



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**  
***CAMPUS* PENEDO**  
**CURSO TÉCNICO SUBSEQUENTE EM QUÍMICA**

JÚLIO GABRIEL DOS SANTOS NETO

**DA CANA AO CRISTAL: O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR**

**PENEDO, AL**  
**2025**

JÚLIO GABRIEL DOS SANTOS NETO

DA CANA AO CRISTAL: O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Subsequente de Química do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

Orientadora: Marina de Magalhães Silva

**PENEDO, AL**  
**2025**



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

---

S237d

Santos Neto, Júlio Gabriel dos.

Da cana ao cristal: o processo de fabricação do açúcar / Júlio Gabriel dos Santos Neto. – 2025.  
23f ; il.

Orientação: Prof.<sup>a</sup> Marina de Magalhães Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio Subsequente em Química) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Penedo*, Penedo, 2025.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Açúcar - Fabricação. 2. Cana-de-açúcar. 3. Setor sucroenergético. I. Silva, Marina de Magalhães. II. Título.

---

CDD:664.1

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

JÚLIO GABRIEL DOS SANTOS NETO

DA CANA AO CRISTAL: O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso Subsequente em Química do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

APROVADO (A) EM: 14/05/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

*Marina de Magalhães Silva*

---

Prof.<sup>ª</sup>. Dr.<sup>ª</sup>. Marina de Magalhães Silva  
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

*Ana Laura Oliveira de Sá Leitão*

---

Prof. Ma. Ana Laura Oliveira de Sá Leitão  
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

*Mirelle Márcio Santos Cabral*

---

Prof. Dr. Mirelle Márcio Santos Cabral  
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

# DA CANA AO CRISTAL: O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR

## FROM CANE TO CRYSTAL: THE SUGAR PRODUCTION PROCESS

Júlio Gabriel dos Santos Neto

### RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), pertencente à família *Poaceae*, é uma das culturas agrícolas mais relevantes para a economia global, com cerca de 114 variedades cultivadas no Brasil. O país é atualmente o maior exportador mundial de açúcar, consolidando-se historicamente como potência no setor sucroenergético desde o período colonial. Diante disso, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura, nas bases de dados Scielo, Google acadêmico e periódicos Capes, abordando as etapas do processo produtivo do açúcar cristal, identificando os principais desafios enfrentados pela indústria e analisando seu cenário econômico atual. O processamento da cana-de-açúcar envolve as etapas de moagem, clarificação, filtração, evaporação, cristalização, centrifugação e secagem, culminando na formação dos cristais de açúcar. Além do açúcar, a produção gera subprodutos como melaço, torta de filtro, bagaço e vinhaça, com aplicações em bioenergia, nutrição animal e fertilização. Na safra 2023/2024, foram exportadas pouco mais de 35 milhões de toneladas de açúcar, demonstrando a alta relevância desse comércio para o país. Esse cenário destaca a necessidade contínua de inovação tecnológica, de práticas agrícolas sustentáveis e de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento equilibrado do setor sucroenergético, além da integração entre tecnologia e ciência para a promoção do desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Produção Industrial; Cana-de-açúcar; Setor Sucroenergético; Sustentabilidade.

### ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum spp.*), a member of the *Poaceae* family, is one of the most important agricultural crops for the global economy, with approximately 114 varieties cultivated in Brazil. The country is currently the world's largest sugar exporter, having historically consolidated its position as a powerhouse in the sugar-energy sector since the colonial period. In view of this, this study aimed to conduct a literature review in the Scielo, Google Scholar and Capes journals databases, addressing the stages of the crystal sugar production process, identifying the main challenges faced by the industry and analyzing its current economic scenario. Sugarcane processing involves the stages of grinding, clarification, filtration, evaporation, crystallization, centrifugation and drying, culminating in the formation of sugar crystals. In addition to sugar, production generates by-products such as molasses, filter cake, bagasse and vinasse, with applications in bioenergy, animal nutrition and fertilization. In the 2023/2024 harvest, just over 35 million tons of sugar were exported, demonstrating the high relevance of this trade for the country. This scenario highlights the continued need for technological innovation, sustainable agricultural practices and public policies that encourage the balanced development of the sugar-energy sector, in addition to the integration of technology and science to promote sustainable development.

**Keywords:** Industrial Production; Sugarcane; Sugar-Energy Sector; Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, uma angiosperma da família *Poaceae* é uma das culturas agrícolas mais relevantes para a economia global, pertencente ao gênero *Saccharum spp.* essa importante planta possui cerca de 114 variedades no Brasil e desempenha um papel fundamental na produção de açúcar, etanol e diversos subprodutos (SILVA & SILVA, 2012).

Historicamente, a cana-de-açúcar teve um papel crucial na economia de diversos países, especialmente no Brasil, que se consolidou como um dos maiores produtores mundiais pois a introdução da cultura no país remonta ao período colonial, sendo responsável por impulsionar a economia açucareira e estruturar o modelo de produção agrícola voltado para exportação. A relevância dessa espécie se destaca não apenas pelo consumo alimentar, mas também pelo impacto na geração de empregos, desenvolvimento industrial e sustentabilidade energética (SILVA; GOMES; BACCHI, 2019).

