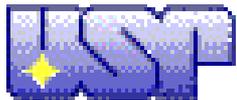


Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq
Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - LCA

The background is a colorful illustration depicting the ethanol production process. On the left, there are corn stalks and a green machine representing a mill. A large green drop of ethanol is shown in the center, with a green fuel nozzle above it. To the right, there is a green truck, a green car, and a green bus, all representing vehicles that use ethanol. The scene is set against a backdrop of green hills, blue clouds, and a rainbow.

Produção de etanol a partir de milho

Prof. Antonio Sampaio Baptista

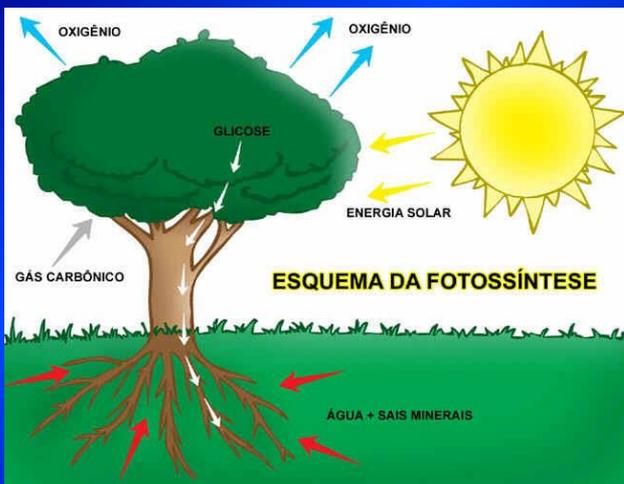
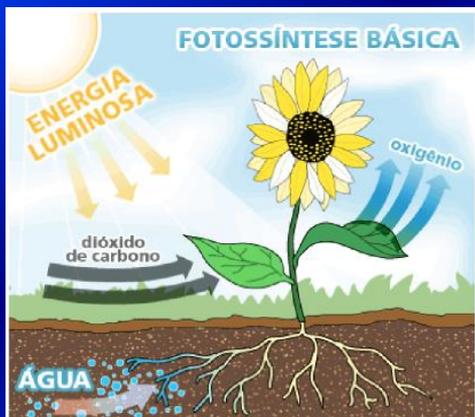


PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE MILHO



1. INTRODUÇÃO
2. Considerações sobre as estruturas do amido
3. Preparo de matérias-primas amiláceas e feculentas
4. Processos de hidrólise do milho
5. Processos de obtenção de etanol a partir de milho
6. Coprodutos da produção de etanol a partir de milho
7. Considerações finais

1. INTRODUÇÃO



✓ Açúcares e fontes de açúcares que podem ser provenientes da fotossíntese:

Polissacarídeos

e) Amido



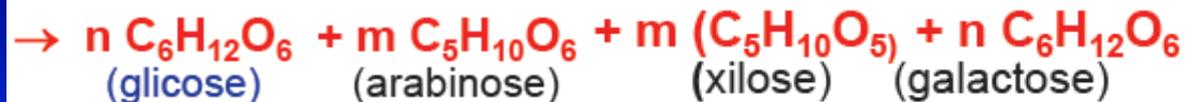
f) Celulose

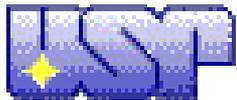


g) Pentosanas



h) Hemicelulose





Produção de etanol a partir de milho



1. INTRODUÇÃO

Entre as fontes de glicose destaca-se o amido, sendo uma das principais fontes de carboidratos da natureza. Contudo, a glicose encontra-se na forma de polímeros, os quais precisam ser hidrolisados para a produção do etanol;

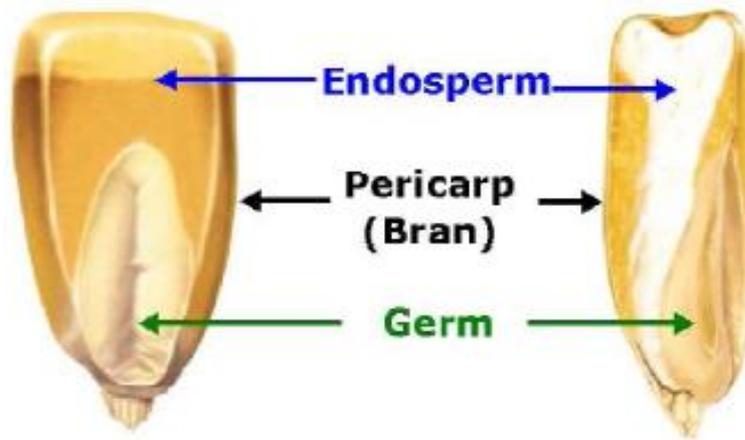
O processo de hidrólise de polissacarídeos também é chamado de sacarificação.

A sacarificação pode ser por via ácida ou enzimática.

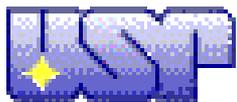
É importante conhecer as estruturas dos açúcares dessas matérias-primas para produzir álcool.

- ✓ Como estão dispostas as moléculas de glicose nos polissacarídeos ?

Constituição do grão de milho



✓ Amido



2 Considerações sobre as estruturas do amido



2 Composição química das principais matérias-primas

Milho

- Umidade	10,93 %
- Proteína	9,88 %
- Lipídeos	4,17 %
- Carboidratos	71,95 %
- Fibras	1,71 %
- Minerais	1,36 %

- **Característica de interesse:** alto teor de amido



2 Considerações sobre as estruturas do amido



- ✓ Potencial das principais fontes de amido para produção de etanol

RENDIMENTO EM AÇÚCAR

1 tonelada de milho: 720 kg de glicose

RENDIMENTO EM ÁLCOOL

1 tonelada de milho: 430 Litros de álcool

* Massa Específica do álcool a 20 °C álcool: 789,32 kg/m³



3 PROCESSOS DE HIDRÓLISE PARA CARBOIDRATOS



- ✓ O que precisa ser feito para aproveitar o amido e a celulose para a produção de etanol?
- ❖ É preciso realizar a hidrólise desses materiais.

- ✓ Como pode ser feita essa hidrólise para o amido??



Produção de etanol a partir de milho



- ✓ Atualmente, o milho é a principal matéria-prima utilizada para produção de etanol no mundo;
- ❖ Os Estados Unidos é maior produtor de etanol do mundo e produz anualmente cerca de 58 bilhões de litros de etanol a partir de milho;
- ❖ O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo com produção de cerca de 33,5 bilhões de litros. Deste montante cerca de 20 % ou 6,5 bilhões de litros é obtido a partir de grãos de milho;



Produção de etanol a partir de milho

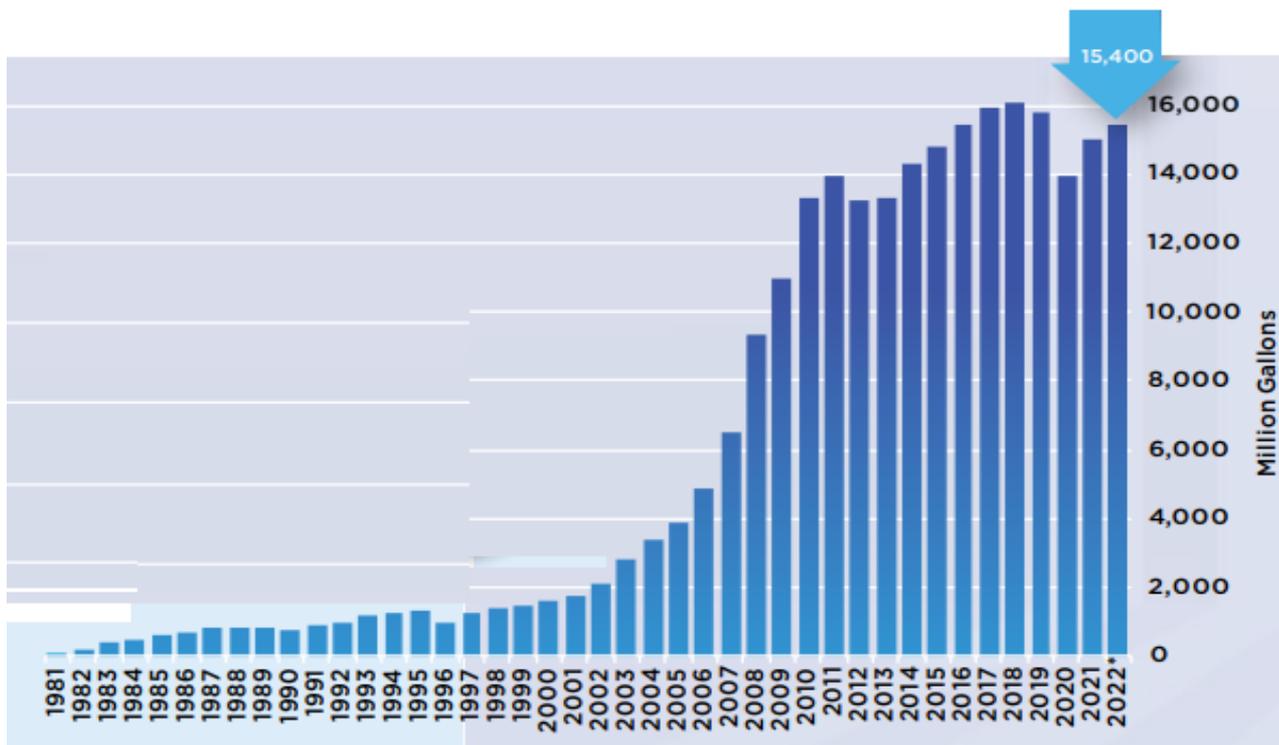
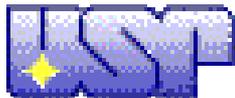


