e do coeficiente específico de crescimento para a linhagem da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Temperatura	Tempo de geração	Coef. Espc. De Cresc. (g/l/h)
20	5.0	0.15
24	3.5	0.21
27	3.0	0.30
30	2.2	0.31
36	2.1	0.29
38	4.0	0.19
40	---	---

Taxa de crescimento X temperatura

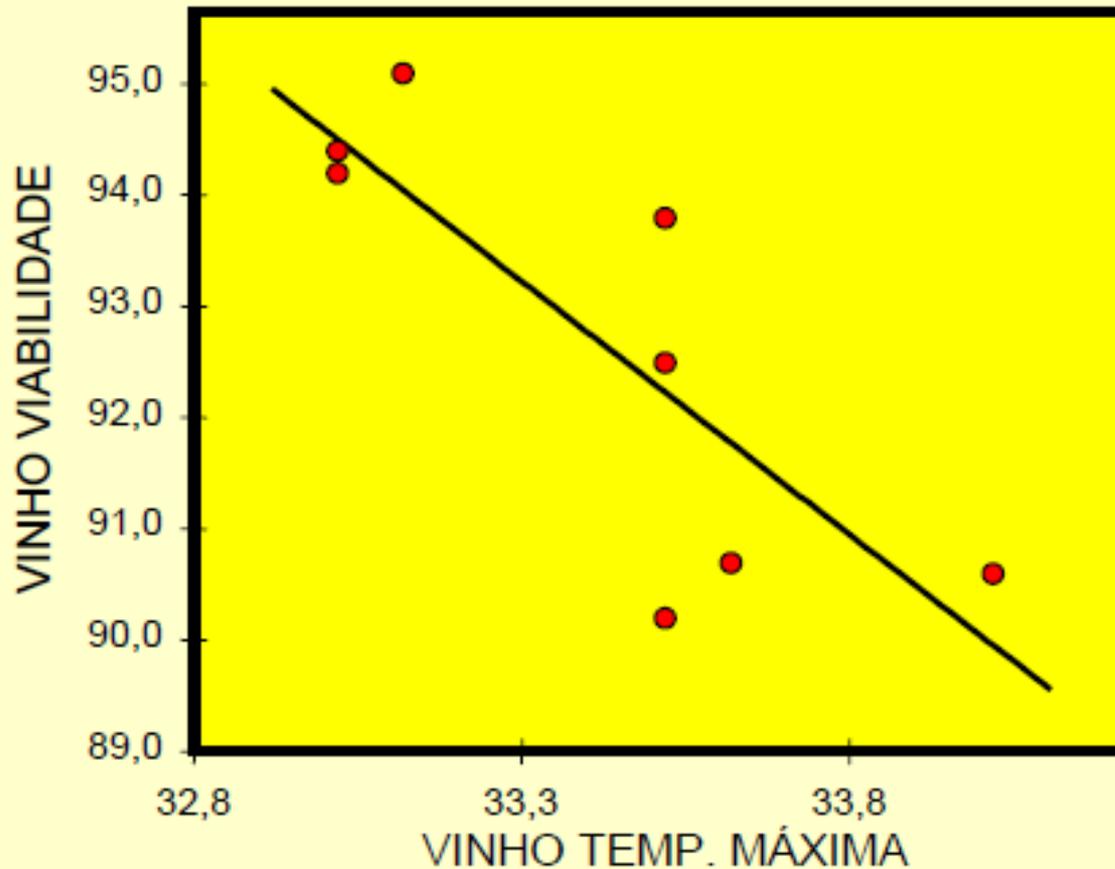


Temperatura da fermentação

- ❑ Influência direta sobre a fermentação.
- ❑ Favorece multiplicação bacteriana.
- ❑ Floculação.
- ❑ Acima de 35 °C afeta o desempenho da levedura.
- ❑ Redução da viabilidade de fermentação.
- ❑ Diminui rendimento da fermentação.