Esse cenário persiste até os dias atuais, com o Brasil liderando a produção global de açúcar e etanol. Segundo Braibante *et al.* (2013), a cultura da cana-de-açúcar representa uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, movimentando bilhões de reais anualmente. Na indústria alimentícia, o açúcar proveniente da cana é um insumo essencial para a produção de diversos produtos, como doces, bebidas, panificação e derivados lácteos e o setor também utiliza subprodutos da cana, como o melaço, que serve de base para a fermentação de bebidas alcoólicas e ração animal (BRAIBANTE *et al.*, 2013). Conforme aponta Nocelli *et al.* (2017), o açúcar cristal, um dos tipos mais comercializados, possui ampla aceitação no mercado interno e externo, sendo um elemento essencial na cadeia produtiva da alimentação industrializada.

A história da produção de açúcar remonta à Antiguidade, mas foi no período colonial brasileiro que a cana-de-açúcar se consolidou como uma das principais culturas do país, especialmente durante os séculos XVI e XVII (MOORE, 2023). O Brasil tornou-se um grande exportador de açúcar, impulsionado pelo uso de trabalho escravo nas plantações. A cultura da cana-de-açúcar se desenvolveu rapidamente, favorecida pelo solo fértil e clima propício, tornando-se a principal atividade agrícola do país (RODRIGUES, 2024).

Conforme destaca Carvalho *et al.* (2013), a produção de açúcar no Brasil é marcada por uma forte tradição histórica e tecnológica, tendo atravessado diversas fases de modernização até chegar ao cenário atual, com uma indústria cada vez mais eficiente e voltada para a sustentabilidade.

A análise do processo produtivo do açúcar pode revelar aspectos importantes tanto para a inovação tecnológica quanto para as práticas sustentáveis e os impactos ambientais e sociais dessa atividade, além de que o aprofundamento no entendimento de cada etapa da produção do açúcar torna-se relevante para aprimorar a eficiência do setor sucroalcooleiro diminuir consideravelmente os impactos negativos (CARVALHO *et al.*, 2013).

A exportações de açúcar no estado de Alagoas registrou em 2023 um crescimento de 66,7% em relação a 2022, atingindo o equivalente a R\$3,45 bilhões, e se tornou o maior crescimento da história (ALAGOAS, 2024).

Desse modo os estudos sobre o processo de produção do açúcar cristal é de grande relevância, uma vez que permite a compreensão de etapas que envolvem desde o cultivo da cana-de-açúcar até a obtenção do produto final. Portanto, o objetivo desse trabalho é explorar o processo de produção do açúcar cristal a partir da cana-de-açúcar, abordando as etapas envolvidas, os desafios enfrentados pela indústria e as perspectivas futuras para o setor; bem como destacar a importância econômica e ambiental dessa produção, proporcionando uma visão abrangente sobre os benefícios e desafios relacionados a essa cultura essencial para o mercado global.

## 2 A CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar tem sua origem no sudeste da Ásia, e estima-se que a planta tenha sido cultivada há mais de 2.000 anos, inicialmente na Índia, onde era usada para a produção de açúcar e outras substâncias derivadas (CESNIK, 2007).

Conforme Cesnik (2007), o conhecimento sobre a cana-de-açúcar e sua utilização espalhou-se para o Oriente Médio e a Europa durante as expedições comerciais, chegando ao Brasil com a chegada dos portugueses no século XVI. Em solo brasileiro, a cultura da cana-de-açúcar (Figura 1) se estabeleceu rapidamente nas regiões costeiras, devido às condições climáticas favoráveis que atendiam às necessidades da espécie, o que impulsionou o desenvolvimento do ciclo do açúcar.

Segundo Rodrigues & Ross (2020), foi assim que o Brasil se tornou um dos maiores produtores de açúcar do mundo. Impulsionada pela intensa utilização de mão de obra escrava e pelo grande mercado consumidor europeu, a produção de açúcar no Brasil teve um impacto significativo na economia colonial, tornando-se um dos principais motores da expansão do país nesse período. Desse modo o Brasil foi pioneiro na produção de açúcar no Novo Mundo, consolidando-se como a maior potência açucareira até o século XIX.

**Figura 1** – Plantação de cana-de-açúcar.



Fonte: Albuquerque, 2019

A indústria sucroenergética é um dos pilares do agronegócio brasileiro, sendo uma das culturas mais cultivadas no país. Sua produção contribui significativamente para a geração de empregos, com milhares de trabalhadores envolvidos em diversas etapas do processo, (SILVA; GOMES; BACCHI, 2019; BRAIBANTE *et al.*, 2013). Desde o cultivo até o processamento industrial, a indústria sucroalcooleira é responsável por gerar bilhões de reais em receitas para a economia nacional, além de representar uma importante fonte de exportações, especialmente para países da União Europeia e Estados Unidos. Socialmente, a cana-de-açúcar tem desempenhado papel importante, não só pela geração de empregos, mas

também pela contribuição na formação de comunidades rurais que dependem dessa atividade para sua subsistência (GODOY, 2007).