Figura 1 – Evolução da produção de etanol dos USA no período de 1981 a 2022.

Fonte: RFA, 2023.



Produção de etanol a partir de milho



U.S. ETHANOL BIOREFINERIES BY STATE

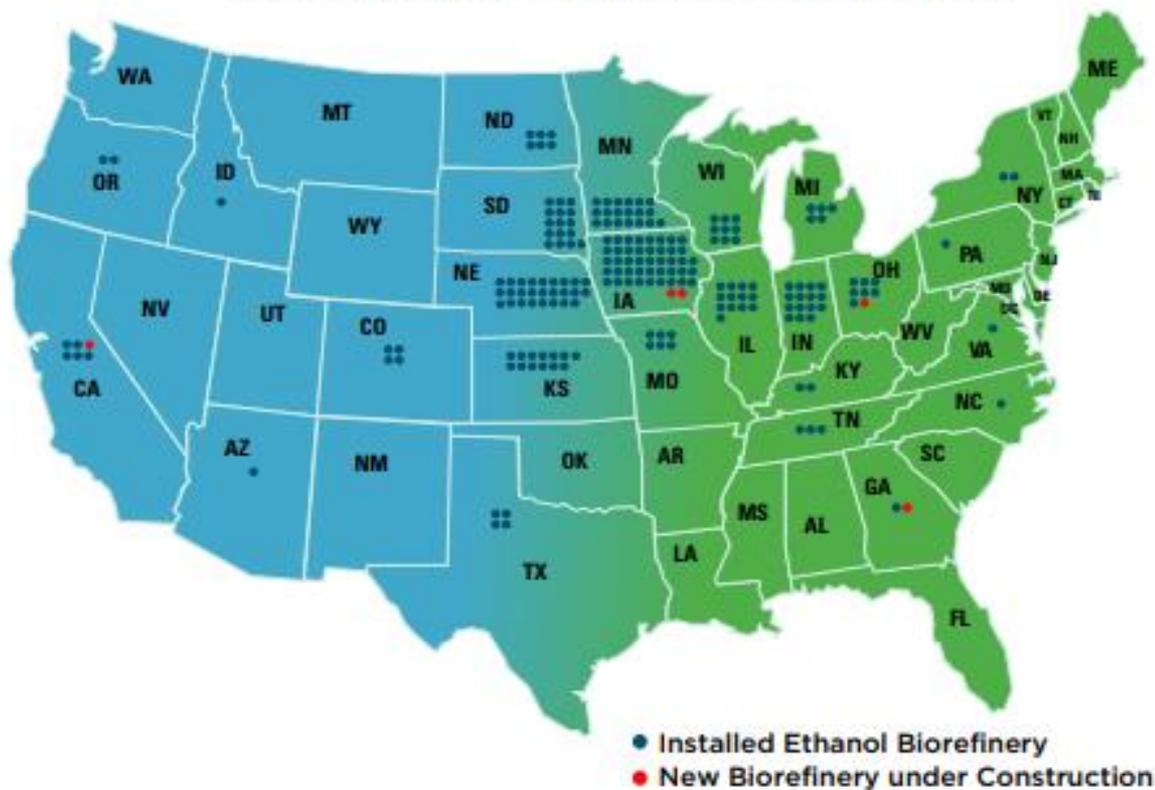
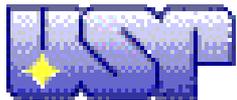


Figura 2 – Distribuição da Usinas de etanol instaladas no Estados Unidos.

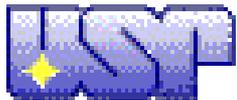
Fonte: RFA, 2022.



Produção de etanol a partir de milho no Brasil



Figura 3 - Fotos ilustrando usinas produtoras de etanol a partir de milho, Estado do Mato Grosso.



Produção de etanol a partir de milho

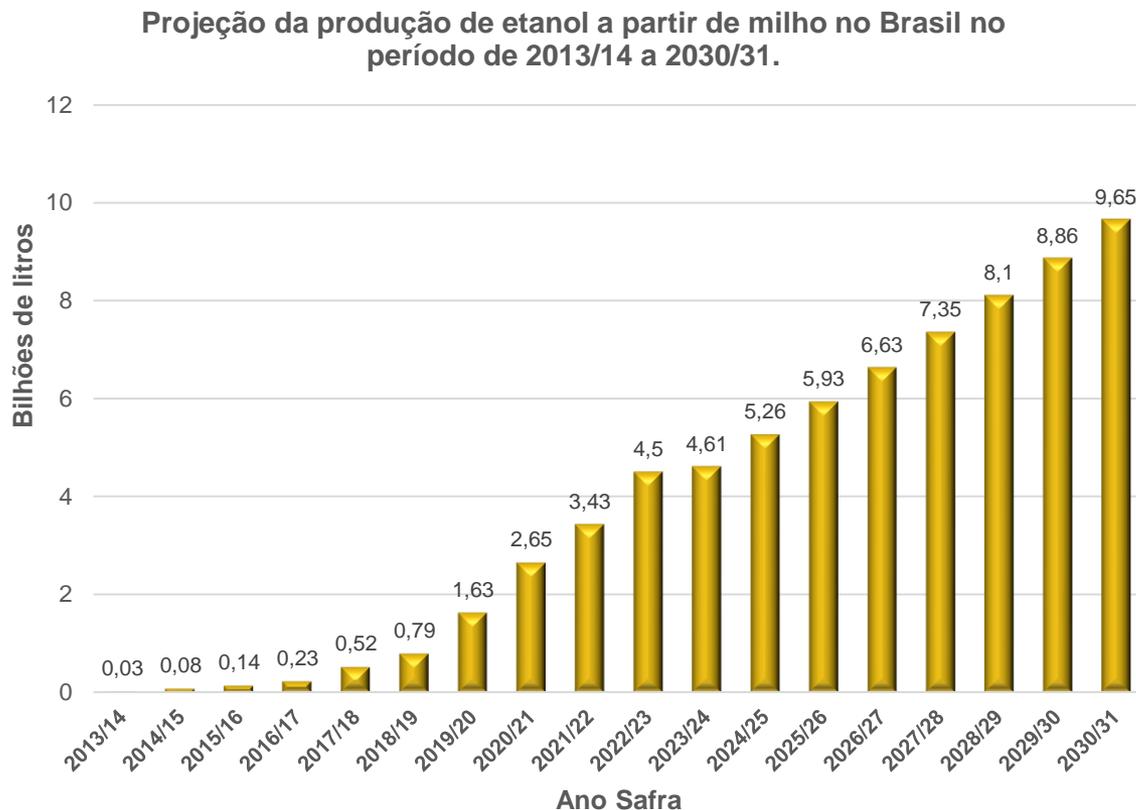
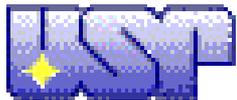


Figura 4 – Projeções da produção de etanol a partir de milho no Brasil, no período de 2013/14 até 2030/31.

