



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Curso Técnico em Química

OBTENÇÃO DE ETANOL Á PARTIR DE PRODUTOS AMILÁCEOS E AÇUCARADOS

PRODUCTION OF ETHANOL FROM STARCHY AND SUGARY PRODUCTS

Amanda Tavares Pedrão¹

Ana Gabrieli Nacamoto Nantes²

Gilberto Eli Cardoso Junior³

Resumo: O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo analisar e explorar a produção de álcool a partir de produtos amiláceos. A pesquisa aborda todas as etapas do processo, desde a seleção das matérias-primas até a destilação e purificação do álcool, analisando também a hidrólise e fermentação. Além disso, discute aspectos relacionados ao controle de qualidade, sustentabilidade e as aplicações do álcool produzido.

O etanol tem grande importância na matriz energética brasileira, sendo amplamente utilizado como combustível automotivo, puro ou misturado com gasolina. No Brasil, a cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para sua produção, com aproveitamento de subprodutos como bagaço e palha. No entanto, outras fontes ricas em amido, como cereais e tubérculos, estão sendo exploradas como alternativas viáveis.

O estudo também destaca que apenas três empresas no Brasil possuem

¹ Formação do aluno do curso Técnico em Química, na Instituição Etec Jacinto Ferreira de Sá, Ourinhos – SP – amanda.pedrao@etec.sp.gov.br.

² Formação do aluno do curso Técnico em Química, na Instituição Etec Jacinto Ferreira de Sá, Ourinhos – SP – ana.nantes@etec.sp.gov.br.

³ Formação do aluno do curso Técnico em Química, na Instituição Etec Jacinto Ferreira de Sá, Ourinhos – SP – gilberto.cardoso@etec.sp.gov.br



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

licenciamento para produzir álcool a partir de resíduos da indústria alimentícia, como

biscoitos e chocolates. Esse tipo de produção destina-se a diversos setores, incluindo produtos de limpeza, farmacêuticos, combustíveis e perfumes.

A produção e utilização do álcool como biocombustível são essenciais para a redução da poluição e do aquecimento global. Embora a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar seja bem estabelecida, novas matérias-primas estão sendo consideradas para ampliar a produção em diferentes regiões agrícolas, criando oportunidades para pequenos produtores e fortalecendo a economia sustentável.

Palavras-chave: Etanol, amiláceos, amido, álcool, produção

Abstract: This undergraduate thesis aims to explore the production of ethanol from starchy products. The research covers all stages of the process, from the selection of raw materials to the distillation and purification of the alcohol, also analyzing hydrolysis and fermentation. Additionally, it discusses aspects related to quality control, sustainability, and the applications of the produced ethanol.

Ethanol plays a significant role in Brazil's energy matrix, being widely used as automotive fuel, either pure or blended with gasoline. In Brazil, sugarcane is the main raw material for ethanol production, with by-products such as bagasse and straw also being utilized. However, other starch-rich sources, such as cereals and tubers, are being explored as viable alternatives.

The study also highlights that only three companies in Brazil are licensed to produce ethanol from food industry waste, such as cookies and chocolates. This type of production is intended for various sectors, including cleaning products, pharmaceuticals, fuels, and perfumes.

The production and use of ethanol as a biofuel are essential for reducing pollution and global warming. Although ethanol production from sugarcane is well established, new raw materials are being considered to expand production in different agricultural regions, creating opportunities for small producers and strengthening the sustainable economy.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Keywords: Ethanol, starch, alcohol, production

1 INTRODUÇÃO

Desde a existência do homem na terra, o álcool se estabelece como uma fonte de significativa funcionalidade e importância (CHIEPPE JUNIOR, 2012).

O presente trabalho de conclusão de curso é fruto de uma pesquisa de campo realizada na usina Ubirálcool – álcool de cereais, localizada no município de Ubirajara, interior do estado de São Paulo, onde aborda a produção de álcool a partir de produtos amiláceos, explorando os processos envolvidos, desde a seleção das matérias-primas até a destilação e purificação do álcool. A pesquisa aprofunda os métodos de hidrólise e fermentação, além de discutir aspectos como controle de qualidade, aplicações do álcool produzido, e a importância da sustentabilidade nesse processo. Com foco em fornecer uma visão abrangente e detalhada sobre o tema, o TCC visa contribuir para a compreensão da produção de álcool e suas implicações sociais, ambientais e econômicas.