O setor sucroenergético também é responsável por investimentos em tecnologias que buscam tornar-se a produção mais sustentável, além de promover a inclusão social e o desenvolvimento de comunidades locais. De acordo com Godoy (2007) a cana-de-açúcar representa não apenas uma importante fonte de renda, mas também uma alternativa para o fortalecimento da economia regional, especialmente em áreas do interior do Brasil, que são dependentes da agricultura para o sustento da população.

Existem atualmente pelo menos 30 variedades de cana com modificações genéticas no Brasil, as quais dominam o setor, e são resultados das pesquisas (SANTANA, 2022) que são melhoradas e desenvolvidas por programas de melhoramento genético. Essas variedades são selecionadas com base em características como alta produtividade, resistência a doenças, e maior teor de sacarose no caldo (MENDES *et al.*, 2012).

Os açúcares são compostos químicos produzidos pelas plantas verdes e estão presentes em diferentes quantidades em todos os vegetais. Parte desses açúcares é utilizado no próprio metabolismo das plantas, enquanto o restante é armazenado nas raízes, folhas, frutos, colmos, entre outros. Dentre todos os açúcares encontrados nas plantas, os mais relevantes são a glicose, a frutose e a sacarose. Este último é particularmente importante, pois é armazenado nos colmos da cana-de-açúcar (LOPES *et al.*, 2011).

A cana-de-açúcar, utilizada como matéria prima na produção do açúcar ou do álcool, consiste nos colmos da planta em um avançado estágio de maturação. É nesse ponto que os açúcares, principalmente a sacarose, se acumulam. Para que os colmos sejam processados na indústria, é fundamental que estejam livres de impureza e materiais estranhos, como pedras, fragmentos de folhas e restos de vegetação nativa (LOPES, 2011).

## **2.1 O cultivo e a colheita**

O cultivo exige condições específicas de clima, solo e manejo para garantir uma boa produtividade pois é uma planta que se adapta bem a regiões tropicais e subtropicais, com temperaturas entre 25°C e 30°C (PRIMAVESI, 2002). O clima quente e úmido favorece o desenvolvimento da cana, que necessita de grande quantidade de luz solar para crescer adequadamente. Além disso, a cana-de-açúcar tem uma alta exigência hídrica, sendo ideal que o local de cultivo receba entre 1.500 mm e 2.500 mm de precipitação anual (BRUNINI, 2017).

Quanto ao solo, a cana-de-açúcar prefere solos bem drenados, férteis e com pH levemente ácido (entre 5,5 e 6,5). Solos argilosos, bem manejados e ricos em matéria orgânica são ideais para o cultivo, pois garantem uma boa retenção de água e nutrientes, essenciais para o crescimento da planta (CENTURION *et al.*, 2007).

A colheita da cana-de-açúcar pode ser realizada de forma manual (Figura 2A) ou mecanizada (Figura 2B), dependendo da região, das condições do terreno e da disponibilidade de recursos. A colheita manual é realizada com o uso de facões, sendo o método tradicionalmente utilizado nas pequenas propriedades ou em áreas com relevo acidentado, onde o uso de máquinas é difícil (SOUZA *et al.*, 2005). A colheita mecanizada, que utiliza colheitadeiras especializadas, tem se tornado a prática predominante nas grandes plantações de cana-de-açúcar pois esse método oferece maior eficiência, reduz os custos com mão de obra e permite uma colheita mais rápida e uniforme (AMBROSANO, Edmilson José *et al.*).

**Figura 2** – Colheita da cana-de-açúcar: A) Manualmente; B) Mecanizada através de colheitadeira.

A)



B)



Fonte: Stropasolas, 2023; Brasil, 2021, respectivamente.

As colheitadeiras mecanizadas realizam o corte da cana e a separação das folhas e da palha, permanecendo as soqueiras (caule da planta) que ficam na terra garantindo o brotamento de uma nova lavoura para o próximo ciclo de produção. Segundo Souza *et al.* (2005), a mecanização tem se mostrado uma estratégia vantajosa, pois aumenta a produtividade, reduz os custos operacionais e minimiza o impacto ambiental, pois elimina a queima da cana, prática que gerava grande quantidade de poluição.

