



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS PENEDO  
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM AÇÚCAR E ÁLCOOL**

**JOÃO IGOR ANDRADE MOREIRA**

**CANA-DE-AÇÚCAR E A PRODUÇÃO DE ETANOL**

**PENEDO, AL  
2022**

JOÃO IGOR ANDRADE MOREIRA

CANA-DE-AÇÚCAR E A PRODUÇÃO DE ETANOL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Açúcar e Álcool do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Açúcar e Álcool.

Orientador (a): Ma. Simonise Figueiredo Amarante Cunha

PENEDO, AL  
2022



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
**Campus Penedo**  
**Biblioteca**

M838c

Moreira, João Igor Andrade.

Cana-de-açúcar e a produção de etanol / João Igor Andrade Moreira. – 2022.  
34f. ; il.

Orientação: Prof.<sup>a</sup> Simonise Figueiredo Amarante Cunha.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio Integrado em Açúcar e Álcool) – Instituto Federal de Alagoas, Campus Penedo, Penedo, 2022.

Trabalho em formato digital.

1. Etanol - Produção. 2. Cana-de-açúcar.. I. Cunha, Simonise Figueiredo Amarante Cunha. II. Título.

CDD: 662

**Maria Luzia Alexandre de Oliveira**  
**Bibliotecária/Documentalista**  
**CRB-4/2159**


JOÃO IGOR ANDRADE MOREIRA

## CANA-DE-AÇÚCAR E A PRODUÇÃO DE ETANOL

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Açúcar e Álcool do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Açúcar e Álcool.


APROVADO EM: 18/03/2022.

### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 SIMONISE FIGUEIREDO AMARANTE CUNHA  
Data: 24/03/2022 09:21:38-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>


---

Prof. Ma. Simonise Figueiredo Amarante Cunha  
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Documento assinado digitalmente  
 MARIA DA CONCEICAO MATOS CAVALCANTE  
Data: 28/03/2022 12:03:47-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Esp. Maria da Conceição Matos Cavalcante  
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Documento assinado digitalmente  
 ANDREA MACLEYBIANE GOIS TAVARES  
Data: 28/03/2022 13:51:31-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof.Dra. Andrea Macleybiane Gois Tavares  
Instituto Federal de Sergipe – IFS

Dedico este trabalho a Deus porque nos momentos mais difíceis da minha vida quem tem me socorrido foi ele. Então tomou Samuel uma pedra, e a pôs entre Mizpá e Sem, e chamou-lhe Ebenézer; e disse: Até aqui nos ajudou o Senhor.

1 Samuel 7:12

Deem graças ao Senhor porque ele é bom; o seu amor duro para sempre.

Salmos: 107:1

Sei que a bondade e a fidelidade me acompanharão todos os dias da minha vida, e voltarei à casa do Senhor enquanto eu viver.

Salmos 23:6

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter me dado sabedoria para realizar este trabalho. Também quero agradecer à minha orientadora Simonise que foi muito importante ao longo desse processo, aos meus familiares que me apoiaram, em especial a minha mãe e meu pai por sempre serem incentivadores dos meus sonhos.

Aos meus amigos pelas palavras motivadoras, aos meus professores que ao longo desses anos de estudos têm me proporcionado grandes conhecimentos e novamente a Deus porque sem sua fidelidade nada disso teria ocorrido.

## RESUMO

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é apresentar a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), seu histórico no Brasil, redução de custos, processo de produção de etanol, tipos de etanol e subprodutos produzidos. Comparado a outros países, o Brasil possui algumas vantagens na produção de etanol, como domínio em todo o processo da sua produção, abundância de terra, mão de obra qualificada e segurança do trabalhador. Usualmente, a produção de etanol envolve as etapas de: moagem, tratamento do caldo, fermentação e destilação e em alguns casos processos de desidratação. A primeira geração de etanol é um sistema tradicional que produz etanol a partir do caldo de cana, e que ainda lidera a indústria sucroalcooleira e seus subprodutos de produção como vinhaça, bagaço e torta de filtro que são de menor custo para a indústria. Já o etanol anidro além das etapas citadas tem-se a etapa de desidratação. A produção é uma perspectiva positiva haja em vista o aumento das vendas de veículos flex, aumento do consumo e exportação de açúcar e etanol, aumento do consumo interno de etanol anidro e hidratado e expansão da produção, nessa perspectiva pôde-se perceber a importância do estudo da área sucroalcooleira para entender como é realizado o processo que transformação da glicose em etanol, é de suma importância.

**Palavras-chave:** Etanol; Cana-de-açúcar; Produção.

## **ABSTRACT**

Thus, the objective of this work is to present the production of ethanol from sugarcane (*Saccharum spp*), its history in Brazil, cost reduction, ethanol production process, types of ethanol and by-products produced. Compared to other countries, Brazil has some advantages in ethanol production, such as mastery of the entire production process, plenty of land, skilled labor and worker safety. Usually, ethanol production involves the following steps: milling, juice treatment, fermentation and distillation and in some cases dehydration processes. The first generation of ethanol is a traditional system that produces ethanol from sugarcane juice, and which still leads the sugar and ethanol industry and its production by-products such as vinasse, bagasse and filter cake, which are of lower cost for the industry. As for anhydrous ethanol, in addition to the aforementioned stages, there is also the dehydration stage. Production is a positive perspective, given the increase in sales of flex-fuel vehicles, increased consumption and exports of sugar and ethanol, increased domestic consumption of anhydrous ethanol and hydrated and expansion of production, in this perspective it was possible to perceive the importance of the study of the sugar-alcohol area to understand how the process that transforms glucose into ethanol is carried out is of paramount importance.

**Keywords:** Ethanol; Sugarcane; Production

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Custos de implantação do canavial... ..	15
<b>Figura 2:</b> Colheita da cana-de-açúcar... ..	15
<b>Figura 3:</b> Lavagem da cana-de-açúcar para retirada de impurezas... ..	16
<b>Figura 4:</b> Sistema separa impurezas vegetais e terra da cana.....	17
<b>Figura 5:</b> Representação esquemática de uma moenda de três rolos .....	17
<b>Figura 6:</b> Fórmula química da transformação da glicose em etanol .....	19
<b>Figura 7:</b> Caldo após adição de leveduras da espécie <i>saccharomyces cerevisiae</i> .....	19
<b>Figura 8:</b> Fluxograma da destilação de etanol.....	21
<b>Figura 9:</b> Torre de destilaria de etanol.....	22
<b>Figura 10:</b> Fluxograma para obtenção do álcool hidratado .....	26
<b>Figura 11:</b> Processo de obtenção do álcool anidro.....	28
<b>Figura 12:</b> Decantador e coluna P, componentes da coluna C .....	29
<b>Figura 13-</b> Processo Produtivo Etanol de Segunda Geração.....	30

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	12
3. HISTÓRIA DO ETANOL NO BRASIL	13
4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO ETANOL	14
4.1. Lavagem	16
4.2. Moagem	17
4.3. Tratamento do Caldo	18
4.4. Fermentação	18
4.5. Destilação	20
4.6. Desidratação	22
4.7. Armazenamento	24
5. TIPOS DE ETANOL	25
5.1. Etanol Hidratado	25
5.2. Etanol Anidro	27
5.3. Etanol de Segunda Geração	29
6. SUBPRODUTOS GERADOS	31
7. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) começou a ser plantada no Brasil em meados do século XVI, por volta de 1533, o autor desse feito foi Martim Affonso de Souza que iniciou o cultivo na capitania de São Vicente (SILVA e SILVA, 2012).

Através desse cultivo surgiu o primeiro engenho que produzia açúcar no Brasil, nomeado de São Jorge dos Erasmos. Devido a região não está localizada próximo ao litoral brasileiro outras capitanias ganharam destaque, a capitania de Pernambuco e Bahia, com isso foram instalados 66 engenhos nas regiões das capitanias com objetivo de plantar a cana (SILVA e SILVA, 2012).