No parâmetro atual surgiu a ideia das quatro gerações do etanol tem ganhado destaque, como um sistema de classificação das diferentes tecnologias de produção. A primeira geração de biocombustíveis é obtida a partir de matérias-primas alimentícias, como milho, cana-de-açúcar, soja e trigo. A produção desses biocombustíveis normalmente envolve fermentação ou transesterificação, sendo derivados de açúcares e, amidos e gorduras. A segunda geração de biocombustíveis é baseada em biomassa lignocelulósica, ou seja, materiais não alimentícios como e outros tipos de matéria orgânica. Para converter essa biomassa em biocombustíveis, são utilizados processos como hidrólise enzimática ou pirólise, que visam quebrar a celulose e liberar açúcares que podem ser fermentados. A terceira geração de biocombustíveis é obtida a partir de microalgas. Essas algas podem ser cultivadas em ambientes aquáticos, como tanques ou fotobiorreatores, onde produzem óleos ricos em lipídios, que podem ser convertidos em biodiesel ou outros biocombustíveis. Além disso, as algas também têm o potencial de gerar biocombustíveis gasosos, como o metano, ou líquidos, como o bioquerosene. A quarta geração de biocombustíveis marca um grande progresso no aproveitamento de biomassa, CO₂ retirado da atmosfera e micro-organismos geneticamente modificados. O foco principal é capturar o carbono presente na atmosfera ou em fontes industriais e



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

transformá-lo em biocombustíveis por meio de processos biológicos ou químicos avançados, frequentemente com o auxílio de organismos modificados geneticamente. Isso pode incluir o uso de algas geneticamente alteradas ou outras fontes inovadoras de biomassa.

O etanol ou álcool etílico é um biocombustível com grande aplicação em motores automotivos, seja ele puro ou misturado com aditivos ou gasolina. No país, é produzido predominantemente através do processamento da cana-de-açúcar, uma gramínea cujos caules robustos são ricos em sacarose. Os resíduos desse processo também são reaproveitados para a produção do etanol, que é o caso do bagaço e a palha da planta. No entanto, novas opções estão ganhando espaços no mercado, uma vez que o etanol é produzido pela fermentação alcoólica de açúcares (WALTER et al, 2014)

O álcool etílico, frequentemente usado como combustível, solvente e no setor de bebidas, pode ser obtido de várias fontes. Dentre esses, os produtos amiláceos se sobressaem pela sua vasta disponibilidade e capacidade de transformação em etanol. Os amidos, encontrados em cereais, tubérculos e outras plantas, constituem uma opção econômica e sustentável para a fabricação de álcool, especialmente em situações onde o uso de açúcar pode não ser tão viável.

A fabricação de álcool a partir de matérias-primas amiláceas requer procedimentos biotecnológicos, como a hidrólise do amido por enzimas, o que possibilita a transformação de polissacarídeos em açúcares fermentáveis. Este trabalho busca explorar os principais métodos de produção de etanol e analisando não apenas a eficiência dos processos, mas também os impactos ambientais e econômicos associados.

Atualmente, o Brasil apresenta apenas três empresas que são licenciadas pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental que produzem álcool através de resíduos descartados das indústrias alimentícias como biscoitos, doces, chocolates e outros alimentos ricos em amido e açúcar, com o objetivo de serem processados para a produção de álcool etílico que se destina ao uso em produtos de limpeza, combustível, farmacêuticas, perfumes e bebidas.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

A produção e uso do álcool como combustível renovável tem ênfase na redução da poluição e limitação do aquecimento global. É importante ressaltar que em nosso país a produção de álcool com uso da cana de açúcar já é bem-sucedida, no entanto, outras matérias-primas estão sendo consideradas para possibilitar a produção em regiões agrícolas, dando oportunidades para pequenos produtores usando matérias que contêm um alto teor em amido.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória, qualitativa e aplicada, com o objetivo de investigar e compreender os processos industriais de produção de etanol a partir de matérias-primas amiláceas. A pesquisa foi desenvolvida em campo, na Usina Ubirálcool – Álcool de Cereais, situada no município de Ubirajara (SP), cuja atividade principal é a produção de álcool etílico a partir de resíduos de alimentos ricos em amido, como biscoitos, massas, doces e cereais.

O estudo envolveu uma abordagem descritiva, com foco nos métodos utilizados na transformação de resíduos amiláceos em álcool. Para isso, foram aplicadas as seguintes técnicas de coleta de dados:

1. Observação direta das etapas do processo industrial (desde o recebimento das matérias-primas até a destilação do álcool);
2. Entrevistas semiestruturadas com profissionais da área técnica da usina, como engenheiros de produção, operadores de fermentação e controle de qualidade;
3. Análise de documentos técnicos e relatórios operacionais fornecidos pela própria usina, com informações sobre processos, fluxogramas, volumes de produção e indicadores ambientais.

2.1 Etanol no Brasil

No Brasil a produção de etanol a partir de cereais em escala comercial começou no ano de 2012 no estado do Mato Grosso, tendo como matéria-prima o milho (*Zea mays*), cereal com produção e oscilação de preços na região. As usinas que



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

processam tanto a cana-de-açúcar quanto o milho são chamadas de usinas flex, pois o processo de produção é semelhante para ambas as culturas (FREITAS; MIURA, 2018).