## 2.2 Deterioração da cana

A cana-de-açúcar é considerada um material bastante perecível, podendo se deteriorar rapidamente após a colheita, seja devida a decomposição bioquímica ou à contaminação por micro-organismos. O processo de deterioração da cana é influenciado por

vários fatores, entre os quais Lopes (2011), reporta cinco como sendo os de maior destaque, e que necessitam de grande atenção: (1) o intervalo entre o corte e o processamento, que não deve ultrapassar 24 horas; (2) a cana que foi queimada apresenta uma deterioração mais acelerada em comparação com a cana colhida de forma crua; (3) a cana picada, por ter muitos pontos segmentados, também deteriora mais rapidamente e deve ser processada em até 12 horas após o corte; (4) os colmos que tocam o solo após a queima ficam mais vulneráveis à deterioração microbiológica; (5) o calor e umidade são elementos que aceleram esse processo; quando esses dois fatores ocorrem juntos, como em um dia quente com chuva, a deterioração é acentuada.

Lopes (2011) e Azevedo (2018) afirmam que os impactos que a cana-de-açúcar enfrenta após a colheita estão relacionados à variedade da planta e ao método de armazenamento dos colmos, e acontecem já no momento do corte. Um fenômeno importante a ser mencionado é a inversão de sacarose, a qual após o corte, o colmo da cana continua a realizar suas funções metabólicas, como a respiração. Durante esse processo, a sacarose se transforma em glicose e frutose, resultando na diminuição do principal componente do caldo, que é a sacarose.

### **2.2.1 Deterioração microbiológica**

Além das deteriorações supracitadas, a cana-de-açúcar pode enfrentar outros problemas, como o aumento da acidez e o incremento no conteúdo de gomas e substâncias que conferem cor (LOPES, 2011; RAVANELI, 2010).

Além das transformações que a cana-de-açúcar pode sofrer após a colheita, segundo Lopes (2011) ela também pode ser afetada por contaminações microbiológicas, especialmente devido a ação de microrganismos como o *Lesconostoc mesenteroides*. Esse microrganismo consegue penetrar no colmo por meio das fissuras causadas pela queima ou pelos cortes feitos durante a colheita (RAMOS, 2020).

A infecção causada pelo microrganismo *Leuconostoc* leva à produção de dextrana, um polímero de glicose com alto peso molecular, similar ao amido. Esse composto provoca problemas significativos na fabricação do açúcar, incluindo: destruição da sacarose, o que diminui a eficiência industrial; aumenta a viscosidade do caldo da cana e dos méis, dificultando o funcionamento de equipamentos como decantadores, cristalizadores e centrífugas; se incorpora aos cristais, causando deformações e tornando o açúcar inadequado para certos usos, como na indústria de refrigerantes (LOPES, 2011; RAMOS, 2020; MESSETTI *et al.*, 2020).

### 3 RECEPÇÃO E PREPARO

No Brasil, o transporte da cana-de-açúcar desde as plantações até as indústrias é, em sua maioria, feito por meio de caminhões. Esses veículos transportam a cana, que pode estar inteira ou cortada em pedaços de 20 a 25 cm, sendo uma das operações mais custosas para as usinas, onde o principal objetivo deste é garantir que a cana-de-açúcar chegue na usina, no momento certo (linearidade), com uma boa qualidade tecnológica (ATR: Açúcares Totais Recuperáveis, Pol: Porcentagem de sacarose aparente, Pureza: Indica a proporção de sacarose em relação aos outros sólidos presentes no caldo) e com o menor custo possível (LOPES, 2011; DOMINGOS *et al.*, 2024).

Lopes (2011) descreve que as cargas de cana podem ser direcionadas para processamento imediato na usina ou armazenadas como um estoque "pulmão". Uma estratégia que visa prevenir possíveis falhas no fornecimento, garantindo assim, por exemplo, que a indústria tenha cana disponível durante a noite, período em que o recebimento da cana pode ser suspenso, como ocorre na maioria das usinas ou encontre dificuldades.

#### 3.1 Processamento da cana-de-açúcar

Após a colheita, a cana-de-açúcar deve ser transportada rapidamente até a usina para evitar a perda de qualidade do produto e garantir a eficiência do processo produtivo e o seu transporte é realizado, em sua maioria, por caminhões ou, em algumas regiões, por ferrovias (EZEQUIEL *et al.*, 2005). A rapidez no transporte é fundamental para que a cana não sofra degradação devido ao seu alto teor de sacarose, isso porque, com o tempo, a sacarose da cana se converte em outros açúcares, o que pode afetar a qualidade do açúcar cristal a ser produzido. A cana deve ser transportada de forma cuidadosa para evitar o desperdício do produto e danos à planta, que pode resultar em perda de volume e de rendimento (EZEQUIEL *et al.*, 2005; DOMINGOS *et al.*, 2024).

O processamento da cana-de-açúcar começa com a moagem (Figura 3A), que é o processo de esmagamento da cana para extrair o caldo, é realizada em moendas, que são grandes equipamentos formados por cilindros metálicos que giram e esmagam a cana, separando o caldo da fibra (EZEQUIEL *et al.*, 2005; MARTINS 2024). Em usinas mais modernas, o processo de moagem é otimizado para aumentar a eficiência da extração, podendo alcançar rendimentos de até 95% do total de açúcar presente na cana (MARTINS, 2024; FREIRIA, 2023).