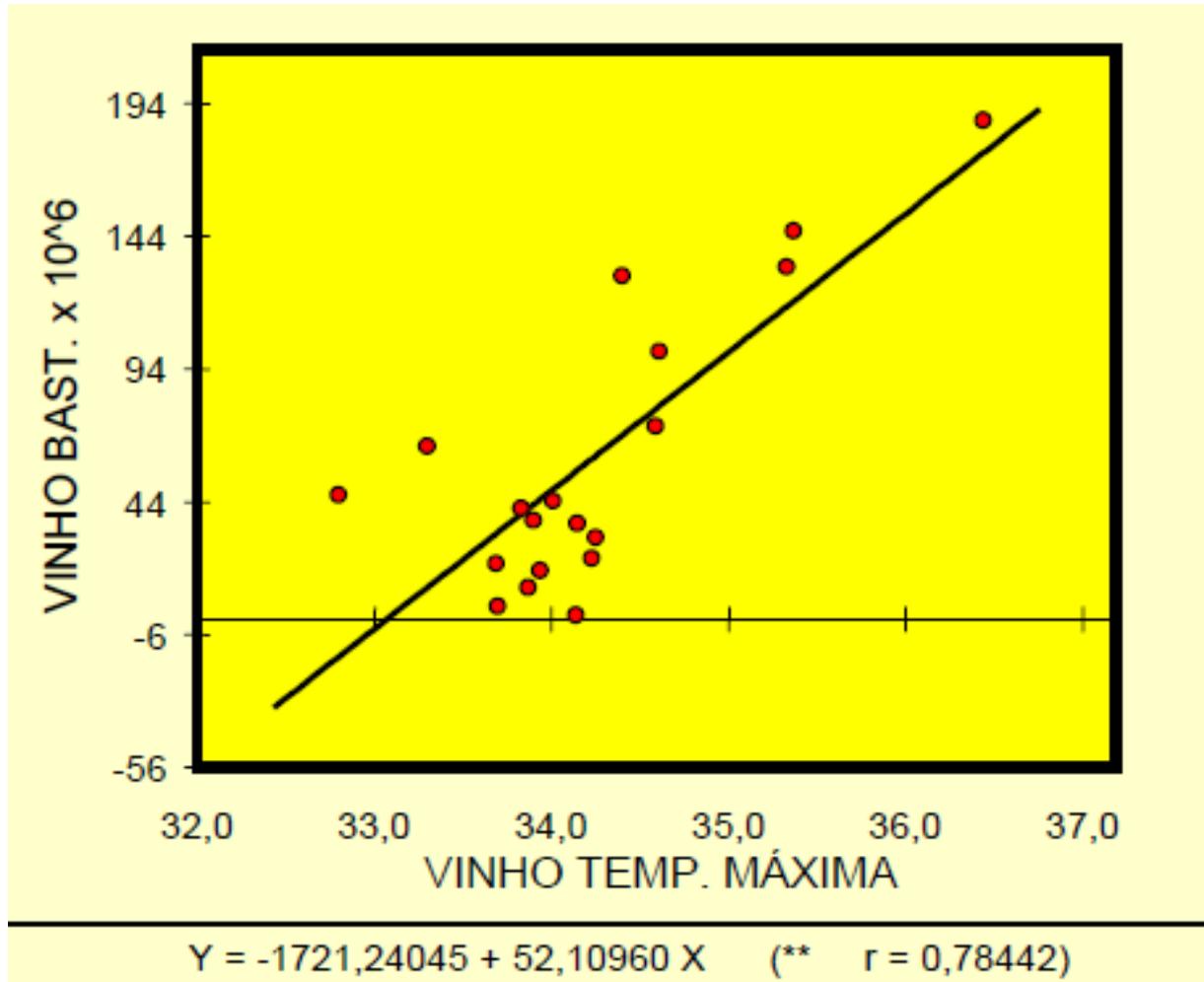
- Temperatura ótima;
 - ❖ Crescimento 26 a 30 °C.
 - ❖ Fermentação 28 a 34 °C.