Fonte: Unem, 2022.



Produção de etanol a partir de milho



Produção de milho no Brasil e no Mato Grosso

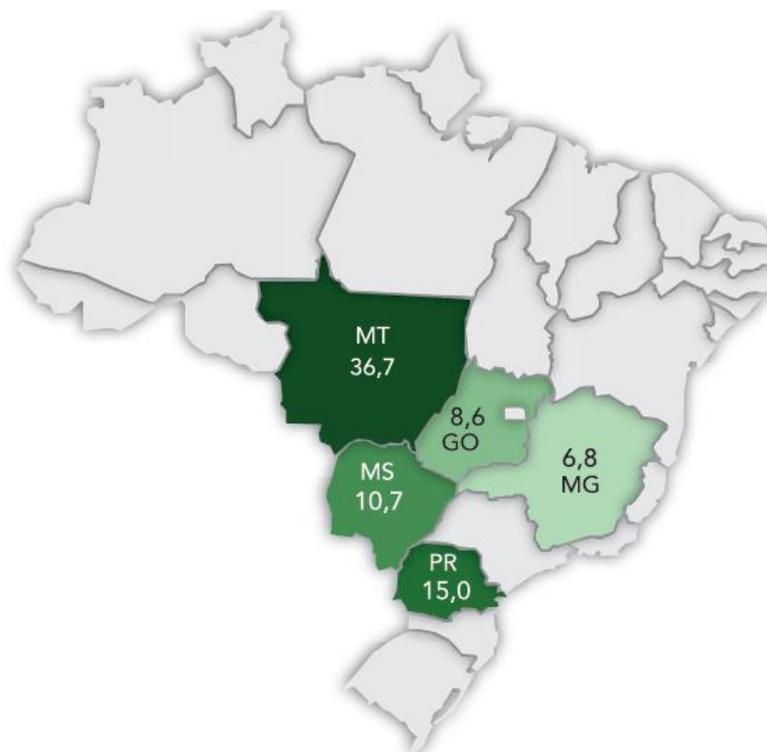


Figura 5 – Principais estados produtores de milho do Brasil.

Fonte: Conab, 2022.

Distribuição das usinas de etanol de milho no Brasil

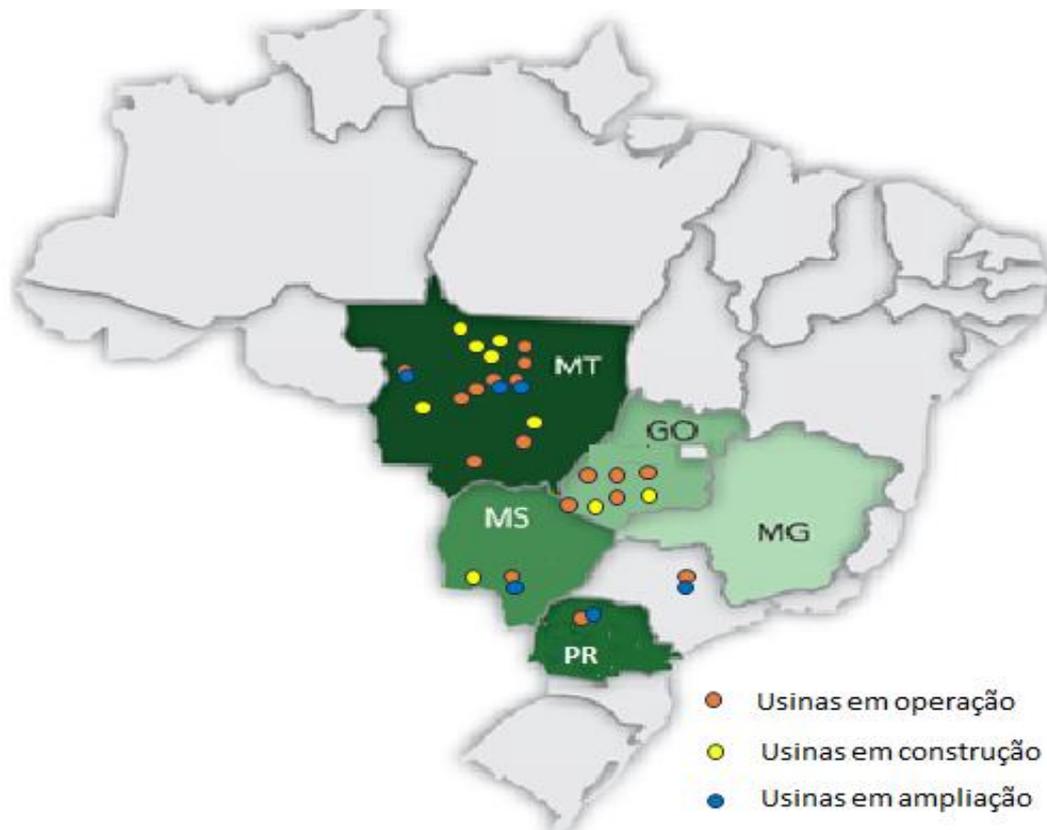
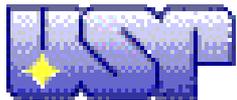


Figura 6 – Usinas de etanol de milho no Brasil

Fonte: ANP/UNEM, 2022.



Produção de etanol a partir de milho

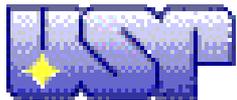


Produção de milho no Brasil e no Mato Grosso



Figura 7 – Projeção da produção de milho no Brasil no período de 2021/22 até 2031/32.

Fonte: MAPA, 2022.



Produção de etanol a partir de milho



Produção de milho no Mato Grosso

Produção de milho de 2ª safra, áreas com soja e milho no Mato Grosso durante o período 2007/22