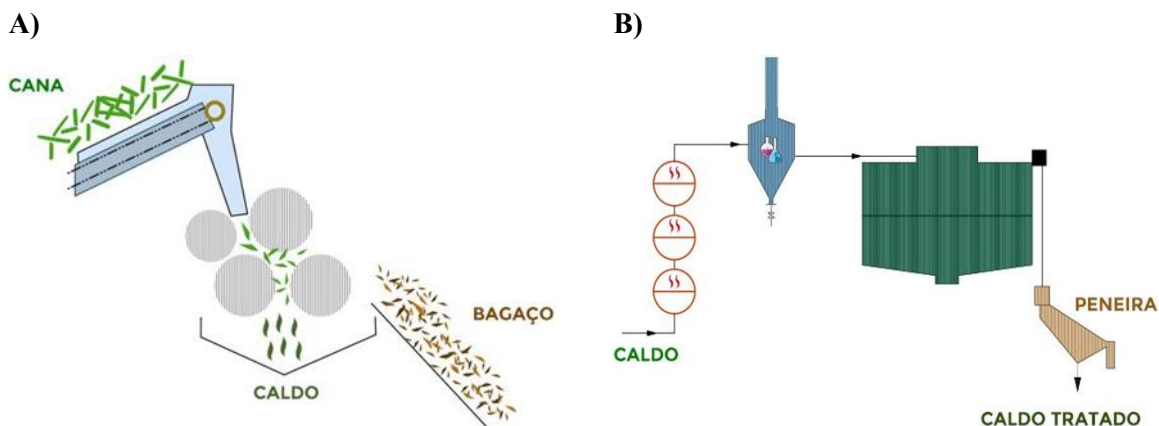
### 3.2 Tratamento do caldo

O caldo extraído (Figura 3B) passa por um tratamento pois ele contém grande quantidade de impurezas, a fim de deixar apenas água e sacarose, que é o principal componente utilizado na produção de açúcar. Após a moagem, a fibra da cana, conhecida como bagaço, é separada e pode ser utilizada como biomassa para gerar energia nas usinas, contribuindo para a sustentabilidade do processo (MARTINS, 2024).

O tratamento do caldo tem por objetivo a clarificação do mesmo, visando eliminar a maior parte das impurezas como terra, os bagacilhos e até compostos corantes que interferem diretamente na cor do açúcar, os resíduos, as cinzas e outros fatores que interferem na qualidade. A tecnologia para a realização desse tratamento de purificação que é utilizada atualmente no Brasil na fabricação do açúcar cristal branco, é reconhecida mundialmente pela tecnologia aplicada, uma vez que a mesma possui custo baixo e elevada eficiência de clarificação (HENRIQUE, 2019; AGUIAR e MACRI, 2022).

Para garantir que o açúcar tenha baixa cor no final do processo é necessário que haja um tratamento de caldo eficiente. Para isso, a maioria das usinas usam o principal agente clarificante que é o enxofre e o leite de cal para clarificação (ALMEIDA, 2011). O principal objetivo é a remoção de não açúcares e impurezas, presentes no caldo. Para esse processo, precisa-se promover a coagulação máxima dos coloides e formar um precipitado de baixa solubilidade, que absorva e arraste essas impurezas responsáveis pela aparência turva (NUNES, 2019; AGUIAR *et al.* 2022).

**Figura 3** – A) Esquema do processo de moagem nas usinas; B) Tratamento do caldo de cana-de-açúcar.



Fonte: Usina Serra Grande, 2021.

Após a extração o caldo precisa passar por diversos tratamentos para remover impurezas e obter a qualidade necessária para a produção do açúcar cristal. O tratamento inicial é o peneiramento, pois o caldo de cana geralmente obtido por extração em moendas ou

difusores apresentam materiais estranhos que são incorporados acidentalmente no processo de corte, colheita, transporte e demais operações, além dos complexos integrais de cana-de-açúcar. A segunda etapa do tratamento do caldo é a sulfitação, ocorre geralmente em uma coluna de absorção, que contém pratos perfurados em seu interior. O caldo é bombeado na parte superior da torre e escoar em contracorrente com o gás  $\text{SO}_2$ , que é aspirado por um exaustor ou ejetor instalado no sistema. Devido à alta solubilidade do  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre) em água, pode-se obter uma absorção de até 95% com esse equipamento. Esse processo visa inibir as reações que causam a formação de cor, além de promover a coagulação de colóides solúveis e a formação de precipitado de  $\text{CaSO}_3$  (sulfito de cálcio), o que diminui a viscosidade do caldo e, conseqüentemente, do xarope, das massas cozidas e dos méis. Isso facilita as operações de evaporação e cozimento. O consumo médio de enxofre pode ser estimado entre 250 e 500 g/tonelada de cana.