Com a criação dos engenhos, o açúcar começou a ser exportado em grande demanda para Europa, com isso, várias pessoas começaram a chamá-lo de Ouro Branco, por ser cobiçado e ter um custo alto no mercado. No século XX, o Brasil se tornou um dos países a produzir biocombustíveis, conseqüentemente no ano de 1975 foi criado o Proálcool (Programa Nacional de Álcool) que incentivava as usinas a produzir etanol a partir da cana de açúcar, desta forma a cana-de-açúcar começou a ser plantada cada vez mais no território brasileiro (COPERSUCAR,2017).

O etanol tem uma importância ambiental muito relevante, pois além de ser produzido a partir de uma matéria-prima renovável, gerar empregos na cadeia sucroalcooleira e novas oportunidades de negócios, esse biocombustível também reduz a emissão de gases para a atmosfera, o que é uma preocupação mundial atualmente (SEBRAE,2016).

Vale ressaltar, também, que existem alguns processos que ocorrem antes do etanol surgir, seja ele desde a sua colheita no campo feito por uma máquina ou até mesmo manual, o processo que a cana sofre é totalmente diferente a quaisquer outros processos de extração de algum produto natural seja ele renovável ou não (FOGAÇA, c2021).

Hoje a produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor e que tem a maior área plantada da cultura. As indústrias de cana-de-açúcar visam ao lucro, tentando minimizar as perdas no processo e aumentar a quantidade de cana produzida por área, isto é, aumentar sua produtividade (SILVA e SILVA, 2012, p.20)

A cana-de-açúcar vem a cada dia contribuindo de maneira indireta e direta para o desenvolvimento do país, fazendo com que várias pessoas possam estar trabalhando nas lavouras, indústrias dentre outros setores que estão ligados diretamente a matéria prima (MEDINA, c2020).

Sabe-se que quando fazemos alguma coisa ou algum determinado produto podemos ver que existem diversos impactos que podem ser causados tanto na população quanto no meio ambiente. O impacto difere de produto para produto por isso que para analisar esses impactos primeiramente devemos analisar como ocorrem, como são realizados, quais são os meios para mudar o quadro (COELHO, c2021).

Além disso, as técnicas e conhecimentos oriundos da Europa muitas vezes eram inadequados ao ambiente tropical. Dessa forma, a produção de derivados da cana sofreu modificações contínuas no território brasileiro. A retirada da cobertura vegetal foi um dos efeitos mais nítidos e atingiu primeiramente a Mata Atlântica (COELHO, c2021).

É bem visível os impactos causados pela cana, mas o que podemos levar em consideração é que a própria trouxe diversos benefícios tanto para o Brasil quanto para o mundo. Tivemos os carros flex, o etanol virou um combustível muito importante fazendo com que ganhasse cada vez mais espaço na cadeia produtiva e no mercado de trabalho, elevou a econômica dentre outras coisas (ALVES, c2021).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Descrever a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Demonstrar as vantagens da produção do etanol a partir da cana-de-açúcar.
- Analisar os processos da produção do etanol.
- Enfatizar os subprodutos que são feitos na produção do etanol.
- Apontar os tipos de etanol existentes.

### 3. HISTÓRIA DO ETANOL NO BRASIL

O etanol produzido de cana-de-açúcar surgiu, no Brasil, basicamente por duas razões: a necessidade de amenizar as sucessivas crises do setor açucareiro e a tentativa de reduzir a dependência do petróleo importado (LEITE E CORTEZ, 2008).

Na década de 1970 o petróleo teve um grande declínio devido à grande descoberta de que o produto não era uma fonte renovável. A grande preocupação dos brasileiros era como eles iriam substituir algum combustível no lugar do petróleo já que naquela época as pessoas já dependiam dos meios de transportes para locomover-se nas grandes cidades. Desse modo, o governo teve que interferir e criar um programa para amenizar a situação (FRANCISCO E CERQUEIRA,2021).

Em 1975 foi criado o Proálcool (Programa Nacional do Álcool) que tinha como um de seus objetivos substituir a gasolina pelo etanol fazendo com que suprisse as necessidades do mercado interno e externo do país. Com isso, a política dos combustíveis automotivos ficava cada vez maior e através disso os indivíduos acabavam deixando de lado a ideia de usar a gasolina e passavam a usar o etanol (FRANCISCO E CERQUEIRA,2021).

Com esta nova aplicação do governo os preços da gasolina despencaram e o etanol começou a subir no mercado, com isso os empresários automotivos pensaram em lucrar nesse novo mercado que estava iniciando e dessa forma no dia 5 de julho de 1979 foi criado pela Fiat o primeiro carro movido a etanol do Brasil, logo as pessoas tinham a necessidade de comprar o Fiat 147 na qual foi dado o apelido de cachacinha pelo odor liberado no escapamento (FREITAS, c2022).

De 1975 a 2000, foram produzidos cerca de 5,6 milhões de veículos a álcool hidratado. Acrescido a isso, o Programa substituiu por uma fração de álcool anidro (entre 1,1% a 25%) um volume de gasolina pura consumida por uma frota superior a 10 milhões de veículos a gasolina, evitando, assim, nesse período, emissões de gás carbônico da ordem de 110 milhões de toneladas de carbono (contido no CO<sub>2</sub>), a importação de aproximadamente 550 milhões de barris de petróleo e, ainda, proporcionando uma economia de divisas da ordem de 11,5 bilhões de dólares (BIODIESELBR, 2012).

Com essa grande demanda de etanol sendo produzida houve um grande aumento nas lavouras de cana-de-açúcar, segundo BIODIESELBR (2014) às

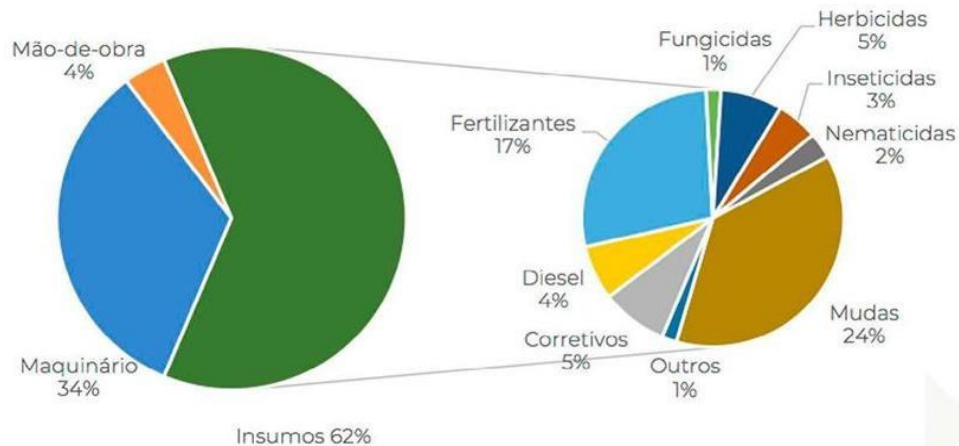
perspectivas de elevação do consumo do álcool se somam a um momento favorável das exportações do açúcar, e o resultado é o início de uma onda de crescimento sem precedentes para o setor sucroalcooleiro.

A próxima safra de cana do centro-sul (2022/23), a principal região produtora do mundo, deverá ter recuperação na comparação com o “desafiador” ciclo atual, afetado por seca, geadas e incêndios, mas ainda não atingirá o nível da temporada passada (2020/21), afirmou a consultoria Datagro em apresentação (TEIXEIRA, SAMORA, 2021). A Datagro apontou potencial de produção entre 530 milhões e 565 milhões de toneladas de cana para 2022/23, ante 518,6 milhões de toneladas projetadas para a safra atual 2021/22, quando a consultoria viu perdas da ordem de 90 milhões de toneladas, principalmente por problemas climáticos (TEIXEIRA, SAMORA, 2021).