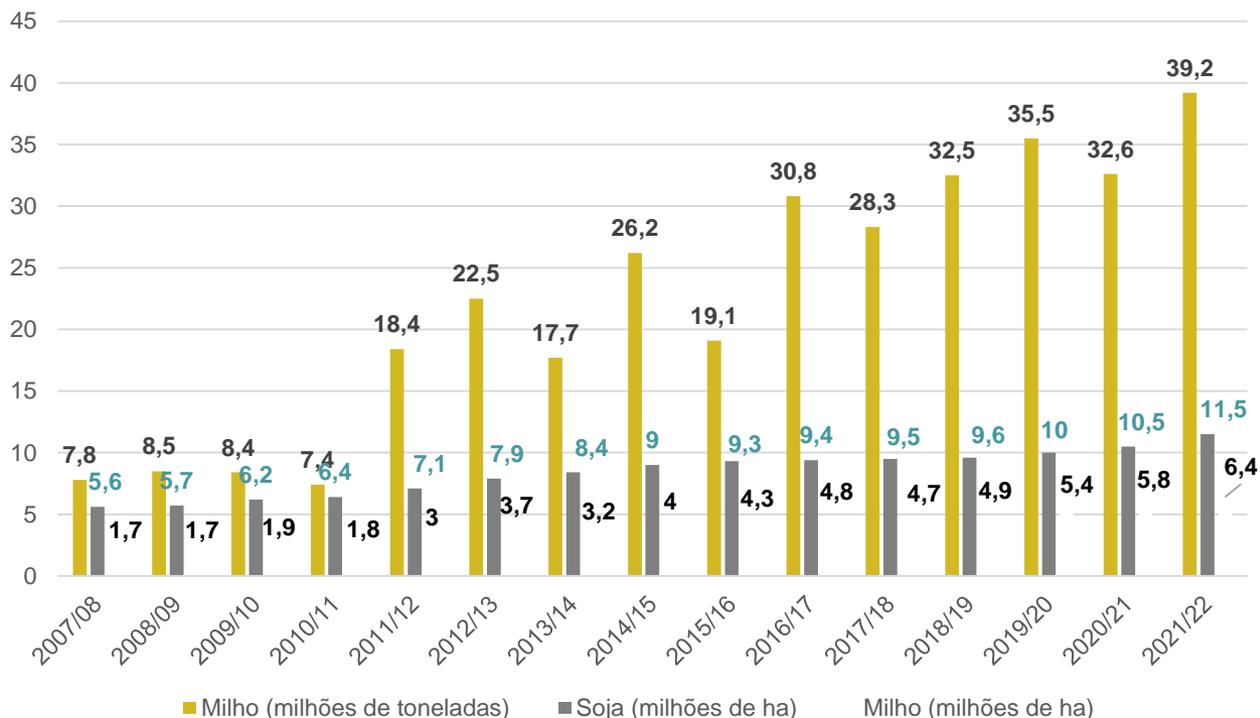
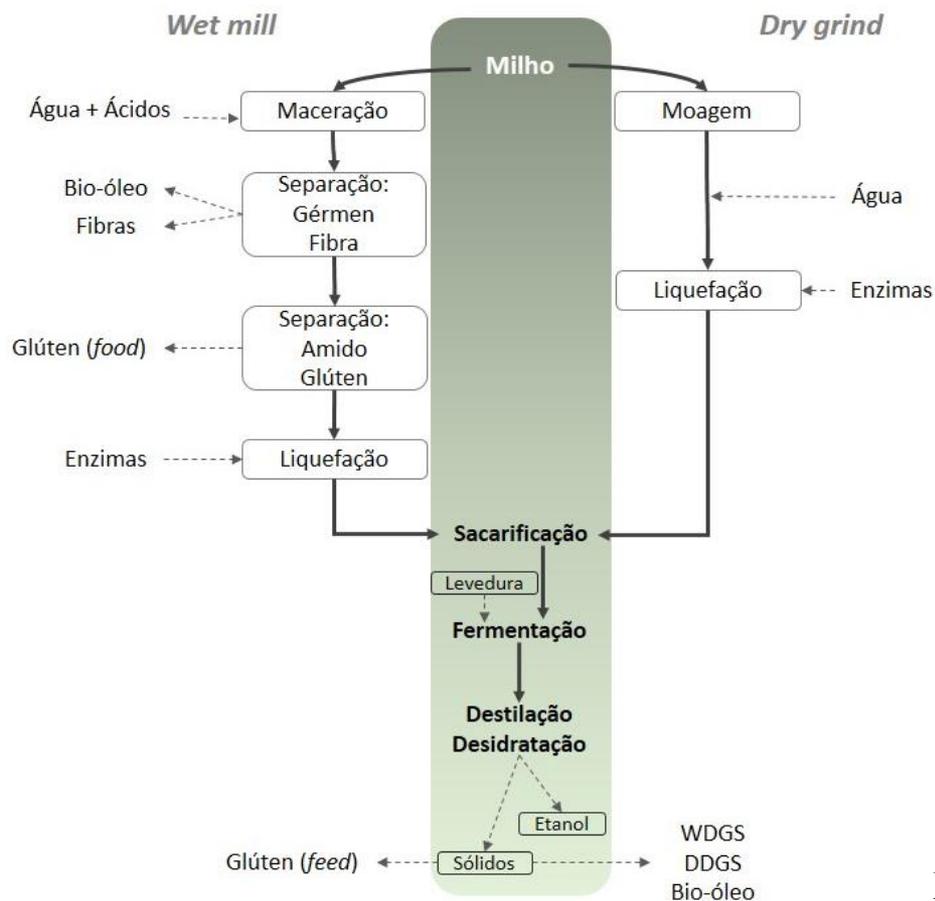


Figura 8 – Evolução da produção de milho de 2ª safra no MT e áreas ocupadas com soja e milho na segunda safra.

Fonte: UNEM, 2022.

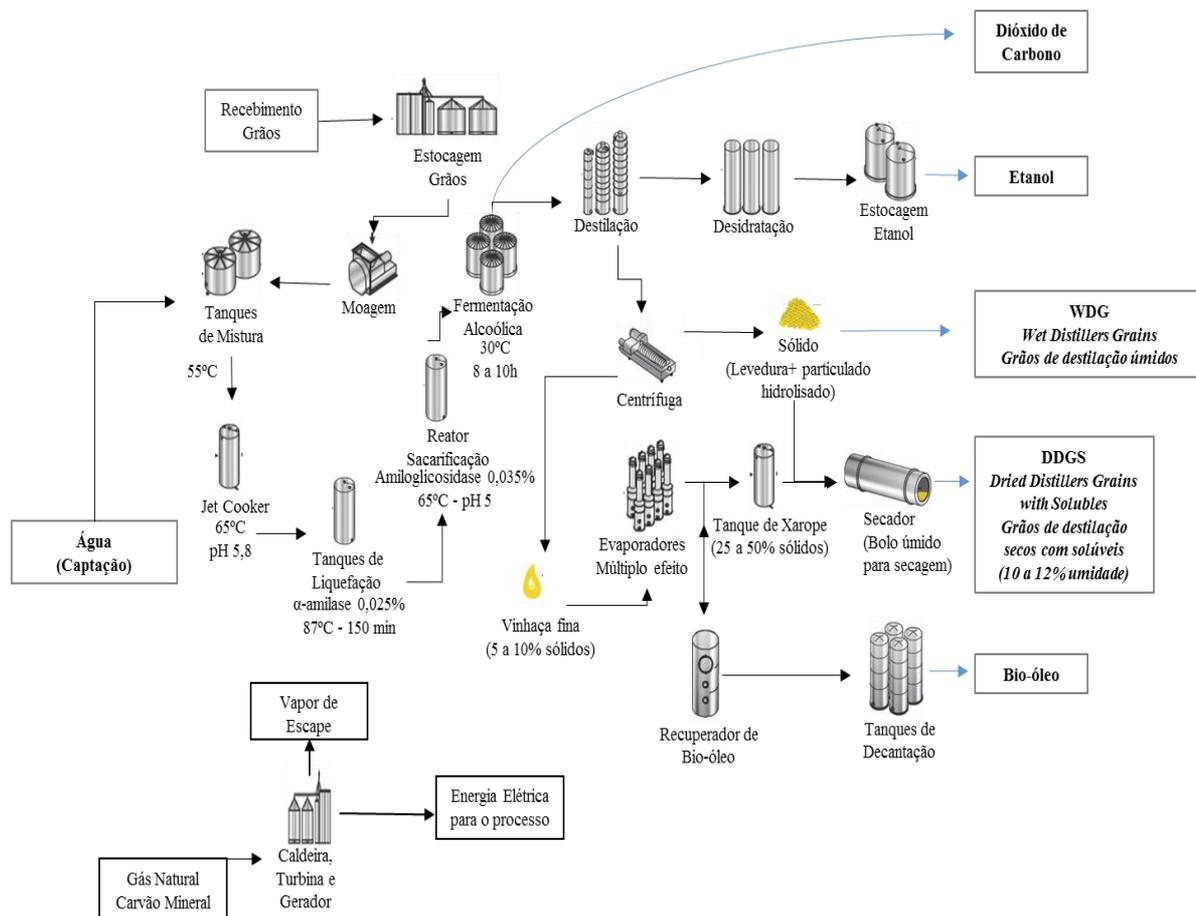
Tipos de processos de produção de etanol a partir de milho



Fonte: Douradinho, 2023.

Figura 9 - Fluxograma simplificado de produção de etanol de milho.