A calagem é a etapa seguinte após a sulfitação, em que se adiciona leite de cal ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) ao caldo, para elevar seu pH a valores da ordem de 6,8 a 7,2 garantindo o controle do pH final e facilitar a precipitação de impurezas (NUNES, 2019; AGUIAR *et al.*, 2022, ALMEIDA, 2011).

Em seguida é realizado o aquecimento do caldo, que é feito em trocadores de calor casco-tubo, nos quais ocorre o escoamento de vapor de água saturado pelo lado do casco. Nesse processo, o caldo é aquecido a aproximadamente  $105^\circ\text{C}$ , o que acelera a coagulação e floculação de colóides, bem como de não açúcares proteicos, além de emulsificar graxas e ceras. Isso permite aumentar a eficiência da decantação e facilita a degasagem do caldo (COPERSUCAR, 2004; NUNES, 2019).

A decantação é a etapa onde o caldo é deixado em repouso em grandes tanques para que as partículas sólidas, como terra e impurezas maiores, se depositem no fundo, esse processo é fundamental para separar as substâncias que podem interferir na pureza do açúcar (EZEQUIEL *et al.*, 2005). A seguir, o caldo passa pela clarificação, processo que visa a remoção das impurezas mais finas que não foram eliminadas durante a decantação. Para isso, são adicionados agentes clarificantes, como cal e fosfato, que ajudam a neutralizar ácidos e a coagular as impurezas, facilitando sua remoção. Durante a clarificação, o caldo se torna mais limpo e cristalino, pronto para ser filtrado (FREIRIA, 2023).

Após a clarificação, o caldo passa por filtração, que remove as partículas ainda presentes, resultando em um líquido mais puro e de alta qualidade. A filtração pode ser feita de duas maneiras, com o uso de filtros prensa ou filtros rotativos, dependendo do equipamento da usina, a filtração assegura que o caldo esteja livre de impurezas, o que é

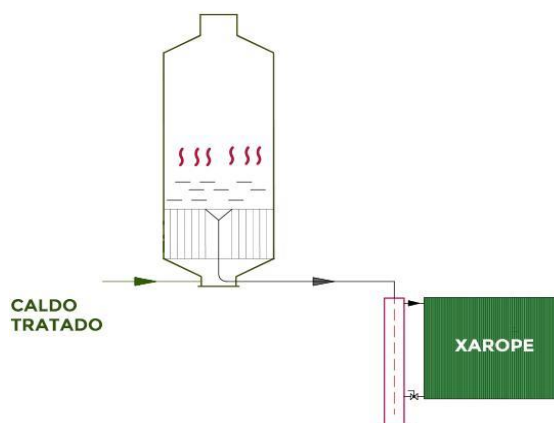
essencial para garantir a produção de um açúcar cristal de alta pureza (EZEQUIEL *et al.*, 2005; FREIRIA, 2023).

### 3.3 Evaporação do caldo

Para que os cristais de açúcar possam se formar, após passar pelas etapas de extração e tratamento, o caldo da cana-de-açúcar precisa ser concentrado, esse processo ocorre na etapa de evaporação (Figura 4), onde o caldo é aquecido em evaporadores a vácuo de forma que perde a maior parte da água presente. A redução da umidade aumenta a concentração de sacarose, resultando em um líquido espesso conhecido como xarope (MACHADO, 2016).

A evaporação é conduzida de maneira controlada para evitar a degradação da sacarose e garantir um produto final de alta qualidade. Segundo Machado (2016), esse processo é fundamental para obter um açúcar com boa cristalização, pois uma evaporação inadequada pode gerar impurezas ou alterar a estrutura química do açúcar. O xarope resultante da evaporação apresenta uma consistência viscosa e um alto teor de sólidos dissolvidos, sendo a base para a próxima etapa do processo.

**Figura 4** – Esquema do processo de evaporação para formação do xarope.



Fonte: Usina Serra Grande, 2021.

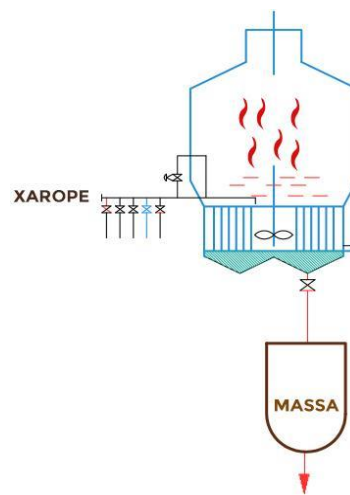
### 3.4 Cristalização e centrifugação do açúcar

Com o xarope pronto, inicia-se o processo de cristalização (Figura 5), que consiste na formação dos cristais de açúcar. Ocorre em tachos de cozimento a vácuo, onde o xarope é submetido a um resfriamento controlado e à adição de sementes cristalinas, que servem como base para o crescimento dos cristais de açúcar. Durante esse estágio, ocorre a nucleação, ou seja, a formação inicial dos cristais, que se desenvolvem conforme o resfriamento e a agitação do xarope, após a cristalização, a mistura de cristais e xarope residual, chamada de massa cozida, é enviada para a centrifugação (MACHADO, 2016). Nessa etapa, a mistura é

submetida a alta rotação em centrífugas industriais (figura 6), onde os cristais são separados do xarope restante, conhecido como mel residual ou mel final. Esse subproduto pode ser utilizado para a produção de etanol ou outros derivados.