No período que vai do início das civilizações até meados do século XIX, a principal fonte de energia utilizada foi a Biomassa. Em 1850, cerca de 85% da energia usada tinha como fonte a madeira, o carvão e outros produtos de origem vegetal. Atualmente, com a predominância do petróleo e o aumento no consumo de outras fontes de energia, a biomassa fica responsável por cerca de 10% do consumo mundial (SOUZA et al., 2010, p. 2).

Porém, devido à preocupação em reduzir a emissão dos gases do efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global, tem-se buscado hoje a substituição dos combustíveis fósseis por novas fontes de energia mais limpa e que permitam um desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, o Brasil vem se destacando com a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. O etanol trata-se de uma fonte de energia natural, limpa, renovável e sustentável e que pode ser produzido a partir de várias matérias-primas, como milho, trigo, beterraba e cana-de-açúcar. No Brasil, o etanol substitui pouco mais de metade da gasolina que seria usada se não houvesse o uso em larga escala do etanol. É interessante também destacar o uso do bagaço da cana para gerar eletricidade e que pode alcançar, até 2020, um nível de produção comparável à produção da usina de Itaipu (SOUZA et al., 2010, p. 2).

2.2 Tipos de Etanol

O etanol produzido em escala industrial possui uma composição que varia conforme sua finalidade. Nas próximas unidades, exploraremos com mais profundidade os diferentes critérios de classificação do etanol, mas, de forma resumida, podemos apresentar a seguinte divisão do álcool fabricado no Brasil:

1. Álcool hidratado: geralmente contém um teor de umidade residual entre 4% e 6%. Esse tipo de álcool é utilizado como combustível para veículos movidos a álcool ou com motor Flex. Também pode ser empregado como agente de limpeza ou como insumo na indústria.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

2. Álcool anidro: possui um teor de água inferior a 1% e é principalmente utilizado como aditivo à gasolina, atualmente em uma proporção de cerca de 25%.
3. Álcoois finos: trata-se de um álcool com baixíssimo teor de impurezas, especialmente aquelas que possam alterar o sabor ou o aroma do produto. É destinado à fabricação de bebidas, produtos farmacêuticos e perfumes.

2.3 Etanol de Cereais

O álcool de cereais é um tipo de etanol obtido a partir da fermentação de grãos como milho, arroz, sorgo e trigo, podendo atingir até 96% de pureza. Sua alta concentração o torna extremamente versátil, sendo amplamente utilizado na produção de Bebidas, onde serve como base para licores e destilados, ajudando a extrair os sabores de frutas, ervas e especiarias. Na culinária, ele é essencial na extração de aromas, como no preparo de extrato de baunilha caseiro, resultando em sabores mais intensos e naturais. Além disso, é um excelente aliado na limpeza doméstica, funcionando como antisséptico e desinfetante eficaz para eliminar microrganismos e manter superfícies higienizadas. Também é muito eficiente na limpeza de vidros e espelhos, garantindo um brilho impecável sem deixar manchas. No cuidado pessoal, pode ser utilizado na fabricação de desodorantes naturais e tônicos faciais, oferecendo uma alternativa econômica e sustentável para a higiene diária. Outro uso importante está na conservação de alimentos, ajudando a preservar frutas, vegetais e conservas caseiras por mais tempo. Além disso, o álcool de cereais pode ser empregado na aromatização de ambientes, misturado a óleos essenciais para criar fragrâncias agradáveis e personalizadas. No entanto, seu uso requer precaução, pois é altamente inflamável e deve ser armazenado em locais seguros, longe de fontes de calor e chamas. Seu consumo em grandes quantidades também pode ser tóxico, exigindo atenção ao manuseio. Versátil e eficiente, o álcool de cereais é um recurso valioso para diferentes finalidades, desde a gastronomia até a higiene e limpeza, mas sempre com o devido cuidado. (Cidesp, 2025)

2.4 Gerações de Biocombustíveis

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Os biocombustíveis são classificados em diferentes gerações, conforme a origem da matéria-prima e a tecnologia empregada na sua produção:

1. Primeira geração (1G):

Produzidos a partir de matérias-primas alimentares, como açúcares, amidos e óleos vegetais. Exemplos: etanol, biodiesel, biogás e diesel verde.

2. Segunda geração (2G):

Obtidos de biomassa lignocelulósica, ou seja, resíduos agrícolas, florestais e industriais. Exemplos: etanol 2G, biometano e biohidrogênio.

3. Terceira geração (3G):

Derivados de algas, que possuem alta produtividade e não competem com a produção de alimentos. Exemplo: biocombustíveis de algas.

4. Quarta geração (4G):

Utilizam organismos geneticamente modificados, como microalgas, para aumentar a eficiência da produção de combustíveis. Exemplos: combustíveis sintéticos e avançados.

Figura 1-Gerações de biocombustíveis



Fonte: Agroadvance, 2024.