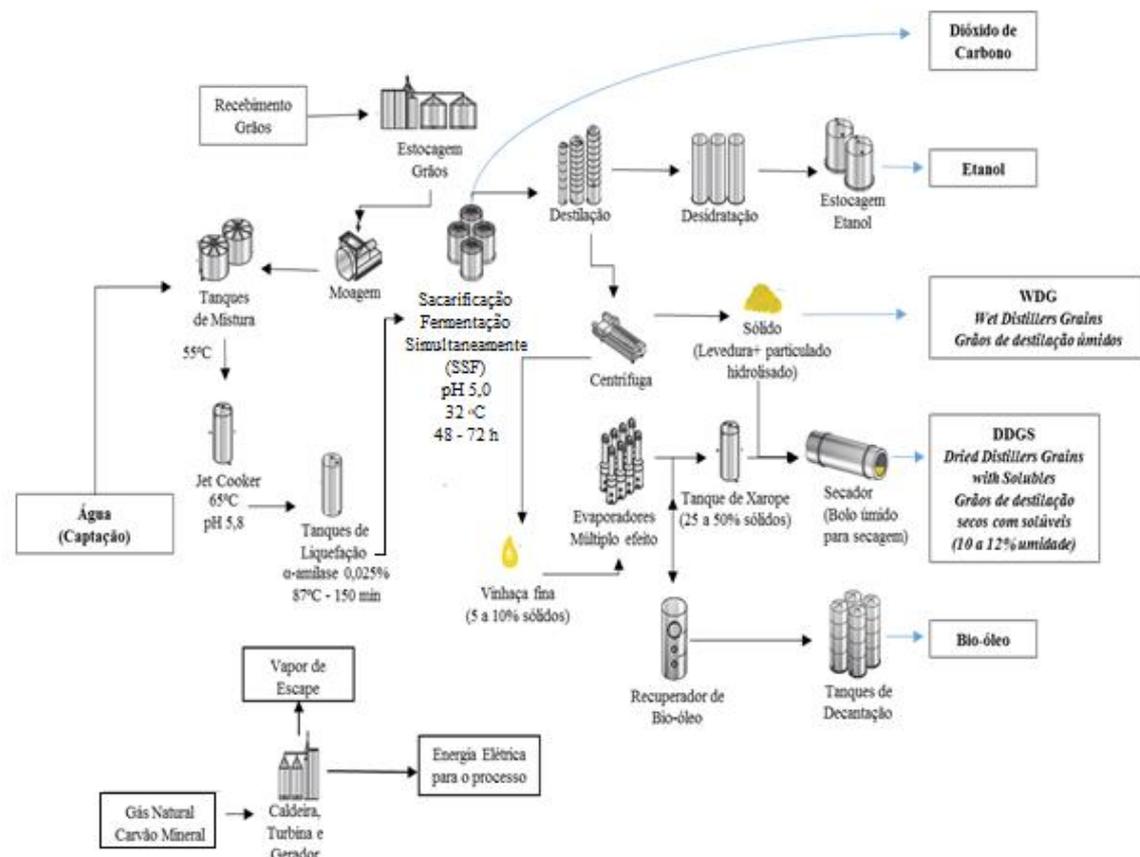
Tipos de processos de produção de etanol a partir de milho



Fonte: Douradinho, 2023.

Figura 10 - Fluxograma do processo convencional SHF (“*Separate Hydrolysis and Fermentation*”) de produção de etanol de milho: hidrólise e fermentação conduzidas em etapas distintas.

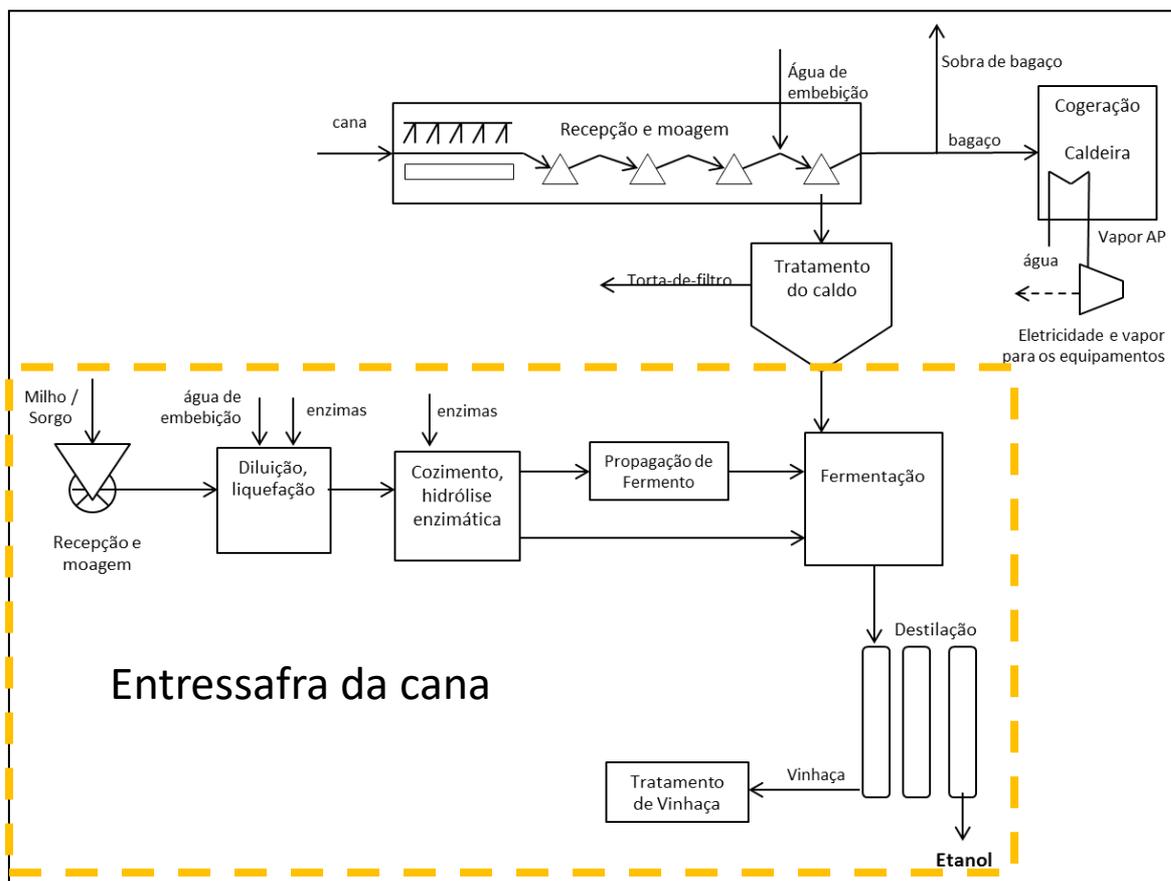
Tipos de processos de produção de etanol a partir de milho



Fonte: Douradinho, 2023.

Figura 11 - Fluxograma do processo convencional SSF (“*Simultaneous Hydrolysis and Fermentation*”) de produção de etanol de milho: hidrólise e fermentação conduzidas simultaneamente na mesa etapa.

Processos de produção de etanol a partir de milho no Brasil



Fonte: Donke, 2016.

Figura 12. Esquema ilustrativo de uma Usina Flex.