Temperatura X Viabilidade



$$Y = 244,57798 - 4,54762 X \quad (* \quad r = -0,80498)$$

Temperatura X Contaminação do vinho



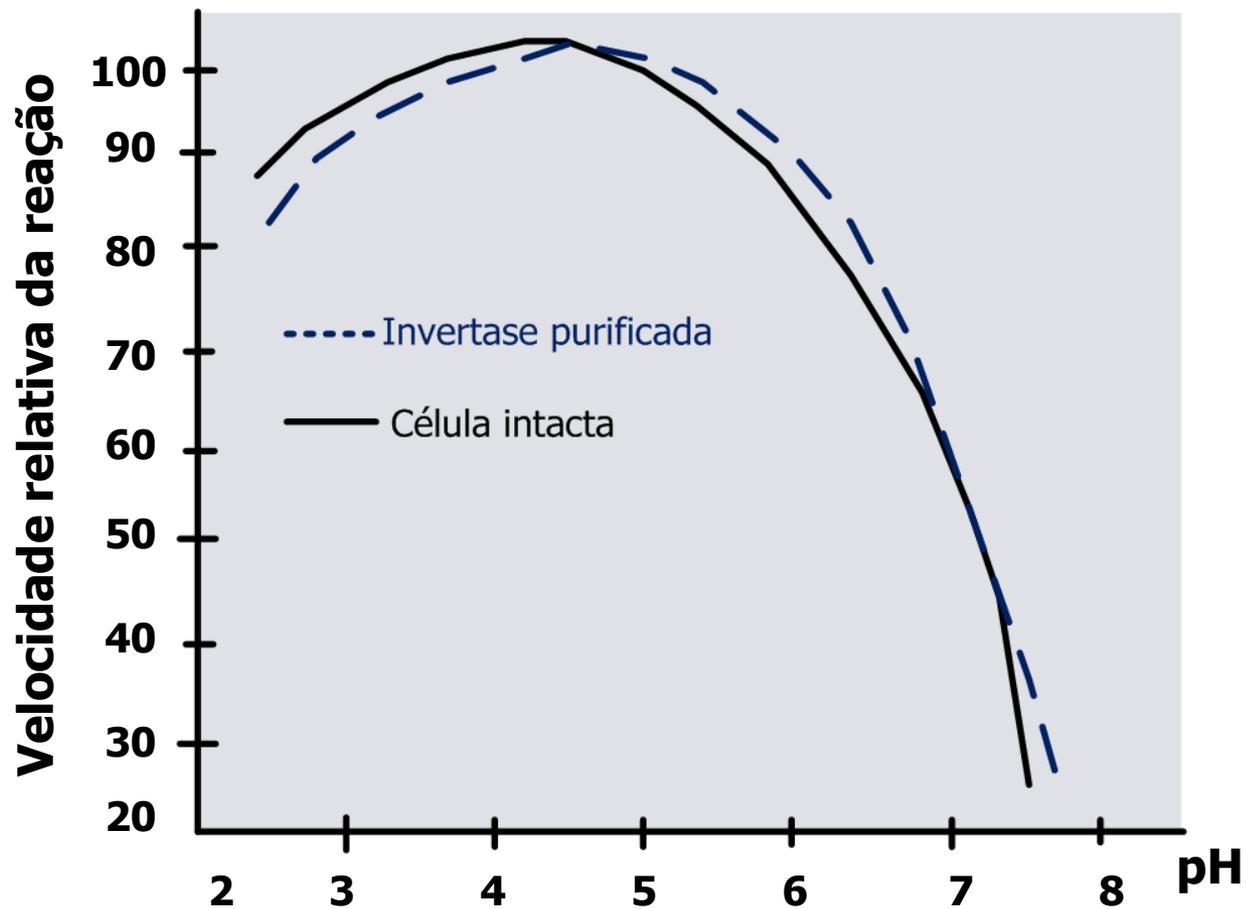
pH

☐ Fermentação

pH inicial 4,2 a 5,1.