2.5 Impactos ambientais e econômicos do Etanol de Produtos Amiláceos e açucarado



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

A produção de etanol a partir de amidos de bolacha, pães, tapioca e mandioca tem como vantagem principal o aproveitamento de resíduos alimentares e de subprodutos da indústria de alimentos. Bolachas e pães descartados, por exemplo, são ricos em amido e podem ser transformados em etanol através de processos fermentativos, reduzindo a quantidade de resíduos sólidos enviados para aterros sanitários e minimizando a emissão de gases de efeito estufa associados à decomposição desses resíduos (FERREIRA DAS DORES, 2023). No caso da mandioca e da tapioca, o uso de suas raízes na produção de etanol também permite a valorização de uma cultura agrícola que, de outra forma, poderia ser subaproveitada.

Por outro lado, a produção de etanol a partir de cana-de-açúcar e batata-doce, embora já mais estabelecida, apresenta alguns desafios ambientais. A cana-de-açúcar, por exemplo, é uma das principais fontes de etanol no Brasil, mas seu cultivo exige grandes áreas de terra, uso intensivo de água e aplicação de defensivos agrícolas. Essas práticas podem resultar em degradação do solo, redução da biodiversidade e impactos negativos nos recursos hídricos, especialmente em regiões com escassez de água (ALMEIDA et al., 2020). A batata-doce, por ser uma cultura menos intensiva em comparação com a cana, pode ser uma alternativa mais sustentável, especialmente em sistemas agroecológicos, onde seu cultivo é integrado a outras práticas agrícolas sustentáveis.

2.6 Matérias primas amiláceas para produção de Etanol

Atualmente, o ramo alimentício, um dos mais influentes globalmente, produz grandes quantidades de resíduos que não seguem as especificações exigidas, seja por questões de qualidade, vencimento, contaminação ou pela presença de resíduos oriundos dos equipamentos e máquinas do processo produtivo (AQUARONE, 1990; GAVA, 2009).

Na produção de alimentos, os principais insumos empregados são os amidos encontrados em derivados de cereais, como milho e trigo, além dos açúcares provenientes da dextrose, glicose, frutose e também do xarope de malte (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1988; MARCELINO, 2008).

Portanto, qualquer produto que contenha açúcares ou amido, pode ser utilizado como matéria-prima para a obtenção do etanol, sendo assim, os resíduos da indústria alimentícia

tais como, o pão industrial, panetone, biscoitos, bolachas, doces e macarrão, pode ser aplicado ao processo produtivo deste composto químico. Entretanto, para que seja viável economicamente é preciso considerar-se seu volume de produção, o rendimento industrial e o custo de fabricação (LIMA, 2001).

Figura 2 – Pão de forma



Figura 3 – Bolacha negresco



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

2.7 Diferença do Etanol açucarados e Amiláceos

O bioetanol pode ser obtido a partir de qualquer tipo de biomassa com grande quantidade de carboidratos, principalmente amido ou açúcares como glicose, sacarose, frutose e maltose. Quando a biomassa é açucarada, como no caso da cana-de-açúcar e da beterraba, o processo de produção é mais simples, exigindo menos etapas, já que os açúcares presentes podem ser fermentados diretamente, sem a necessidade de passar por hidrólise, uma etapa comum no processamento de matérias-primas amiláceas. Em termos gerais, o processo envolve a extração dos açúcares através de moagem ou difusão, que seguem diretamente para a fermentação. Após essa etapa, o líquido gerado é destilado. (LINS, 2021)

2.7.1 Amido

O amido possui dois polímeros da glicose, a amilopectina e a amilose, ambas moléculas de cadeia longa cuja principal diferença está no fato de a primeira ser altamente ramificada e a segunda não. É a principal fonte de armazenamento de energia das plantas, e essa reserva é encontrada no formato de grânulos que estão distribuídos em regiões alternadas, amorfas ou cristalinas da célula vegetal (LEHNINGER, 1995)

Figura 4 – Fórmula do amido

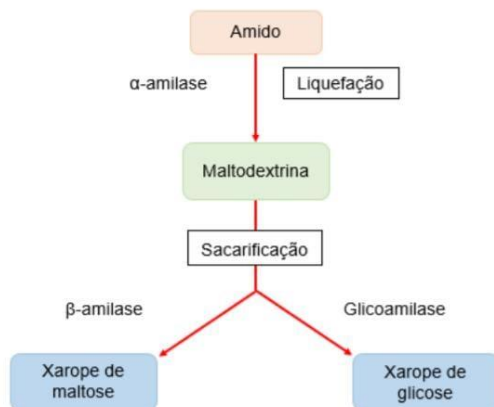
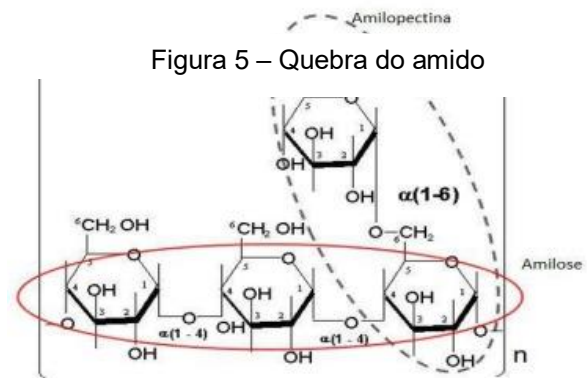


Figura 5 – Quebra do amido



Fonte: adaptado de Berg, Tymoczko e Stryer, 2010 Fonte: constituintes do amido (BOBBIO, 2003).