#### **4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DO ETANOL**

Antes do produto etanol vir à tona ele passa por vários processos, seja desde sua plantação até se tornar o álcool etílico, segundo a COOPERSUCAR depois de colhida, a cana-de-açúcar deve ser entregue à usina em até 24 horas, para evitar a perda de qualidade. Com isso deve-se observar como manusear a cana desde o seu plantio e ter cuidados com o solo para ter-se uma boa qualidade da cana para extrair uma quantidade boa de etanol.

Primeiramente antes do colmo ser plantado no solo deve-se analisá-lo o solo e observar se ele necessita de alguma melhora. Após essa análise se o solo precisar mudar algo deve-se fazer o preparo do mesmo mudando suas características sejam elas físicas, químicas e biológicas, isto é, adaptá-lo para receber o colmo da cana. Após essa plantação e as canas germinarem o sistema de irrigação vai ser escolhido pelo próprio dono da plantação. Segundo dados da NOVACANA (2020), os custos de implantação do canavial podem variar de 7.000 a mais de 8.000 reais, dependendo da região e do modelo de produção aplicado, de acordo com a Figura 1.

**Figura 1-** custos de implantação do canavial.

Fonte: CNA s.d

Após esses processos que são feitos para obtenção da cana acontece uma segunda etapa que é a colheita, segundo Silvana Teixeira (2022) do ponto de vista fisiológico da cultura, a colheita representa o final do ciclo de crescimento e maturação, atingindo o máximo de produtividade agrícola permitida pelas condições de clima e solo da região, pela tecnologia agrônômica e variedades utilizadas, conforme demonstra a Figura 2.

**Figura 2-** Colheita da cana-de-açúcar.

Fonte: Desconhecida

Após a colheita da cana, a mesma é colocada nos caminhões e partem em direção às usinas. Com a chegada das canas na usina, elas passam pelo processo

de pesagem e depois disso estão preparadas para começarem os processos iniciais para produzir o etanol. Segundo Diogo Lopes (2019), a produção de álcool envolve as seguintes etapas: lavagem, moagem, tratamento do caldo, fermentação, destilação, desidratação e armazenamento.

#### 4.1. Lavagem

A cana é colocada em cima de uma esteira e jatos de água são jogados em cima dela para retirada de impurezas presentes, sejam elas areia, palhas, formigas. A água tem um papel importante nessa etapa pois reduz qualquer problema de contaminação na hora de extrair o caldo. Para reutilizar a água de lavagem de cana, as usinas têm empregado sistemas de tratamento para extração do material sólido particulado, através de caixas de areia para remoção das partículas maiores e sedimentadores para remoção de partículas menores (Nascimento *et al.*,2017). Conforme demonstra a Figura 3.

**Figura 3-** Lavagem da cana-de-açúcar para retirada de impurezas.



Fonte: Ageitec,s.d

Com o grande gasto de água nas usinas e dependendo do corte da cana são utilizados outros métodos para separar as impurezas da cana, como o sistema de limpeza a seco, baseado em jatos de ar sobre a cana, utilizado muito em cana picada, na qual não pode passar pelo processo de lavagem com a água para não perder seu teor de sacarose, conforme demonstra a Figura 4.

**Figura 4-** Sistema de separação de impurezas vegetais e terra da cana.



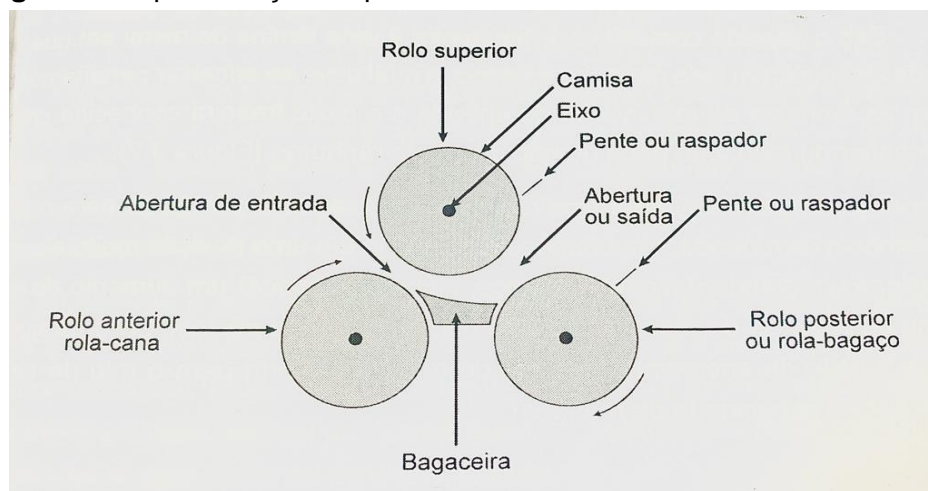
Fonte: FAPESP s.d

## 4.2. Moagem

Após a lavagem da cana o próximo passo é a etapa da moagem que consiste em extrair o caldo com o auxílio de rolos através de uma pressão mecânica, a cana chega nas moendas através do *Chutt –Donelly* em seguida ela sofre duas pressões isso vai variar de acordo com a quantidade de rolos presentes na moenda.

Em uma moenda que apresenta três rolos a cana tende-se a sofrer sua primeira pressão entre o rolo superior e o inferior dianteiro e uma segunda pressão entre o superior e o rolo traseiro do bagaço, entre essas pressões existe uma peça metálica curva de material de ferro fundido que recebe o nome de bagaceira que tem como objetivo encaminhar o material fibroso da primeira compressão para segunda. Conforme mostra a Figura 5.

**Figura 5-** Representação esquemática de uma moenda de três rolos.



Fonte: CARDOSO *et al.*,2013

### 4.3. Tratamento do caldo

Essa etapa consiste em três operações: peneiramento, aquecimento do caldo e decantação. O peneiramento tem como principal objetivo reduzir as partículas do bagaço, areia, terra entre outras partículas presentes no caldo.

Pode-se citar como equipamentos usados nessa etapa os hidrociclones que são formados por uma parte cilíndrica que recebe caldo e retira as impurezas presentes nele assim facilitando o não entupimento das tubulações.

Outro equipamento importante são as peneiras rotativas que se apresenta um cilindro longo e inclinado com cerca de 5° a 10° em comparação à horizontal, a cana chega-se na peneira pela sua lateral enquanto a mesma tende a girar com isso os resíduos que não apresentam tamanho adequado acabam passando pela tela da peneira e caindo para fora do classificador desse modo os resíduos são descarregados na esteira transportadora (LIPPEL 2022). No aquecimento do caldo a temperatura chega até 105 °C para eliminar quaisquer partículas microbianas presentes no caldo. São utilizados grandes aquecedores verticais, horizontais e tubulares para que ocorra esse processo, dessa forma tende-se a acelerar as reações e provocar a coagulação e floculação dos coloides.