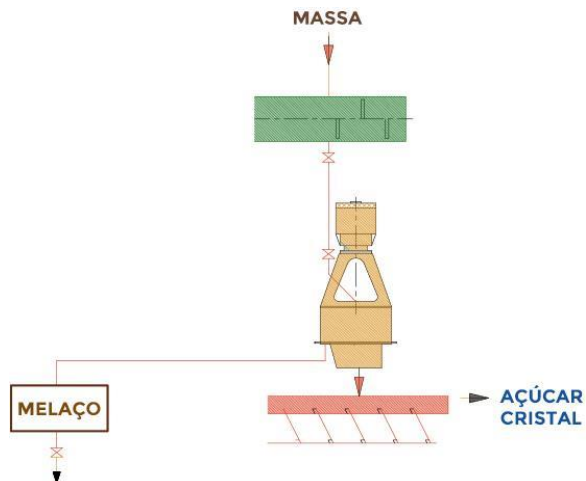
Após a separação do mel final os cristais de açúcar ainda contêm certa quantidade do xarope, para eliminar essas impurezas, o açúcar vai passar por um processo de refinamento adicional (Figura 6), onde ele é lavado com vapor de água para remover traços do xarope residual e melhorar sua cor e brilho. Esse refinamento é mais comum na produção de açúcares mais brancos e puros (açúcar cristal).

**Figura 5** – Esquema do processo de cristalização do açúcar.



Fonte: Usina Serra Grande, 2021.

**Figura 6** – Esquema do processo de centrifugação.



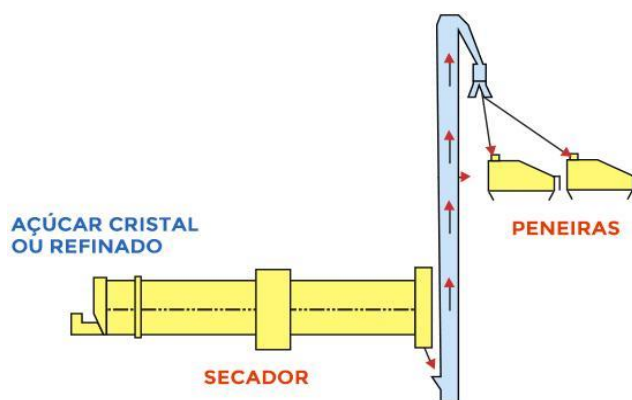
Fonte: Usina Serra Grande, 2021.

### 3.5 Secagem e armazenamento do açúcar

Na sequência, o açúcar cristal passa pelo processo de secagem, onde ele é exposto a correntes de ar quente em tambores rotativos ou secadores vibratórios. A secagem é uma etapa essencial para reduzir a umidade do açúcar e evitar que os cristais se aglomerem durante o armazenamento e transporte (MACHADO, 2016).

Completadas todas as etapas de centrifugação e secagem (Figura 7), o açúcar cristal está pronto para ser embalado e distribuído, o processo de embalagem pode variar de acordo com o destino do produto.

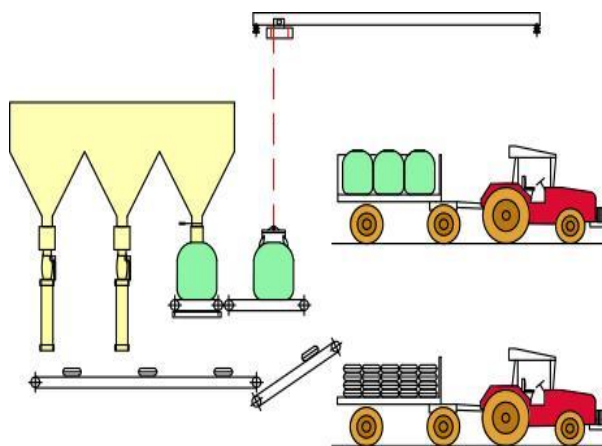
**Figura 7** – Esquema do processo de secagem do açúcar.



Fonte: Usina Serra Grande, 2021.

Para o mercado consumidor, o açúcar é acondicionado em sacos menores de 1 kg ou 5 kg, enquanto para distribuição industrial, ele é armazenado em grandes sacos de 50 kg ou até mesmo em silos a granel (Figura 8). O armazenamento do açúcar deve seguir condições adequadas para evitar a absorção de umidade e contaminações. O local precisa ser seco, ventilado e protegido contra pragas e variações extremas de temperatura.