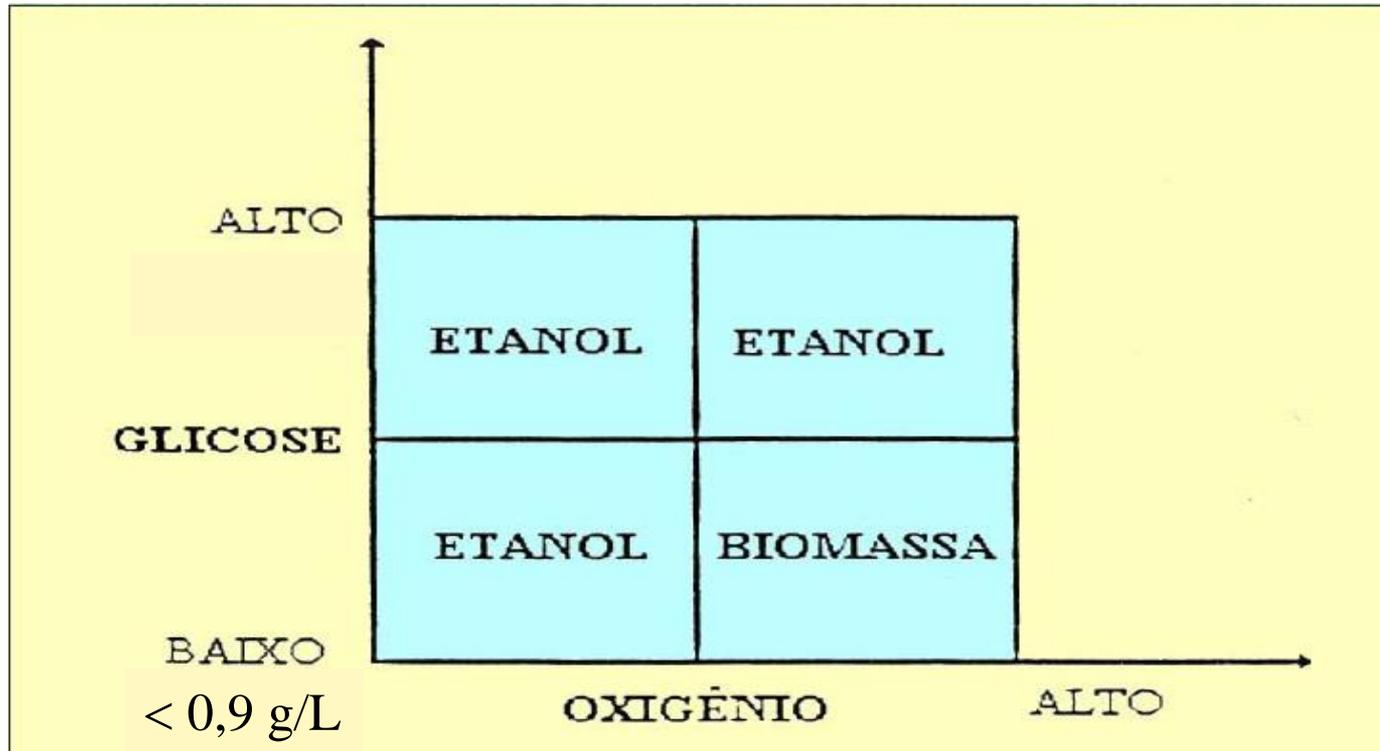
Reduz com pH 3,9 a 4,1.