2.5.2 Açúcarado

As matérias-primas ricas em açúcares possuem em sua composição compostos já adequados para o processo fermentativo, não sendo necessária, portanto, a conversão do amido em glicose e frutose, o que representa uma vantagem significativa em termos de custo e duração do processo (SANTOS, 2012).

2.5.3 α- Amilase



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Pertencem ao grupo das endoamilases, atuando de forma aleatória ao longo das cadeias de amilose e amilopectina, hidrolisando as ligações α -1,4 e liberando malto-oligossacarídeos. As ligações α -(1,6) não são rompidas por essa enzima. Também conhecidas como enzimas dextrinizantes, essas enzimas se dividem em duas categorias, conforme o grau de hidrólise do substrato: α -amilases sacarificantes, que hidrolisam de 50 a 60% do substrato, e as liquefacientes, que degradam de 30 a 40% do substrato. De maneira geral, essa enzima ataca os grânulos de amido, gerando dextrinas que posteriormente serão hidrolisadas pela β -amilase (MC KNIGHT e MAZZIEIRO, 2000).

2.5.4 β - Amilase

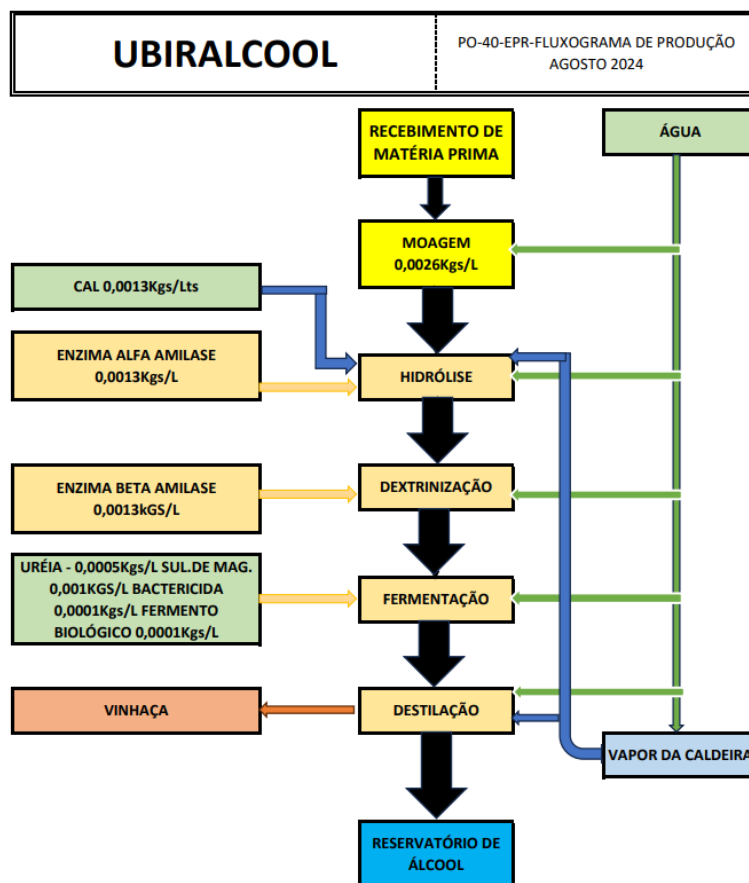
É uma exoenzima que hidrolisa as ligações β -(1,4) a partir da extremidade não redutora, gerando maltose, não conseguindo, entretanto, hidrolisar as ligações α -1,6 presentes nos substratos ramificados. Em outras palavras, essa enzima é impedida por ramificações ou outras irregularidades na cadeia. Dessa forma, a amilopectina é apenas parcialmente degradada pela β -amilase (MC KNIGHT e MAZZIEIRO, 2000).

3 MATERIAS E METODOS

A produção de álcool a partir de produtos amilaceos envolve uma série de etapas sequenciais, desde o pré-tratamento da matéria-prima até a destilação e purificação do álcool. As principais etapas do processo são:

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Figura 6 – Fluxograma da usina



Fonte: Ubiralcool, 2024

3.1 Recebimento de matéria-prima

Onde os materiais são descarregados, armazenados e é realizado a separação dos produtos açúcarados e amiláceos.