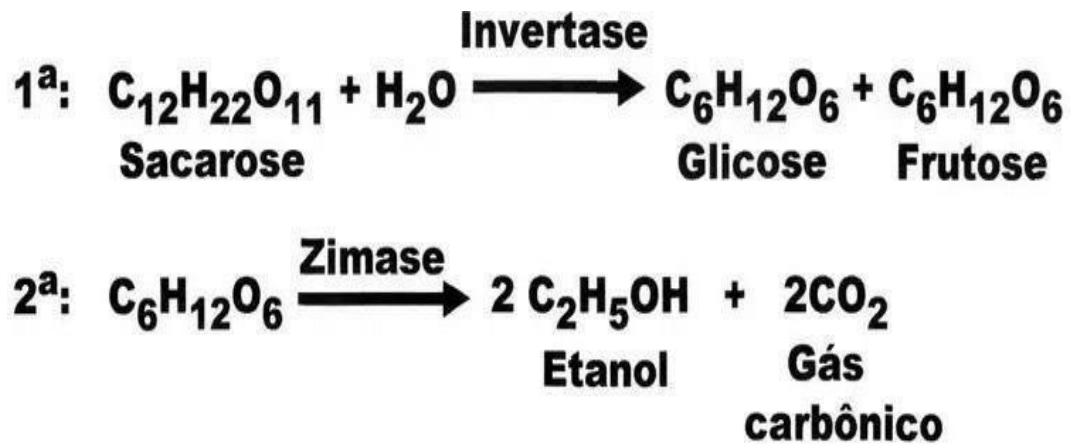
Conseqüentemente a velocidade do sedimento aumenta e as partículas de impurezas tornam-se imersas, conseqüentemente a retirada das incrustações é mais rápida (AGUIAR.s. d).

No tratamento do caldo a decantação é responsável pela qualidade do caldo, qualidade da clarificação, pH, temperatura dentre outros fatores. Para atingir essas qualidades do caldo, é necessário que se ocorra uma precipitação e coagulação dos coloides para que haja uma rápida velocidade na sedimentação do caldo

### 4.4. Fermentação

Após o caldo ter passado pelo processo de tratamento, na fermentação adiciona-se ao caldo a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, que tem como função quebrar as partículas de glicose presentes no caldo produzindo o etanol e o gás carbônico, de acordo com a equação mostrada na Figura 6.

**Figura 6-** Transformação da glicose em etanol.



Fonte: SOUZA,2022

O caldo é alimentado nas dornas de fermentação e adiciona-se as leveduras para que as mesmas, ao quebrarem as moléculas de açúcar presente no caldo, produzam o etanol e o gás carbônico (AGEITEC.s. d). Na Figura 7 é possível ver o momento em que as leveduras são adicionadas ao caldo.

**Figura 7-** Caldo após adição de leveduras da espécie *saccharomyces cerevisiae*.



Fonte: Divulgação DOW

O processo de fermentação pode levar de 4 a 12 horas para produzir o vinho, também chamado de vinho fermentado, que contém leveduras, açúcares não fermentados e cerca de 10% de etanol (NOVA CANA,2012).

O processo industrial de fermentação alcoólica normalmente é dividido em três fases distintas: fermentação preliminar ou pré-fermentação, fermentação principal ou tumultuosa e fermentação complementar ou final (RIBEIRO *et al.*, 1999).

a. Fase Preliminar

Na fase preliminar ocorre a reprodução das leveduras, essa ação se estende até atingir um número de células ideal, o procedimento tem início assim que o microrganismo tem contato com o mosto. Essa fase caracteriza-se pela formação mínima de espuma, a baixa elevação da temperatura, baixa produção de gás carbônico e conseqüentemente pouca produção de etanol no meio (CRUZ, 2018).

b. Fase Tumultuosa

Essa fase distingue-se pela diminuição gradativa do grau Brix, o que significa que os açúcares presentes estão sendo metabolizados pelo microrganismo, produção de gás carbônico com rapidez e um elevado teor alcoólico. Conseqüência dessas ações são um aumento significativo da temperatura e a proliferação expressiva de espuma (RIBEIRO *et al.*, 1999).

c. Fase Final

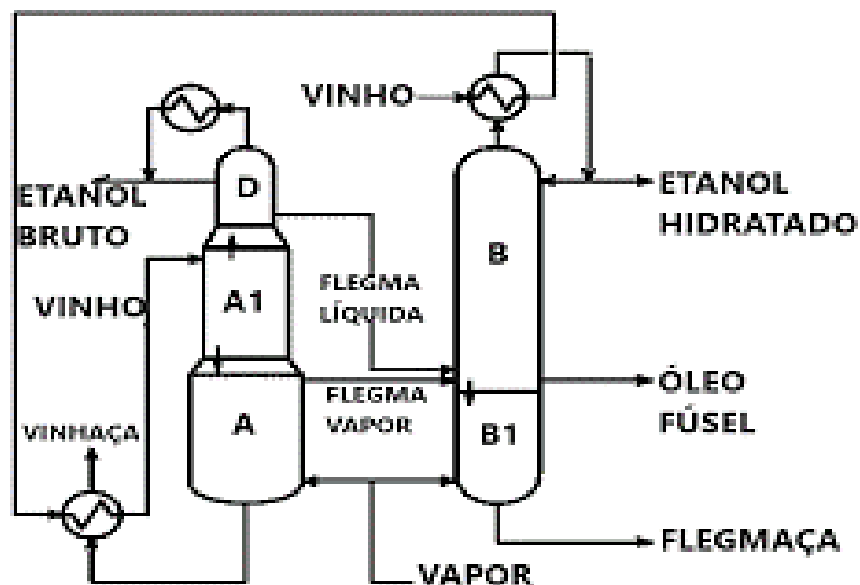
Por fim, na fase final a fermentação acaba ficando propícia a maiores números de infecções, a taxa de crescimento das leveduras é reduzida, ocorre também formação de produtos secundários como álcoois hormonais superiores que dão origem ao óleo fúsel, esses produtos são oriundos da degradação do álcool. Após a fermentação o vinho fermentado é encaminhado para a dorna pulmão, lá ele aguarda para ser centrifugado (RIBEIRO *et al.*, 1999).

#### **4.5. Destilação**

Na destilação, o equipamento utilizado é a coluna de destilação com pratos. A função dos pratos em uma coluna de destilação é reter o líquido para que ele entre em contato com a fase gasosa, o que antes afeta a fase líquida presente nos pratos,

e os componentes mais voláteis da fase líquida tendem a passar para a fase gasosa. Assim, a fração menos volátil da fase gasosa é adicionada à fração líquida. Esse processo ocorre em todos os paletes, que costumam ter um espaçamento de cerca de 150 a 1.350 mm, o que é muito importante. Um sifão está presente na bandeja para transferir o líquido da bandeja superior para a bandeja inferior. As tampas permitem que o vapor entre pela parte superior das bandejas, por onde o líquido e o vapor podem entrar em contato. O equipamento é conhecido por sua eficiência, pois é amplamente utilizado em equipamentos de destilação. O vapor enriquecido é direcionado para o topo da coluna e condensado com o auxílio de um condensador, que é resfriado com água, retirando assim o destilado (LOPES, *et al* 2011). A Figura 8 demonstra como ocorre esse processo de destilação do vinho

**Figura 8-** Fluxograma da destilação de etanol.



Fonte: Sem identificação.

A eficiência da destilação é influenciada por variáveis como: qualidade da mistura (vinho), projeto do destilador e condições operacionais (TEIXEIRA, 2022). Nesse processo de destilação fracionada dá-se origem a uma solução que é composta por 96% de etanol e 4% de água. Vale ressaltar que esse processo é de sua importância para que não ocorra a transformação do vinho em vinagre, desse modo

observa-se que após a destilação já ocorre a condensação do vapor que é a separação do vinho do etanol. A Figura 9 representa a torre de destilaria de etanol.