Efeito do pH na atividade de invertase da levedura

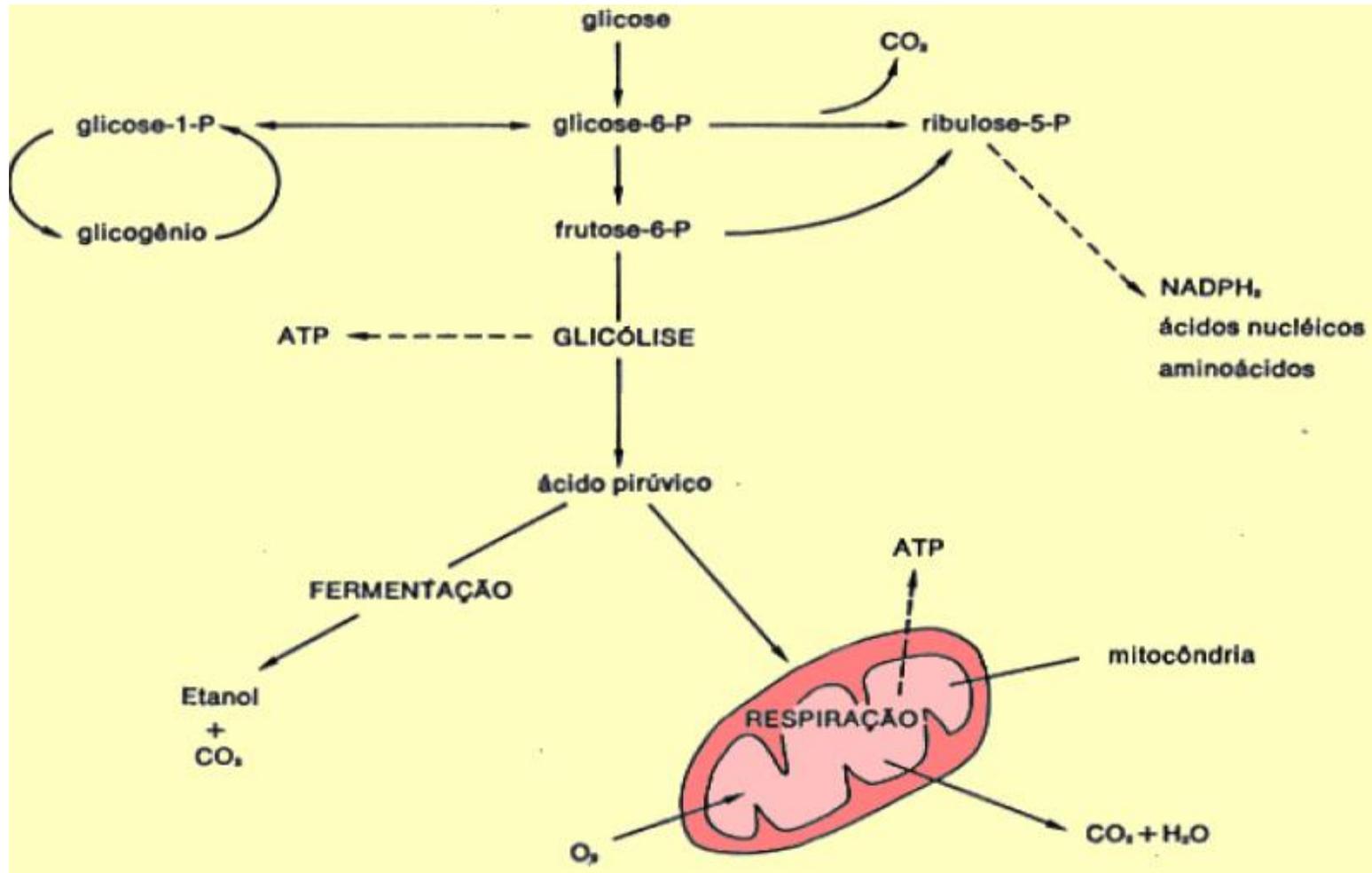


Condições ambientais (substrato x produto)

Efeito da concentração de etanol e glicose sobre o metabolismo de *S. cerevisiae*.