Processos de produção de etanol a partir de milho no Brasil

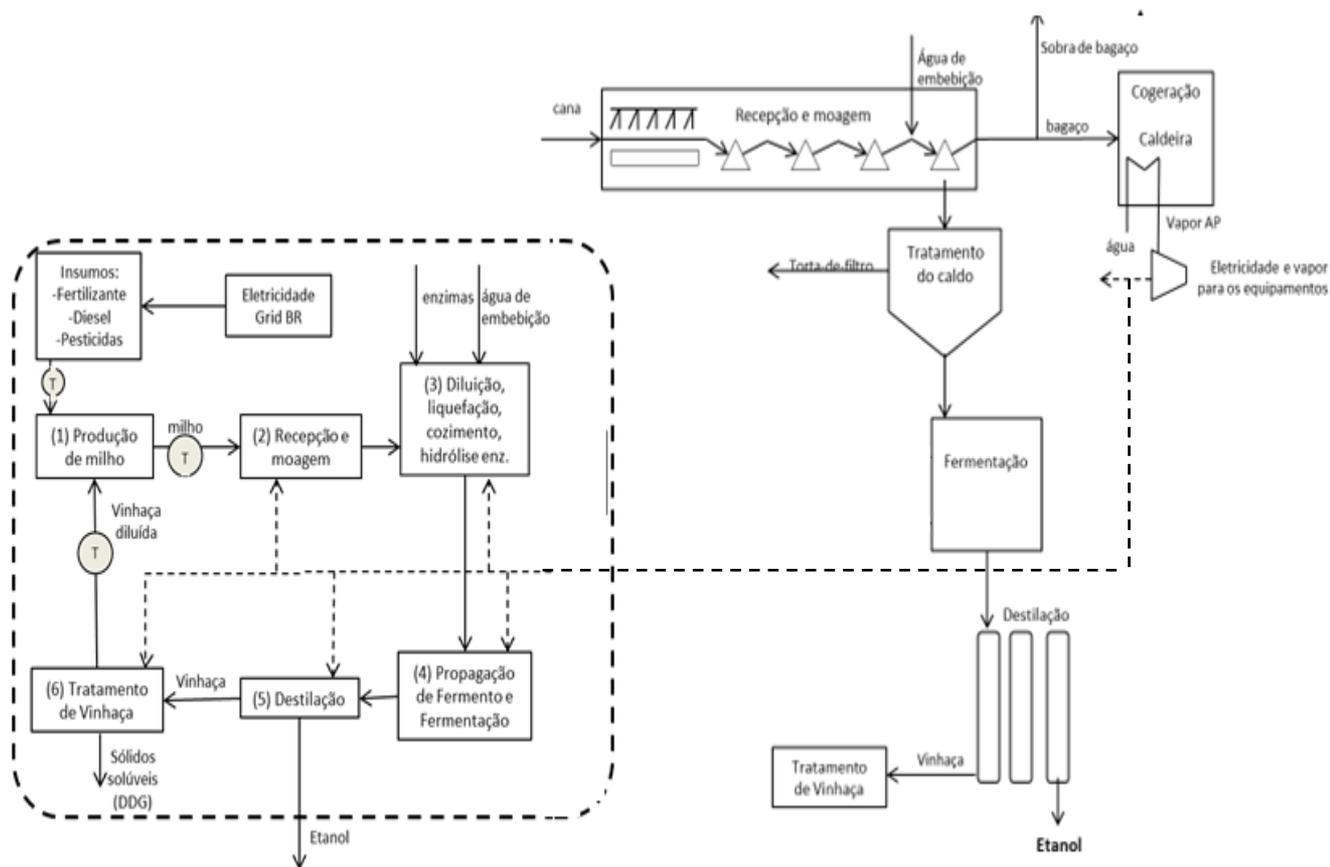


Figura 13 – Usina flex integrada : etanol de milho de cana em paralelo.

Fonte: Donke, 2016; Neves et. al., 2023.

Processos de produção de etanol a partir de milho no Brasil

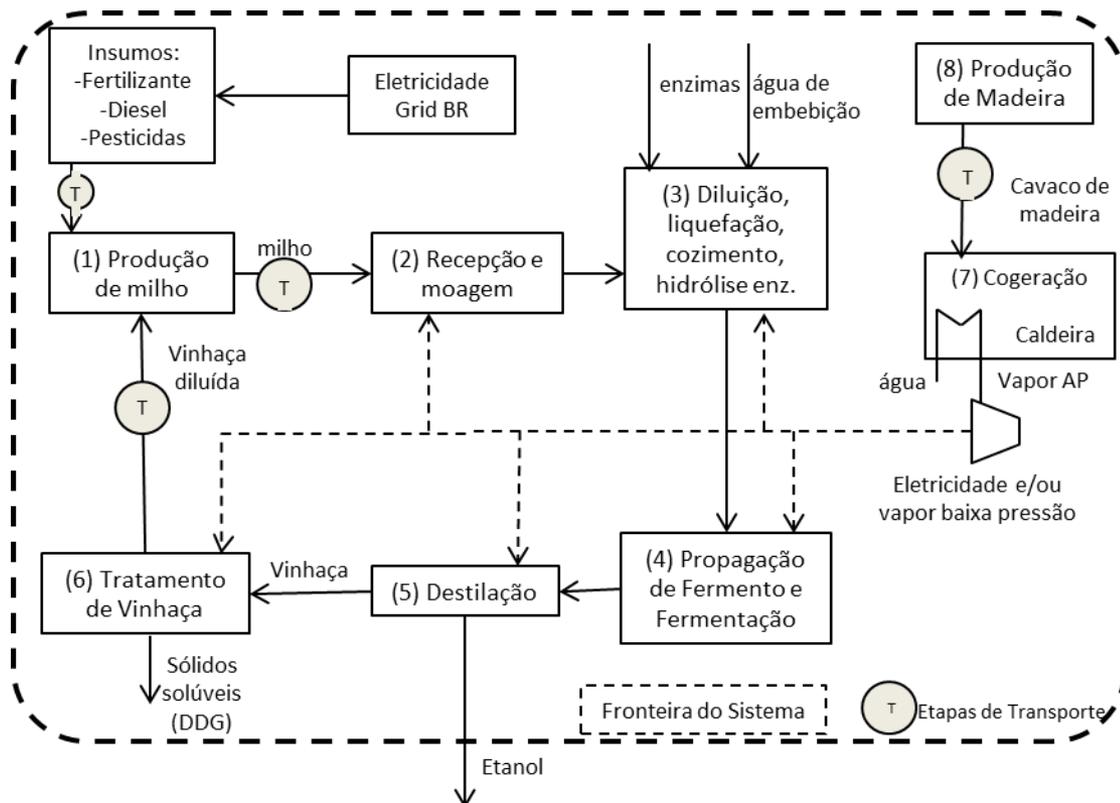
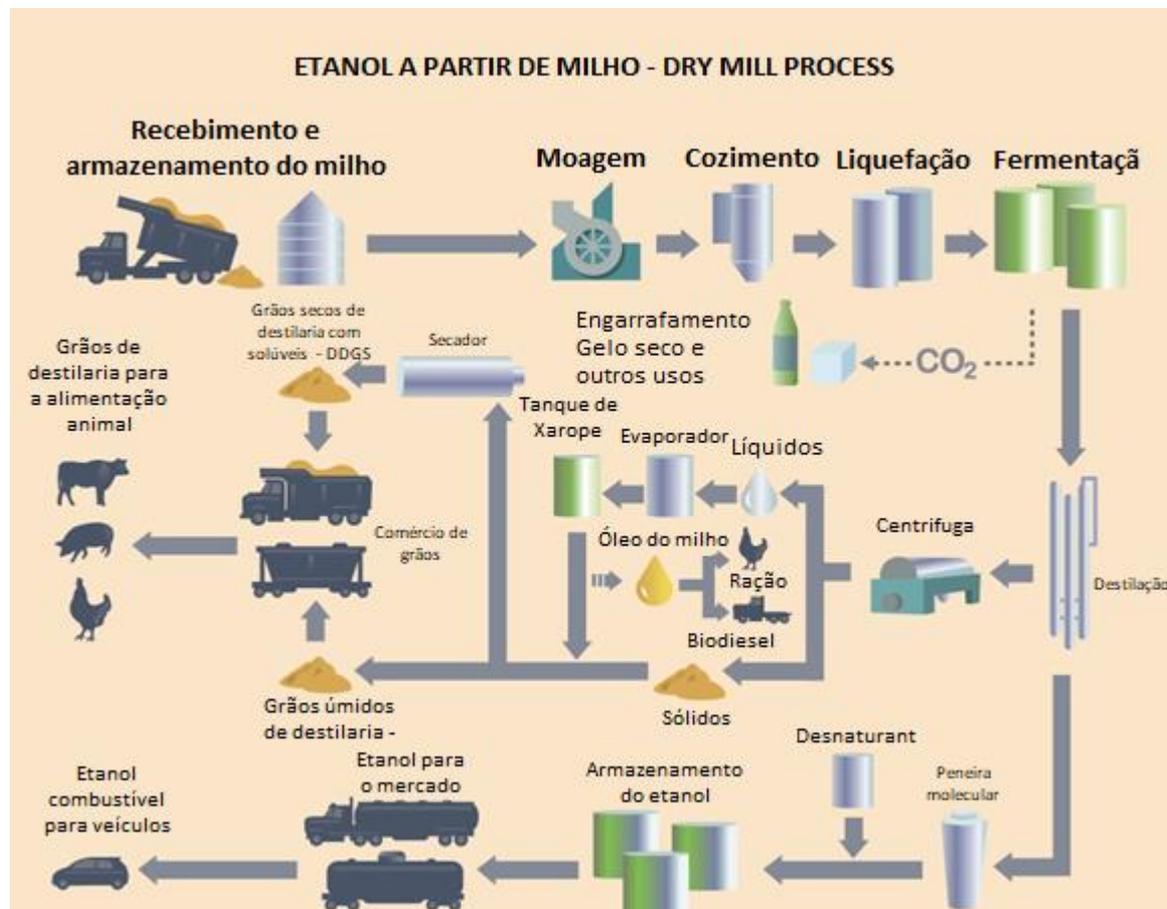


Figura 14 – Diagrama do processo de produção de etanol milho de uma usina Full.

Fonte: Donke, 2016; Neves et. al., 2023.

Coprodutos da produção de etanol a partir de milho



Produtos obtidos a partir de 1 tonelada de milho.

- a) 430 L etanol;
- b) 300 kg de DDGS
- c) 14,29 kg de óleo
- d) 223 kg de CO₂

Figura 15 - Fluxograma simplificado de produção de etanol de milho pelo process Dry mill.