Figura 7 – Recebimento da matéria-prima



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

3.2 Análises laboratoriais

A produção de etanol a partir de matérias-primas ricas em amido é amplamente utilizada na indústria de biocombustíveis. Entretanto, é necessário realizar análises laboratoriais das matérias-primas antes de todos os processos para analisar o teor de açúcar, teor de amido, teor alcoólico, rendimento e a fermentação, já que a eficiência do processo de fabricação de etanol de produtos amiláceos é diretamente ligada à qualidade dos insumos presentes nas matérias-primas.

Figura 8 – Amostra waffer



Figura 9 - Amostra refugo de bolacha e chocolates



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

3.3 Moagem

No processo da moagem ou descaraterização, o tanque diluidor é preenchido com água quente até o meio de sua capacidade, em temperatura ambiente, em torno de 25 a 35 °C,liga-se o agitador e moinho e espera a velocidade de trabalho, a partir desta etapa a matéria-prima passa a entrar no processo até transformar-se em fragmentos pequenos (pó) para facilitar a atuação do fermento.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Figura 10 – Moagem



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

3.4 Hidrólise enzimática

O procedimento da hidrólise inicia-se quando há um enchimento da dorna ligando a bomba de água e com o moinho ligado enviando o pó para o tanque diluidor, é adicionado uma porção de cal para estabilizar o pH, quando o nível do tanque estiver com o produto na segunda hélice, é realizado a coleta de uma amostra para conferir o baumé e o pH que deverão estar entre 9,0 e 11° be e pH de 5,9 a 6,9. Após conferir a análise de baumé e de pH, é adicionado uma enzima chamada Alfa-amilase.

Em seguida, inicia-se o processo de cozimento, é preciso estabilizar a temperatura e liga-se a válvula de vapor a 90°C para a quebra das moléculas do amido.

A hidrólise química do amido tem por base o fato de que a ligação glicídica é estável em condições alcalinas, mas é hidrolisada em condições ácidas. Durante a hidrólise, há o desdobramento total das moléculas de amilose, que se rompem e transformam-se em dextrinas cada vez mais simples e finalmente em glicose (VILPOUX et al., 2003).

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Figura 11 – Hidrólise



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

3.5 Dextrinização

Nesse processo ocorre uma queda na temperatura para 60°C, onde é adicionado a enzima beta-amilase que finaliza a transformação do amido em glicose. O produto é esfriado e vai para a fermentação

Figura 12 – Tanque de dextrinização



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

3.6 Fermentação

A fermentação alcoólica é um processo biológico, cujo principal agente é a levedura, sendo a mais utilizada para fabricação de etanol a *Saccharomyces cerevisiae*, que atua em condições de anaerobiose (ausência de oxigênio) e aerobiose (presença de oxigênio) (CARDOSO, 2006).

Com a bomba ligada, o produto será transferido para a matriz, a alimentação deverá ser constante com brix na faixa de 15% a 16%, o pH na faixa de 4,5 a 5,0 e a temperatura de 29 a 33%.

Nessa etapa, os produtos a serem adicionado a cada hora em cada matriz são:

- ✓ Uréia: 8,0 kgs para multiplicação das leveduras, aumentando a biomassa e a atividade fermentativa
- ✓ Sulfato de magnésio: 1 kg ajuda na fermentação eficiente, na estabilidade celular e na melhora do rendimento, ele complementa o papel da uréia, que fornece nitrogênio.
- ✓ Dosagem de lactrol utilizado para controlar as bactérias durante a fermentação.

O substrato açucarado é devidamente triturado e diluído com água a uma quantidade de 15% a 18% de açúcares e, em seguida, encaminhado a fase fermentativa. Adicionando à levedura ao líquido açucarado inicia-se o processo de fermentação. É possível 4 verificar nessa etapa; uma fase preliminar, onde inicia-se no momento do contato do levedo com o mosto (solução açucarada parcialmente processada), que é caracterizada pela multiplicação celular intensa das leveduras, onde na presença de oxigênio este efeito é acelerado (MENEZES, 1980; SILVA, 2008).

Num segundo momento, ocorre uma fase tumultuosa, porém, muito importante, caracterizada pelo desprendimento intenso de dióxido de carbono (CO₂), o qual, resulta da multiplicação do fermento, e, portanto, a de maior duração, onde na ausência de oxigênio elevam-se a porcentagem de álcool obtido da transformação dos

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

açúcares em etanol pela levedura. Uma etapa final ou complementar, constitui no término da concentração de açúcar e consequentemente da atividade celular, isso então encerra a dinâmica do processo fermentativo (MENEZES, 1980; SILVA, 2008).

Figura 13 - Fermentação



Figura 14 - *Saccharomyces cerevisiae*



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

3.8 Destilação

Após o processo de fermentação, verifica-se um líquido também definido de mosto que, então, transforma-se em vinho alcoólico, que possui de 7% a 10% de álcool, o qual é encaminhado agora, para as torres de destilação (BARROS, 2015).