**Figura 9-** Torre de destilaria de etanol.



Fonte: PRÓPRIA,2021

#### **4.6. Desidratação**

O processo de desidratação utilizando o ciclohexano inicia-se com a mistura do etanol hidratado, obtido pela destilação, dentro de uma coluna de desidratação, no topo entra o ciclohexano e o álcool hidratado entra um terço abaixo do topo da coluna. As três substâncias em contato (água, etanol e ciclohexano) formam outro azeótropo, cujo ponto de ebulição é 63°C, menor que o ponto de ebulição do álcool hidratado 78°C. Dessa forma, esse novo sistema ternário torna-se vapor e sai pelo topo da coluna, arrastando consigo uma grande parte da água que está inicialmente presente no álcool hidratado. O vapor que sai pelo topo da coluna é condensado pela água e duas fases se formam, a orgânica e a aquosa. A fase orgânica é composta somente por ciclohexano e retorna ao processo para ser reutilizada. A fase aquosa é encaminhada para uma outra coluna de destilação em que o ciclohexano e etanol restantes são recuperados e retornam ao processo, na parte inferior da coluna é retirado o álcool puro composto somente pelo álcool anidro (BRAGA, 2016).

Denomina-se azeotropismo o fenômeno que ocorre com misturas líquidas, que em determinada concentração formam vapores com todos os seus componentes à temperatura abaixo do ponto de ebulição de qualquer uma das substâncias que compõem a mistura, não sendo mais possível a separação por destilação. A desidratação azeotrópica do álcool ocorre quando um novo azeótropo é formado por meio da adição de um terceiro componente na mistura hidroalcoólica. Este componente é um hidrocarboneto, agente desidratante, que apresenta um ponto de ebulição menor que o azeótropo binário (álcool/água). Dessa forma, este processo de desidratação via destilação é capaz de modificar suficientemente o equilíbrio de fases líquido-vapor de forma a viabilizar a ultrapassagem daquela concentração azeotrópica (FINGUERUT *et al.*,2008).

A coluna C atua como desidratadora, é onde o álcool hidratado e o ciclohexano são alimentados, sendo este último em bandeja localizada próximo ao topo do equipamento, através da própria fase leve do decantador que é bastante rica naquele composto. O ciclohexano tem a função de, quando em contato com a mistura líquida, arrastar a água para a fase vapor e liberar etanol como líquido anidro que é retirado no fundo desta coluna.

A solução composta por ciclo-hexano, álcool e água forma um azeótropo de ponto de ebulição (63 °C) inferior ao do álcool puro (78,4 °C), permitindo que a água e o desidratante sejam retirados com boa eficácia na parte superior da coluna por possuírem, então, maior volatilidade. O etanol, cujo ponto de ebulição é maior, comporta-se como produto menos volátil, sendo retirados pela parte inferior da coluna de desidratação (C). Porém, um pouco de etanol é também evaporado, mas a grande parte do mesmo permanece na fase líquida e pode ser obtido em uma forma quase isenta de água (LOPES *et al.*2011).

A mistura em fase vapor contendo o hidrocarboneto, água e etanol, também representa uma mistura azeotrópica, mas este processo de desidratação é bem mais viável que na mistura binária. Isso se deve ao fato de que na mistura ternária há muito mais água em relação ao etanol, de forma que toda a água é jogada para a fase vapor, mas somente parte do etanol é evaporado e o restante permanece na fase líquida praticamente isento de água (FINGUERUT *et al.*,2008).

A mistura azeotrópica ternária é heterogênea pois, ao ser condensada, dá origem a duas fases líquidas imiscíveis. A fase leve, também denominada fase orgânica, é rica no hidrocarboneto e contém quantidades menores de etanol e água, sendo normalmente retornada à coluna desidratadora após a decantação e separação das duas fases. A fase pesada ou aquosa 28 é rica em água e contém quantidades menores de álcool e ainda menores de hidrocarboneto, sendo enviada a uma segunda coluna na qual todo o hidrocarboneto e grande parte do álcool são recuperados, ambos como produto de topo da coluna (HERFURTH *et al.*, 1987).

Portanto, a fase vapor da mistura azeotrópica ternária na coluna C passa pelo decantador após ser condensada, onde as duas fases formadas são separadas, com a fase rica em ciclo-hexano retornando à coluna como refluxo e a fase aquosa sendo conduzida à coluna P, que atua como recuperadora de todo o hidrocarboneto e de grande parte do álcool presentes nesta última fase. Ciclo-hexano e etanol são concentrados e saem no topo da coluna P, e são recirculados ao decantador. O fundo desta última coluna, contendo água e certa concentração de etanol, é reciclado à coluna B de forma a evitar perdas de álcool. Note também que parte dos vapores condensados no topo da coluna C pode retornar diretamente a esta coluna (FINGUERUT *et al.*, 2008).

A desidratação azeotrópica é considerada o processo mais barato em seu custo inicial de investimento. Entre outras definições, por ser o método de uso industrial mais velho e por ter sofrido diversos aprimoramentos ao longo do tempo. Sua grande desvantagem está no alto consumo de vapor, já que todo o hidrocarboneto tem que ser evaporado nas duas colunas assim como a água e parte do etanol, além de ser um processo que emprega taxas de refluxo relativamente altas. O consumo desse processo fica geralmente em torno de 1,5 a 1,6 kg de vapor de aquecimento por litro de álcool produzido (LAB CORTEZ, 2008).

#### **4.7. Armazenamento**

Após as etapas de destilação e desidratação, ambos os álcoois são resfriados e direcionados para tanques de produção. O álcool precisa cumprir uma série de pré-

requisitos, que são especificações estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). Entre as especificações, consta que ele precisa ser límpido, transparente, isento de impurezas, com graduação alcoólica, pH neutro, e com uma tolerância extremamente pequena de minerais e metais como ferro, sódio e cobre. (SILVA,2019).

O etanol preparado é armazenado em grandes tanques até a sua comercialização. Mais de 90% dos tanques de armazenamento existentes no país pertencem a fábrica e 80% da produção de etanol do Brasil é consumida pelo mercado interno, e o Brasil é o maior exportador de etanol do mundo, mas continua sendo um mercado pequeno e altamente volátil. Os principais destinos do etanol brasileiro são os Estados Unidos e a União Europeia, a logística interna de distribuição de etanol utiliza uma variedade de métodos, desde ferroviário, fluvial e marítimo até dutos automotivos, sendo o mais comum no Brasil o rodoviário (USINA SUCROALCOOLEIRA,2022).

## **5. TIPOS DE ETANOL**

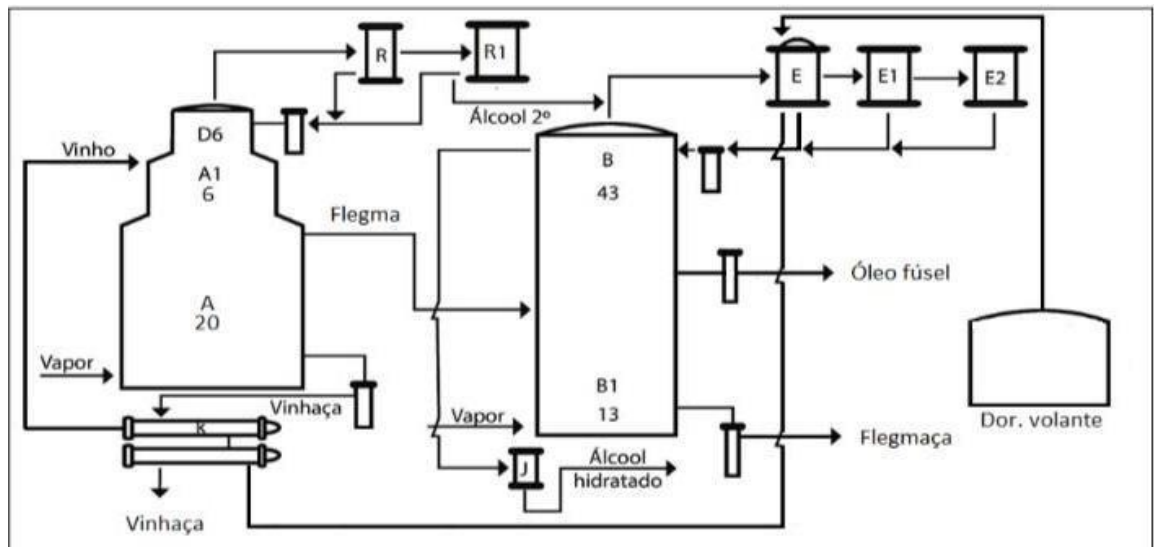
O etanol conhecido também por álcool etílico apresenta na sua forma molecular 2 moléculas de carbono, 5 de hidrogênio e um grupo hidroxila ( $\text{OH}^-$ ), que é a junção das partículas do hidrogênio com o oxigênio assim ficando com a fórmula química  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

Quando se fala em relação ao tipo de etanol refere-se ao tipo que é produzido nas usinas sucroalcooleiras: hidratado e anidro, ambos são originados no processo de fermentação do caldo.