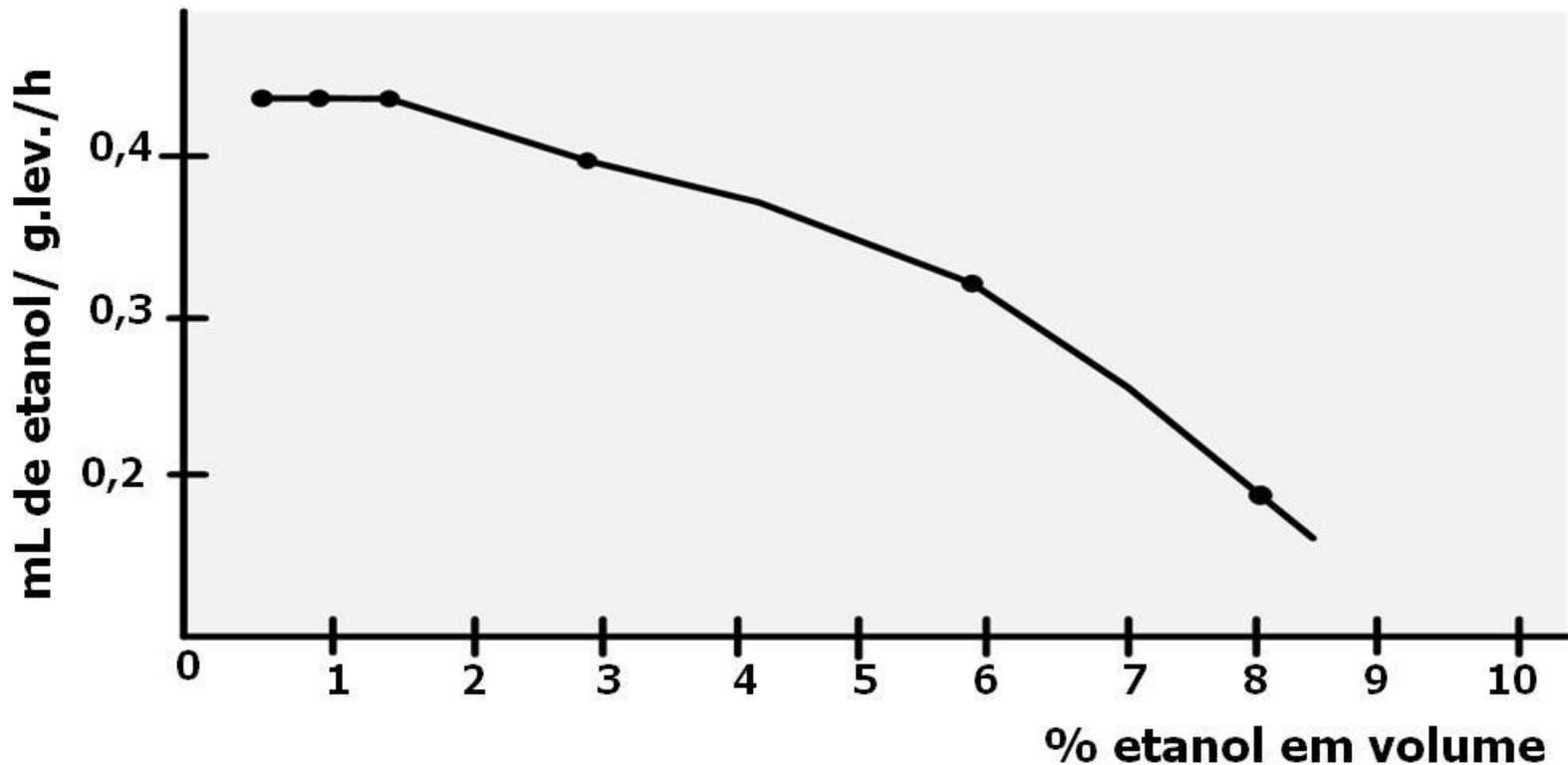


Vias de degradação de carboidratos e a produção de etanol



Efeito da concentração de etanol

- ❖ Inibe a atividade metabólica e leva a morte (sem condições de sobrevivência).
- ❖ Limite do vinho → 12% de álcool → variável (espécie e linhagem de leveduras e condições da fermentação).



Leveduras com alto desempenho fermentativo

□ Suportar os estresses da fermentação Industrial com reciclo de células.

- ❖ Altas temperaturas;
- ❖ Elevados teores alcoólicos;
- ❖ Paradas (falta de açúcar);
- ❖ Agentes tóxicos (sulfito, alumínio, etc);
- ❖ Pressão osmótica;
- ❖ Contaminação bacteriana.

□ Sustentar alta viabilidade celular durante reciclos e apresentar boa eficiência em etanol.