A fase da destilação é onde ocorre a separação do vinho fermentado do etanol, o vinho que sobra desse processo sem o etanol é destinado aos tanques e recebe o nome de vinhaça, é esse produto que já ser tratado. Esse volume corresponde a 80% do que irá ser destinado ao tratamento, os outros 20% são provenientes das lavagens dos tanques fermentativos. Este contém consideravelmente uma quantidade de fermento vivo.

A operação da destilaria deve ser conduzida de forma criteriosa, iniciando com o aquecimento do pé da Coluna A (tronco de destilação), observando-se o primeiro visor. Esse aquecimento deve ser feito lentamente, evitando mudanças bruscas de temperatura que possam comprometer a integridade da coluna. Após o pré-aquecimento utilizando o aparelho em condições normais, a válvula de vapor deve ser aberta gradualmente para dar continuidade ao aquecimento da Coluna A. Com a presença de água na linha de alimentação, o fornecimento de vapor deve ser



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

aumentado até que o pé da Coluna A atinja a temperatura de 107 °C, o que também permite o aquecimento progressivo da Coluna B (coluna de retificação).

Quando essa temperatura for alcançada, deve-se regular o fornecimento de água, geralmente em torno de três quartos da capacidade de aquecimento, e colocar o aparelho em operação normal com água. Com a Coluna A estabilizada a 107 °C e a Coluna B com a pressão controlada (indicada pela marca da mangueira em torno de um metro), realiza-se a substituição da alimentação de água por vinho, utilizando-se as válvulas apropriadas e acionando a bomba de flegmaça. Após essa transição, o fluxo da canaleta deve ser invertido para o tanque de vinhaça. Antes de iniciar a operação automática, é essencial que sejam feitas análises de processo para garantir que não haja perdas e que o aparelho esteja devidamente estabilizado.

O próximo passo é aguardar que a Coluna B atinja a temperatura de 85 °C, momento em que se ajusta a válvula de tiragem de álcool. Com a Coluna C já aquecida e recebendo o álcool, a temperatura deve ser elevada até alcançar pelo menos 40 °C, condição necessária para garantir um bom refluxo no condensador E1. Esse refluxo deve ser compatível com a capacidade e demanda de produção do equipamento.

Com o álcool em ebulição no pé da Coluna C e a Coluna P estabilizada a 68 °C, deve-se acionar a bomba para que o álcool seja transferido da Coluna C para a Coluna P. Após passar pela Coluna P, o produto segue para a resfriadeira (J) e, então, para o painel de controle. Durante esse processo, é fundamental verificar a dosagem correta de hidróxido de sódio e permanganato de potássio, além de monitorar o funcionamento adequado das sangrias e do sistema de refluxo. A Coluna A, durante a operação com vinho, deve manter o nível visível até a metade do segundo visor (de baixo para cima), assegurando o controle do processo.

Para a parada do aparelho de destilação, deve-se inicialmente desligar a bomba de alimentação de vinho e introduzir água na linha de alimentação. A produção deve ser mantida até que a carga do aparelho seja completamente consumida, o que pode ser confirmado quando a temperatura da Coluna B cair abaixo de 90 °C. Nesse ponto, interrompe-se a tiragem de álcool e desliga-se o fornecimento de vapor para as Colunas C e P. A pressão na Coluna A deve ser mantida até que seja visível a presença de água no visor, sinalizando a ausência de vinho no sistema. Em seguida,

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

interrompe-se o envio de vinhaça ao tanque, revertendo o fluxo para a canaleta, e reduz-se a pressão da Coluna P para 50%.

Com o sistema já em processo de parada, deve-se permitir a passagem de água por aproximadamente 40 minutos para realizar a limpeza interna da coluna, do sifão e do trocador de calor K. Ao final desse procedimento, fecham-se as válvulas de dosagem de soda cáustica e permanganato de potássio, bem como a válvula de vapor. A bomba de alimentação também deve ser desligada. Em casos de paradas emergenciais, todos esses procedimentos devem ser realizados com a maior rapidez possível, respeitando sempre os protocolos de segurança operacional.

Figura 15 - Destilaria



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

3.9 Reservatório

O armazenamento deve manter a integridade e qualidade dos produtos, sendo realizado em locais frescos, ventilados e com uso de estrados, evitando contato direto com o piso. Os pisos não devem ter declives ou ralos para prevenir quedas e odores. Aplica-se o sistema PVPS, especialmente em almoxarifados de matéria-prima e embalagens. Após a produção, o álcool é armazenado em tanques de aço inox ou carbono, sinalizados e conforme normas de segurança dos Bombeiros e da Cetesb.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Figura 16 – Reservatório de aço inox



Fonte: USINA UBIRALCOOL, Amanda, Ana Gabrieli e Gilberto, 2025.