### **5.1. Etanol Hidratado**

A produção de etanol hidratado é realizada em duas colunas, uma coluna de destilação e outra de retificação. A primeira coluna é composta por três células indicadas pelas letras A, A1 e D, e possui dois condensadores indicados pelas letras R e R1. A coluna retificadora é dividida em duas unidades, B e B1, e há três condensadores na parte superior, chamados E, E1 e E2, respectivamente. A Figura 10 mostra o fluxograma para obtenção do álcool hidratado, a localização da coluna, o número de condensadores e bandejas.

**Figura 10-** Fluxograma para obtenção do álcool hidratado.



Fonte: SILVA,2019

Como mostra na figura 10, o processo inicia-se com o vinho delevurado com teor alcoólico entre 7- 10°GL passando por um pré-aquecimento que auxilia na sua eficiência do processo, diminuindo o consumo de vapor e tornando o processo mais rápido (SILVA, 2019).

Após o aquecimento, o vinho alimenta a coluna A1, descendo pelas bandejas sofrendo empuração, que consiste na eliminação parcial de algumas impurezas, e enriquecimento do etanol que sai sob a forma de um produto intermediário chamado flegma, cujo teor alcoólico se situa entre 40 e 50 °GL (RIBEIRO *et al.*, 1999). Os produtos mais voláteis, principalmente aldeídos e ésteres, se concentram na coluna D e são condensados nos condensadores R e R1. Uma parte dessa mistura cerca de 90% a 95% retorna como refluxo, e a outra é retirada como álcool de segunda com graduação inferior a 92°GL, esse álcool geralmente retorna a dorna volante para ser reprocessado (BARRETO, *et al.*, 2012; SILVA,2019).

Na base da coluna A, é retirada a vinhaça, efluente da destilaria com baixo teor alcoólico (menos de 0,03%), alto poder poluente e alto valor fertilizante. É constituído principalmente por água (96%), sólido em suspensão e sólidos solúveis utilizado principalmente na fertirrigação dos canaviais, por conter alta proporção de matéria orgânica e potássio sob a forma de sólidos solúveis. Para cada litro de etanol, 13 litros de vinhaça são produzidos (PARAIZO *et al.*, 2013). Após a troca de calor com o vinho

delevurado que será destilado, a vinhaça é direcionada para um reservatório, onde os caminhões serão carregados com destino a irrigação (SILVA, 2019).

A flegma retirada na bandeja A20 alimenta a coluna B especificamente na bandeja B13, os vapores enriquecidos com etanol são retirados no topo da coluna B com auxílio dos condensados E, E1 e E2 e retornam para a coluna (BARRETO *et al.*, 2012; SILVA, 2019).

Durante a destilação o óleo fúsel que é uma mistura de álcoois superiores se acumula nos pratos, se esse óleo não for retirado, o mesmo pode provocar perdas no processo. Dessa forma, ele é retirado, resfriado e estocado para posterior venda para a indústria química por possuir em sua composição álcool isoamílico (BARRETO *et al.*, 2012). Do fundo da coluna B é retirada uma solução aquosa chamada flegmaça, que foi esgotada e pode ser reciclada no processo ou eliminada, após esse processo, o etanol é retirado, resfriado e está pronto para ser comercializado se for na versão hidratado (SILVA, 2019).

O etanol hidratado é conhecido como etanol comum, aquele que se utiliza para abastecer os carros nos postos de combustíveis, produção de bebidas, cosméticos, alimentos, aromatizantes, produtos de limpeza, remédios, vacinas, entre outros produtos (NOVA CANA, 2012).

Para ser vendido, o álcool precisa cumprir uma série de pré-requisitos, chamados de especificações, estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). Entre as especificações, consta que ele precisa ser límpido, transparente, isento de impurezas, com graduação alcoólica entre 95,1% e 96%, pH neutro, e com uma tolerância extremamente pequena de minerais e metais como ferro, sódio e cobre.

## **5.2. Etanol Anidro**

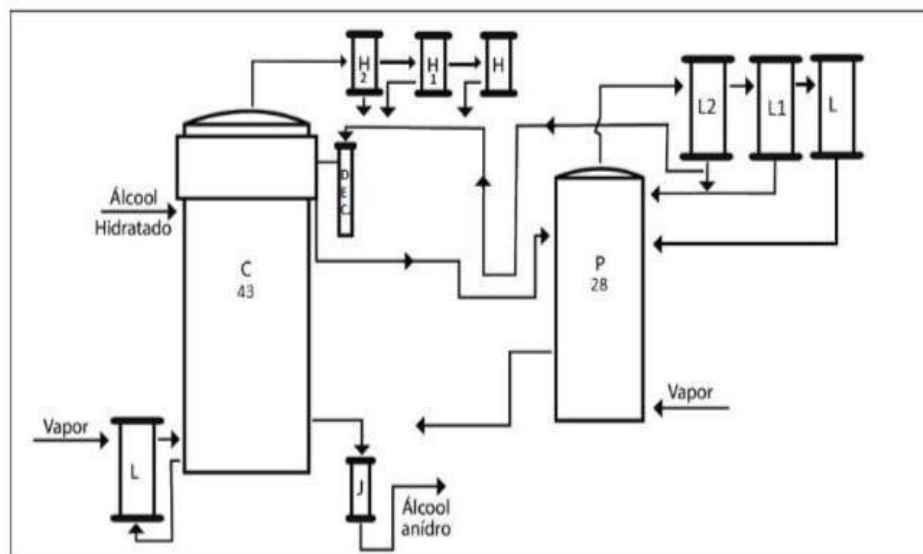
O etanol anidro é usado basicamente na mistura entre a gasolina mais álcool, o processo é quase o mesmo do etanol hidratado, o que diferencia é que o anidro não apresenta água na sua composição.

O álcool anidro não é obtido somente pelo processo de destilação, em alta concentração. A mistura etanol e água é azeotrópica existem alguns métodos

químicos e físicos utilizados na desidratação do etanol, inclusive a desidratação azeotrópica por ciclohexano é o método mais habitual no Brasil (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Para o processo de obtenção do etanol anidro, com um teor alcoólico variando de 99,3 a 99,8 ° INPM são necessárias umas colunas de desidratação, denominada de coluna C, com dois condensadores representados pelas letras H e H1, e outra colunas de recuperação do desidratante (ciclohexano) conhecida como coluna P, que possui dois condensadores I e I1. A figura 11 apresenta o esquema de obtenção do álcool anidro (SILVA, 2019).

**Figura 11:** Processo de obtenção do álcool anidro.



Fonte: SILVA, 2019

Iniciando a desidratação azeotrópica o etanol hidratado é alimentado no topo da coluna C, como presente na Figura. 11. Nela ocorre também a adição de um terceiro componente, o desidratante ciclohexano, o que tem o objetivo de formar junto com o álcool e a água uma mistura ternária, com ponto de ebulição inferior de qualquer um dos componentes isolados seu ponto de ebulição é menor que o azeótropo binário composto por álcool e água, ou seja 63°C (LOPES E BORGES, 2010).