Cadeia de produção do etanol a partir de milho no Brasil

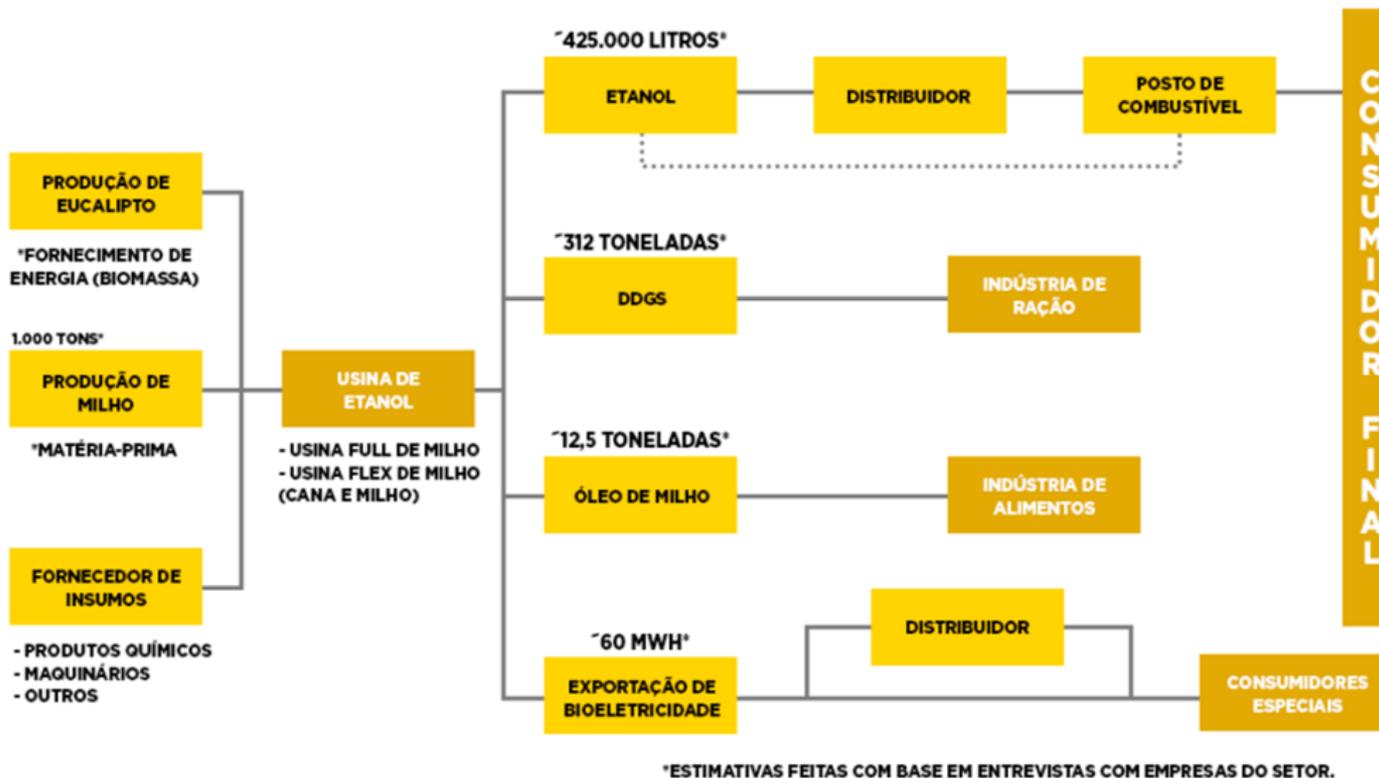


Figura 16. Cadeia Produtiva do Etanol de Milho no Brasil.
 Fonte : Neves et. al. (2021).

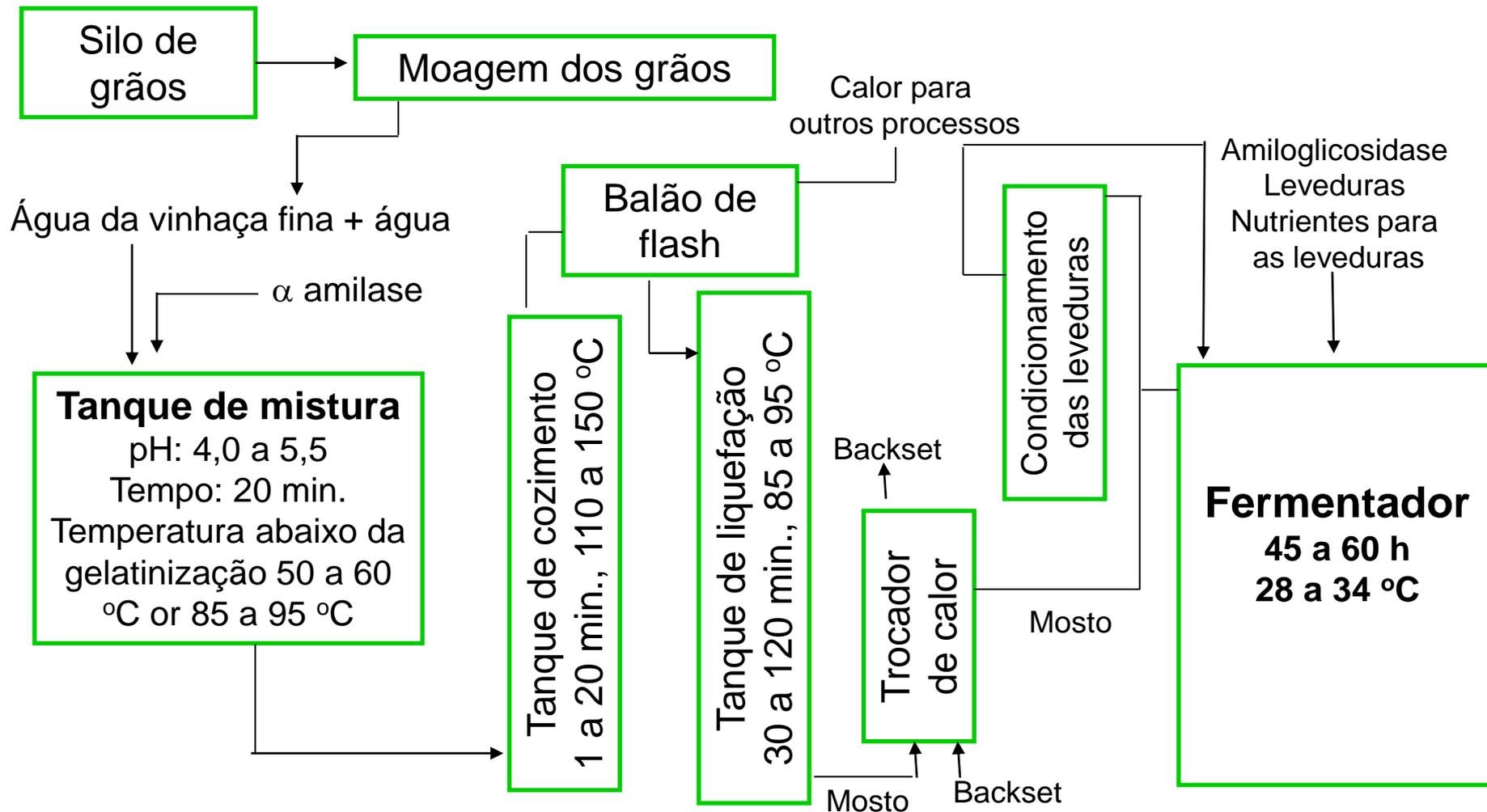
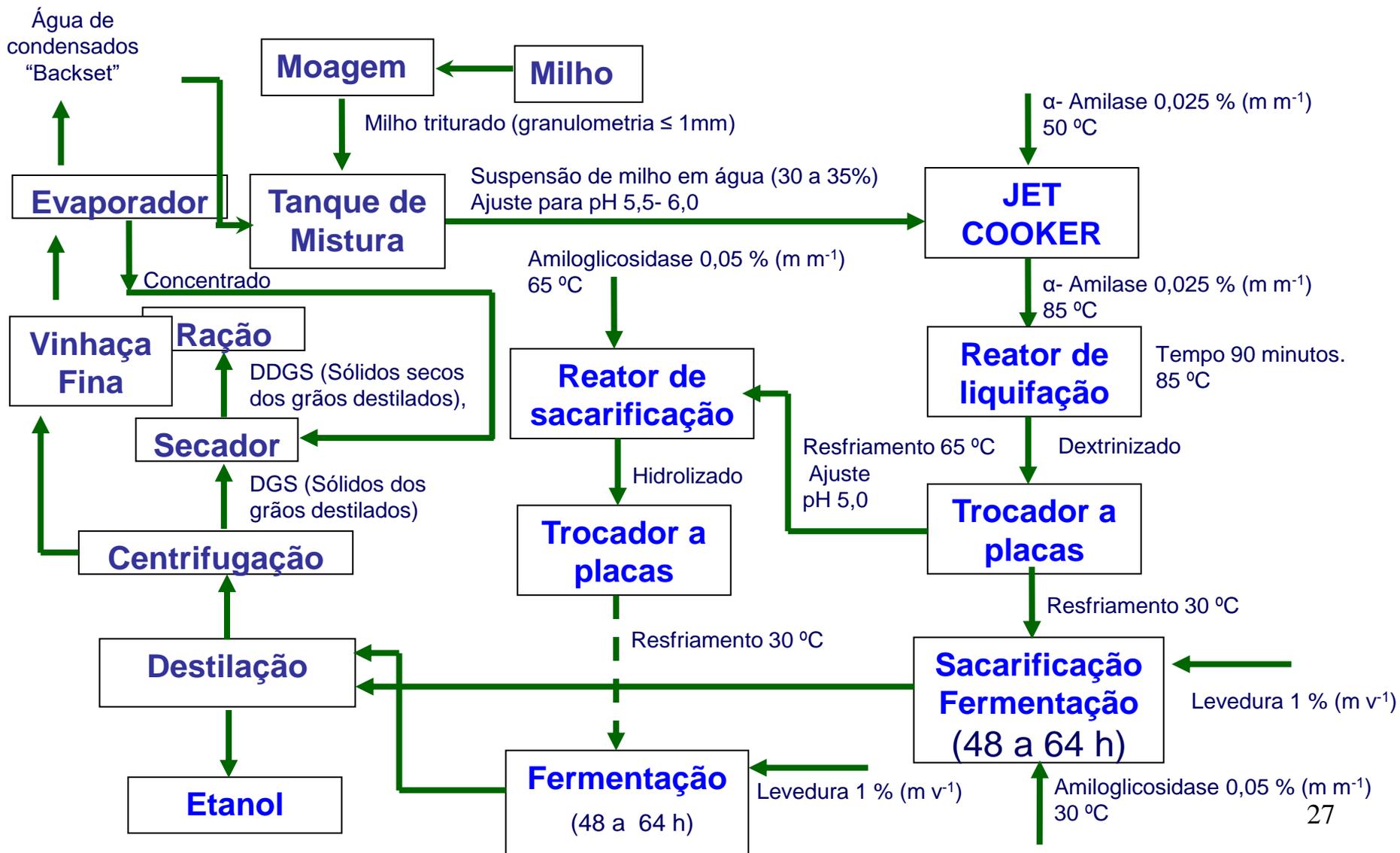