1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da viabilidade de produção de etanol a partir de resíduos alimentícios, como os provenientes dos produtos da marca *Halls*, revelou-se promissora tanto sob o ponto de vista econômico quanto ambiental. Os dados obtidos indicam que uma tonelada desse resíduo é capaz de gerar entre 350 a 380 litros de etanol, a depender da eficiência do processo fermentativo e das condições operacionais adotadas.

A produção diária de etanol está diretamente relacionada à capacidade instalada da destilaria. Considerando instalações com rendimento de até 500 litros por **hora**, é possível alcançar produções significativas em escala industrial, o que reforça o potencial dessa alternativa como uma fonte complementar de bioetanol.

Além do aspecto produtivo, o reaproveitamento desse tipo de resíduo evidencia um modelo de produção sustentável, ao transformar materiais que seriam descartados de forma inadequada em álcool etílico de valor comercial. Esse etanol possui diversas aplicações, especialmente nas indústrias de limpeza, perfumaria e bebidas, contribuindo para a redução do impacto ambiental associado ao



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

descarte de resíduos sólidos e para a diversificação das fontes de matéria-prima na cadeia produtiva de biocombustíveis e insumos industriais.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reaproveitamento de resíduos alimentícios para a produção de etanol configura um modelo sustentável ao transformar materiais descartados inadequadamente em um produto de valor agregado com aplicação em várias indústrias, como limpeza, perfumaria e bebidas. A geração de vinhaça como subproduto possibilita seu uso na agricultura, promovendo economia circular e reduzindo os impactos ambientais. Portanto, a conversão de resíduos da indústria alimentícia em etanol é uma alternativa viável, com alto potencial de reaproveitamento de recursos e integração em diferentes cadeias produtivas, alinhando-se aos princípios da sustentabilidade e da responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

AGROADVANCE. **Biocombustíveis: conheça as 4 gerações**; 18/01/2024.

ALMEIDA, F. L.; OLIVEIRA, D. O.; OLIVEIRA, F. F.; GULLO-LUZENTE, F. P. **Produção comparativa de etanol da cana-de-açúcar, batata inglesa e beterraba por fermentação**. Revista Saúde & Diversidade, v. 4, n. 1, p. 45–49, 2020.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U.A. **Biotecnologia - Tópicos de microbiologia industrial**. vol. 2. São Paulo: Ed.: Edgard Blücher, p.243, 1990.

CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 445p.

CHIEPPE JUNIOR, J. B. **Tecnologia e Fabricação do Álcool**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, p. 28, Anhumas: IFG; Santa Maria:



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

CIDESP. **O álcool de cereais e suas múltiplas aplicações**. São Paulo: Centro Integrado de Desenvolvimento e Especialização em Saúde e Profissões, 2025.

FERREIRA DAS DORES, João. **Aproveitamento de resíduos alimentares para produção de etanol: uma abordagem sustentável**. *Revista Brasileira de Biotecnologia*, v. 15, n. 2, p. 45-53, 2023.

FREITAS, S. M.; MIURA, M. Situação Atual e Perspectivas da Produção Brasileira de Etanol.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B. da; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de Alimentos: Princípios e Aplicações – A Indústria de Alimentos no Brasil**. São Paulo: Ed.: Nobel, p.64-67, 2009.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Tecnologia de biscoitos: manual técnico**. n 1. Campinas: ITAL, Rede de Informação de Tecnologia Industrial Básica, 86 p.1988.

LEHNINGER, Albert L.; NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995.

LIMA, U. de A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V de. **Biotecnologia Industrial: Processos fermentativos e enzimáticos – Produção de Etanol**. São Paulo: Ed.: Edgard Blücher, v.3, p.1-42, 2001.

LINS, F. A. **Produção de etanol a partir de amidos: aspectos tecnológicos e econômicos**. *Revista Brasileira de Biotecnologia*, v. 15, n. 2, p. 45-53, 2021.

MARCELINO, Janaina. **Desenvolvimento de uma mistura integral e orgânica**



Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos
para bolo sabor chocolate com cobertura orgânica sabor chocolate. Monografia
 (Especialização) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2008.

MC KNIGHT, I.; MAZZIEIRO, G. **Aplicação das enzimas amilolíticas em**
panificação. *Higiene Alimentar*, v.14, n.72, p.35 – 45, 2000.

SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-De-Açúcar. Bioenergia, Açúcar e**
Etanol - Tecnologia e Perspectivas-2ª Edição revista e ampliada-Viçosa-2012.

SOUZA, E. L. L. de et al. **Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro**
da matriz energética. 1. ed. 2010. Disponível em: . Acesso em: 6 abr. 2011.

WALTER, A.; GALDOS, M. V.; SCARPARE, F. V.; LEAL, M. R. L.V.; SEABRA, J.
 E. A.; DACUNHA, M.P.; PICOLI, M. C. A.; DE OLIVEIRA, C. O. F. **Brazilian sugarcane**
ethanol: developments so far and challenges for the future. *Wiley*
Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment, 3(1), 70–92. 2014.