Na coluna de retificação as misturas ficam da seguinte forma: a mistura ternária, como o produto mais volátil, se concentra na parte superior da coluna, onde a água será retirada. Na zona intermediária se encontra a mistura binária composta de etanol e ciclohexano. O etanol, cujo ponto de ebulição é maior, comporta-se como

produto menos volátil, sendo retirados pela parte inferior da coluna (LOPES, *et al* 2011).

O vapor enriquecido de ternário na parte superior da coluna é condensado nos condensadores H e H1, e segue para o decantador, onde ocorre a separação de duas camadas. A camada superior é rica em desidratante e retorna para a coluna C como refluxo, e a parte inferior, rica em água, segue para a coluna P. A Figura 12 apresenta o decantar e a coluna P, respectivamente.

**Figura 12-**Decantador e coluna P, componentes da coluna C.



Fonte: SILVA,2019

O ciclohexano é concentrado, saindo na parte superior da coluna, sendo então condensado e reutilizado. Pela base da coluna é retirada a água, que é descartada (BARRETO *et al.*, 2012). Após esse processo, o etanol anidro é retirado, resfriado e está pronto para ser comercializado (SILVA, 2019).

### **5.3. Etanol de Segunda Geração**

O etanol produzido pelo método citado anteriormente é dito como etanol de primeira geração. O etanol de segunda geração é produzido a partir de materiais que, antes, eram considerados resíduos, e, atualmente, são chamados de biomassa, sendo, em sua quase totalidade, de origem vegetal (FAPESP, 2012). Cita-se como

exemplos de biomassas o bagaço da cana, casca do coco, palha do milho entre outras substâncias que possam originar o etanol de segunda geração.

**Figura 13-**Processo Produtivo Etanol de Segunda Geração.



Fonte: PROPEQ

O primeiro processo que a biomassa sofre é o pré-tratamento que consiste na entrada do reator e desse modo sua estrutura é rompida dando acesso às fibras de celulose e hemicelulose. O segundo processo é a hidrocélulose, nesta etapa as enzimas atuam como catalisadores na quebra das fibras de celulose em açúcares mais simples para que ocorra o processo de fermentação (FAPESP, 2012).

Em seguida, tem-se a fermentação, que consiste em transformar os açúcares em etanol pela ação de micro-organismos geneticamente modificados chamados de leveduras, e também são utilizadas a *Saccharomyces cerevisiae*, por apresentarem propriedades desejáveis e eficientes para fermentação industrial de açúcares.

A última etapa é chamada de destilação que se caracteriza como o processo de purificação do etanol tornando-o próprio para o USO já pode ser usado no mercado externo e interno ao final ele está idêntico ao etanol de primeira geração (PROPEQ, 2020).

## 6. SUBPRODUTOS GERADOS

Dentre os subprodutos pode-se citar a torta de filtro e a vinhaça, e ambos exercem um grande papel tanto no meio industrial quanto no meio rural. Segundo NUNES JÚNIOR (2005) a torta de filtro é um resíduo constituído da mistura de bagaço moído e de lodo da decantação, oriundo do processo de tratamento do caldo. Para chegar nesta finalização é necessário a extração da sacarose residual (ALMEIDA,1944).

A torta de filtro é largamente utilizada na lavoura de cana-de-açúcar e tem papel de destaque na fase de brotação da cana. Nos plantios feitos em épocas de inverno ocorra, ressalta-se que a própria deve-se ser prioridade para os solos arenosos com baixa matéria orgânica para que recebam nutrientes necessários para o desenvolvimento da mesma.

A vinhaça é um resíduo gerado através da produção do álcool que apresenta grande possibilidade de substituir o melaço na alimentação bovina, fertilização de terras, irrigações entre outras coisas. Desse modo, a própria apresenta 47,88% de matéria seca, 4,92% de proteína bruta, 0,12% de fosfato, 0,46% de magnésio, 1,66% de potássio na sua composição química (LOPES, GABRIEL E BORGES, 2011).

A vinhaça, constituída por vinho que foi retirado do álcool, é adicionado ao vapor condensado utilizado para aquecer a coluna. As unidades produtoras de álcool no Brasil optam por descartar nas lavouras de cana-de-açúcar porque esse composto é rico em matéria orgânica e potássio e é prejudicial para a população devido à grande demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sendo, portanto, fonte de nutrientes e fertilizante para as lavouras (LOPES, GABRIEL E BORGES, 2011).

A aplicação em campo da vinhaça é realizada por meio do caminhão-tanque é uma técnica mais comum para seu descarte, principalmente devido ao seu baixo custo, facilidade de armazenamento e componentes simples. A desvantagem é que não fornece controle de vazão adequado, resultando em aplicação desigual à medida que o fluxo de líquido diminui o tanque esvazia e desse modo o sistema sofre a compactação do solo devido a movimentação de veículos pesados naquele lugar (LOPES, GABRIEL E BORGES, 2011).

## 7. CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto do trabalho, pode-se concluir que a produção de etanol é fundamental para o desenvolvimento do nosso país, principalmente porque sua matéria-prima é renovável e, portanto, capaz de causar menor impacto ao meio ambiente. Para que o etanol seja de boa qualidade e apropriado para uso, o produto deve primeiro seguir todas as etapas discutidas neste trabalho. É imprescindível que todos os processos sejam feitos corretamente para evitar problemas maiores, pode-se citar como por exemplos: riscos biológicos, físicos ou até mesmo químicos assim afetando a população diretamente.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. **As usinas de Açúcar e Etanol do Brasil**. NOVA CANA, 2019. Disponível em: <[https://www.novacana.com/usinas\\_brasil](https://www.novacana.com/usinas_brasil)>. Acesso em: 10 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. **Armazenamento e distribuição do etanol**. Disponível em: <<http://usinasucoalcooleira.no.comunidades.net/8594-armazenamento-e-distribuicao-do-etanol>>. Acesso em: 22 de mar 2022

ALVES. **Álcool combustível**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/alcool-combustivel.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2021

AGEITEC. **FERMENTAÇÃO**. Disponível: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_105\\_22122006154841.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_105_22122006154841.html)>. Acesso em: 12 fev. 2022

AGUIAR. **TRATAMENTO E PURIFICAÇÃO DO CALDO**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4119363/mod\\_resource/content/1/aula6.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4119363/mod_resource/content/1/aula6.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2021

AUTOPAPO. (Vídeo) **Boris dá uma volta no primeiro carro a álcool, o Fiat 147**. Disponível em: <<https://autopapo.uol.com.br/noticia/primeiro-carro-a-alcool-fiat-147-40-anos/>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

BIODIESELBR. **PróAlcool - Programa Brasileiro de Álcool**. Disponível em: <[https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol#:~:texto%20PRO%C3%81\\_LCOOL%20foi%20um%20programa.de%20ve%C3%ADculos%20a%20%C3%A1\\_Lcool%20hidratado](https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol#:~:texto%20PRO%C3%81_LCOOL%20foi%20um%20programa.de%20ve%C3%ADculos%20a%20%C3%A1_Lcool%20hidratado.)>. Acesso em: 10 dez. 2021.

BRAGA, Vinicius Gomes Penedo. **Produção de peneiras moleculares (zeólitas) como alternativa de desidratação do etanol**. 2016. Acesso em: 23 mar 2022

CARTILHA DO ETANOL. **Etanol uma atitude inteligente**, 2021 Disponível em: <[http://www.etanolverde.com.br/dwld.php?arquivo=downloads/3f0648b0570ae154832442b30\\_1f7e56c.pdf](http://www.etanolverde.com.br/dwld.php?arquivo=downloads/3f0648b0570ae154832442b30_1f7e56c.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2021.