Figura 17 - Layout esquemático do sistema típico de hidrólise



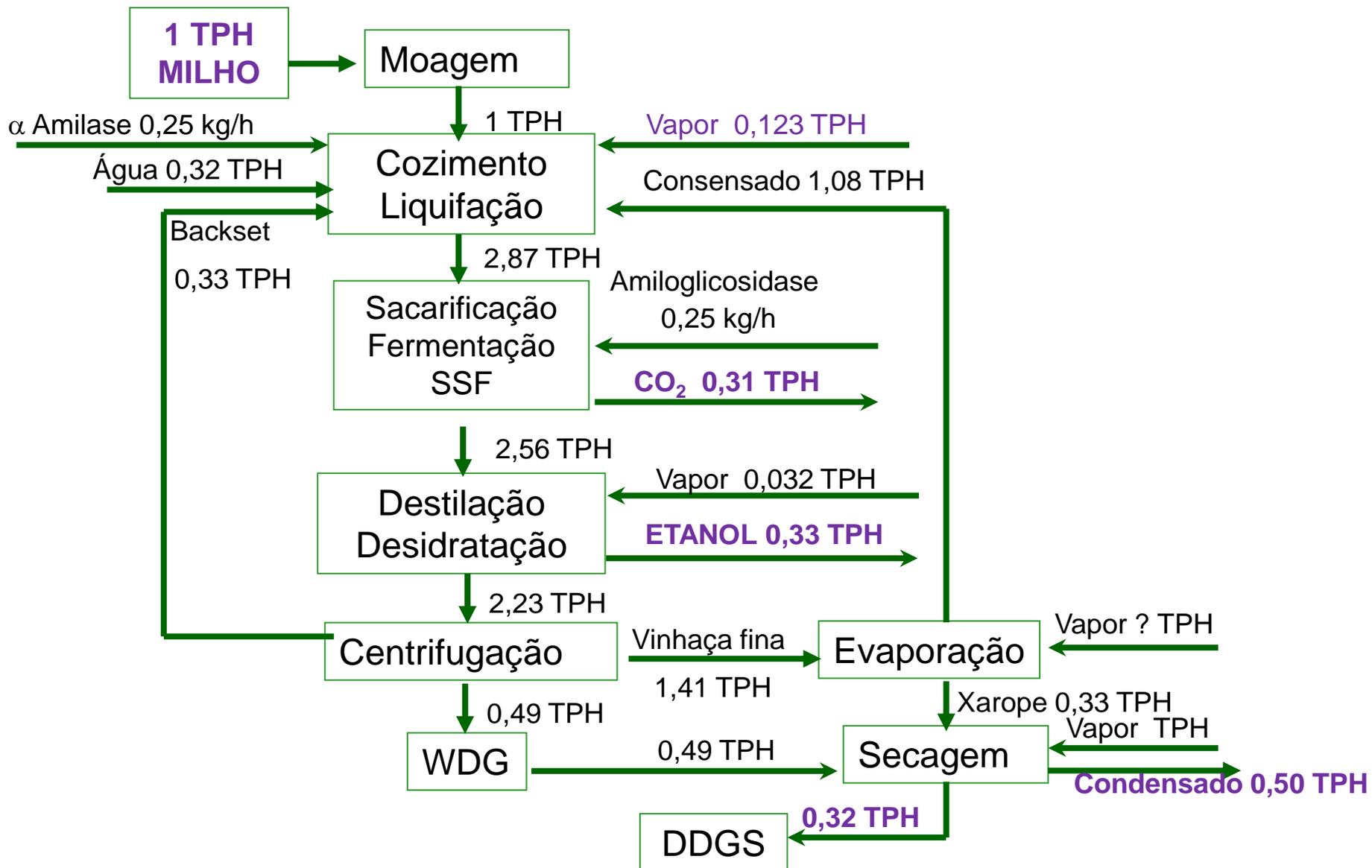


Figura 18 –Balanço de massas no processo de produção de etanol a partir de milho por moagem a seco.



6 Considerações finais



- ✓ Os polissacarídeos podem ser utilizados para a produção de álcool. Contudo, precisam ser submetidos a um processo de hidrólise;
- ✓ A hidrólise pode ser por via ácida ou enzimática;
- ✓ O preparo do mosto de fontes amiláceas para a fermentação alcoólica envolve duas etapas a mais do que o mosto obtido a partir de caldo de cana. As etapas acrescentadas são: aquecimento/gelatinização e hidrólise. As enzimas que precisam ser adicionadas ao processo nessas duas etapas são α -amilase e amiloglicosidase. Isto explica porque o maior custo de produção do álcool obtido a partir dessas fontes.

7. Referências

1. INGLEDEW, W.M., KELSALL, D.R., AUSTIN, G.D., KLUHSPEIS, C. The Alcohol Textbook. 5a Ed. , Nottingham: Nottingham University press, 2009. 541p
2. <http://www.apta.sp.gov.br/cana/workshops.php>.
3. <http://www.usda.gov>
4. GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F.E.B.; COELHO, S. T. *Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas*. São Paulo : Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152p
5. RFA, 2023. <https://ethanolrfa.org/>



AGRADECIMENTOS



MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

Prof. Antonio Sampaio Baptista