CHBAGRO. **CANA-DE-AÇÚCAR: PLANTIO, COLHEITA E GESTÃO**. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/cana-de-acucar-plantio-colheita-e-gestao>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

COELHO, S.T.; GOLDEMBERG, J.; CORTEZ, L.A.B.; MACEDO, I.C.; MOREIRA, J.R.; PALETTA, C.E.M.; WALTER, A.C.; BRAUNBECK, O.; HOFFMANN, R.; PRETZ, **Geração de energia a partir da biomassa (exceto resíduos do lixo e óleos vegetais)**. In: Tolmasquim, M.T. (Org.). *Fontes renováveis de energia no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, pp. 1-90, 2003.

COPERSUCAR. **Proálcool: o momento em que o Brasil começou a valorizar energias renováveis.** Disponível em: <<https://www.copersucar.com.br/noticias/proalcool-o-momento-em-que-o-brasil-comecou-valorizar-energias-renovaveis/>>. Acesso em: 15 dez. 2021

CORTEZ, L.A.B. **Biomassa para energia**, Eleito Eduardo Silva Lora, Edgardo Olivares Gómez. Ed. Unicamp

\_\_\_\_\_. **Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas.** NOVA CANA 2014, disponível em: <https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar> >. Acesso em: 17 jan. 2022.

\_\_\_\_\_. **como é produzido o Etanol?** COPERSUCAR, 2018 Disponível em: <<https://www.copersucar.com.br/noticias/como-e-produzido-o-etanol/>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

FOGAÇA, JENNIFER. 2022. **Etanol Combustível.** Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/combustiveis/etanol-combustivel.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2021

FINGUERUT, J., MEIRELLES, A. J. A., GUIARDELLO, R., COSTA, A. C. **Fermentação, hidrólise e destilação. Cap. 13**, 2008.

HERFURTH, H.A.; MEIRELLES, A.J.A.; Weiss, S.; Schubert, E.H., **Azeotropdestillation von Ethanol – Wasser mit Cyclohexan als Schlepptomittel, Chemische Technik, 39 (8), 331- 334**, 1987.

ISABELA ZANON. **Uma breve revisão sobre a indústria sucroalcooleira no Brasil com enfoque no potencial de geração de energia.** Revista Brasileira de Energia. Vol.25. N 2,2 Trimestre de 2019.

(LEITA; CORTEZ, s.d) **O ETANOL Combustível no Brasil:** Pdf. Embrapa, Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3\\_000g7gq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmfk.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3_000g7gq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmfk.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2021.

Lopes et.al.2011, Cláudio Hartkopf. **Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.** 2011

LOPEZ.DIOGO. **PRODUÇÃO DO ETANOL.** Disponível em: <<https://escolakids.uol.com.br/ciencias/producao-do-etanol.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2022

MATOS, CARLOS ARTHUR. **Proálcool.** Disponível em: <<https://www.coladaweb.com/geografia-do-brasil/proalcool>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

MEDINA, JULIANA. **Cana-de-açúcar: a Cultura que potencializou o Brasil!** Disponível em: <<https://agropos.com.br/cana-de-acucar/>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

NASCIMENTO, J.C.P. **REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA UTILIZADA NA LAVAGEM DE CANA DE AÇÚCAR ALIADO AO SEPARADOR SÓLIDO-LÍQUIDO PARA REMOÇÃO DE PARTICULADOS APLICADO A INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**. 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/317282901\\_REAPROVEITAMENTO\\_DA\\_AGUA\\_UTILIZADA\\_NA\\_LAVAGEM\\_DE\\_CANA\\_DE\\_AÇUCAR\\_ALIADO\\_AO\\_SEPARADOR\\_SOLIDO-LIQUIDO\\_PARA\\_REMOCAO\\_DE\\_PARTICULADOS\\_APLICADO\\_A\\_INDUSTRIA\\_SUCROALCOOLEIRA](https://www.researchgate.net/publication/317282901_REAPROVEITAMENTO_DA_AGUA_UTILIZADA_NA_LAVAGEM_DE_CANA_DE_AÇUCAR_ALIADO_AO_SEPARADOR_SOLIDO-LIQUIDO_PARA_REMOCAO_DE_PARTICULADOS_APLICADO_A_INDUSTRIA_SUCROALCOOLEIRA)>. Acesso em: 25 fev. 2022.

NOVA CANA. **Processos de fabricação do etanol**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/fabricacao>>. Acesso em: 10 dez. 2021

NOVA CANA. **Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-Cana-de-açúcar>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

NUNES, ELIS FERNANDO. **Cana-de-açúcar: A produção de etanol e seus benefícios**. Barretos, 2017

PENA, RODOLFO.F. ALVES. **Produção de Etanol no Brasil**. Disponível em: <<https://www.preparaenem.com/geografia/producao-etanol-no-brasil.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2021

\_\_\_\_\_. **Produtores de cana do Nordeste recebem até 19% mais que os do Centro-sul**. CANAL RURAL 2019. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/informacao/mercado-e-cia/cana-produtores-do-nordeste-recebem-ate-19-mais-que-centro-sul/>>. Acesso em: 05 jan. 2022

PROPEQ. **Etanol de Segunda Geração o Combustível do Futuro?** 2020. Disponível em: <<https://propeq.com/etanol-de-segunda-geracao/>>. Acesso em: 10 dez. 2021

REVISTAPESQUISA FAPESP. **Limpeza a seco no campo**. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/limpeza-a-seco-no-campo/>>. Acesso em: 10 fev. 2022

RIBEIRO, Carlos A. F.; BLUMER, Solange A. G.; HORII, Jorge. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira**. 1999. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1874970/mod\\_resource/content/1/apostila% 20de% 20alcohol.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1874970/mod_resource/content/1/apostila%20de%20alcohol.pdf)>. Acesso em: 11 jan. 2022

RODRIGUES, CLAUBER DALMAS. **Preparo da cana-de-açúcar: Processo de preparo da cana-de-açúcar para extração de caldo em Usina Suco energética**. 2016. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/jaojaojaojao/preparo-da-canadeacar>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ROSSETTO, SANTIAGO. RAFAELLA. ANTONIO **Adubação- resíduos alternativos**, ageitec

SEBRAE. **O que é etanol?** 2016. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-etanol,ac3d438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD> >. Acesso em: 03 out. 2021.

SILVA, J. P. N. SILVA, M. R. N. **Noções da cultura da cana-de-açúcar.** 2012. Disponível em: <[Http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico\\_acucar\\_alcool/nocoos\\_cultura\\_cana\\_acucar.pdf](Http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/nocoos_cultura_cana_acucar.pdf)>. Acesso em: 07 nov. 2021.

SILVA, MILENA. **PRODUÇÃO DE ETANOL NA USINA CAETÉ S/A - UNIDADE MARITUBA.** Disponível em: <<file:///C:/Users/ifal/Downloads/Monografia%20Milene%20Pedro%20da%20Silva%2008.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2022

TEIXEIRA. **Destilação da cachaça: do caldo de cana à aguardente.** Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria-biocombustivel/artigos/destilacao-da-cachaca-do-caldo-de-cana-a-aguardente>>. Acesso em: 01 mar. 2022

TEIXEIRA, SILVANA. **Cana-de-açúcar - Colheita.** Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/calendario-agricola/cana-de-acucar-colheita>>. Acesso em: 22 fev.2022

TEIXEIRA, SAMORA. **Datagro vê melhora na safra 22/23 de cana do CS, mais volume ainda abaixo de 20/21.** Disponível em: <<https://www.istoedinheiro.com.br/datagro-ve-melhora-na/>> Acesso em: 22 fev.2022