**Figura 8** – Esquema do processo de embalagem do açúcar após produção.



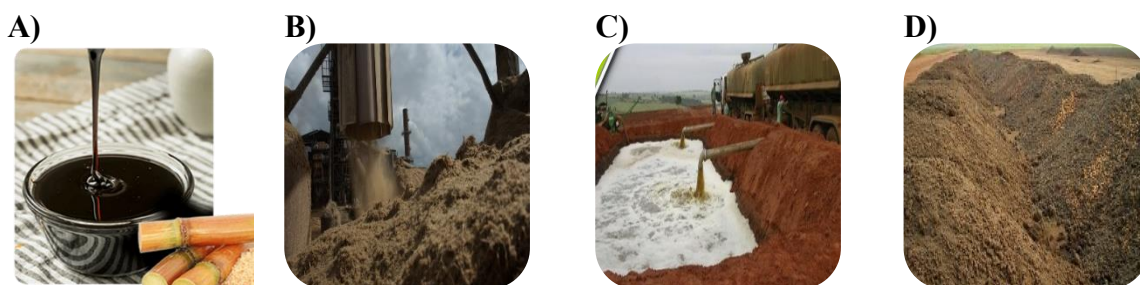
Fonte: Usina Serra Grande, 2021.

## 4 SUBPRODUTOS DO AÇÚCAR

A produção de açúcar cristal gera diversos subprodutos que possuem grande relevância econômica e ambiental. Esses resíduos podem ser reaproveitados em diferentes setores, contribuindo para a sustentabilidade da indústria sucroalcooleira e agregando valor ao processo produtivo. Entre os principais subprodutos estão o melaço, o bagaço da cana e a vinhaça, que possuem aplicações em áreas como bioenergia, nutrição animal e fertilização agrícola (SILVA *et al.*, 2021).

O melaço (Figura 9A) é um subproduto líquido e viscoso resultante da centrifugação do açúcar durante o processo de cristalização, ele ainda contém uma quantidade significativa de açúcares não cristalizados, além de minerais e outros compostos orgânicos. Sua principal aplicação está na produção de etanol, onde é fermentado por microrganismos para gerar álcool combustível (SILVA *et al.*, 2021), entretanto pode ser utilizado para a produção de ácido láctico, que possui grande relevância na indústria alimentícia e farmacêutica (SILVA *et al.*, 2023).

**Figura 9** – Subprodutos do açúcar: A) Melaço; B) Bagaço; C) Vinhaça; D) Torta de filtro.



Fonte: Coperval, 2023.

Fonte: Globo Rural, 2019.

Fonte: Abreu; Figueiredo; Alberton 2023.

Fonte: Embrapa, 2022

O bagaço da cana é a fibra vegetal que sobra após a moagem e extração do caldo (Figura 9B), a qual é tradicionalmente utilizado como fonte de energia nas próprias usinas, uma vez que pode ser queimado em caldeiras para gerar vapor e eletricidade. Esse processo contribui para a autossuficiência energética das indústrias sucroalcooleiras, colaborando para a redução necessidade de combustíveis fósseis (SILVA *et al.*, 2021), podendo ainda ser utilizado na alimentação animal, na substituição do carvão na absorção de corantes em empresas têxtil e até na construção civil (SILVA *et al.*, 2023).

A vinhaça (Figura 9C) é um resíduo líquido gerado durante a destilação do etanol a partir do caldo da cana ou do melaço, embora seja altamente poluente se descartada de forma inadequada, ela pode ser utilizada como fertilizante agrícola devido ao seu alto teor de

potássio e outros nutrientes essenciais para as plantas. Esse uso contribui para a reciclagem de nutrientes no solo e reduz a necessidade de fertilizantes químicos (DE MIRANDA-STALDER *et al.*, 2019), podendo inclusive ser utilizada na formação de biogás (SILVA *et al.*, 2023).

A torta de filtro (Figura 9D) é um resíduo significativo da indústria sucroenergética, resultante da filtração do caldo extraído nas moendas, utilizando um filtro prensa ou rotativo. No passado, esse resíduo era gerado apenas durante a produção de açúcar, mas com a introdução do filtro rotativo nas novas unidades de produção de etanol, esse resíduo também é obtido (EMBRAPA, 2022).

Segundo a Embrapa (2022), a torta de filtro contém aproximadamente 1,2 a 1,8% de fósforo e cerca de 70% de umidade, o que é fundamental para favorecer a brotação da cana em plantios realizados durante o inverno nas regiões sul e sudeste do Brasil. A torta de filtro é gerada a partir de aproximadamente 2,5 a 3,5% da cana moída e possui alta umidade, além de ser rica em matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e nitrogênio.

## **5 MERCADO E ECONOMIA DO AÇÚCAR CRISTAL**

O açúcar cristal é um dos produtos mais comercializados globalmente, sendo essencial tanto para a indústria alimentícia quanto para o consumo doméstico. A produção e exportação desse insumo movimentam a economia de diversos países, com destaque para o Brasil, que lidera o mercado mundial (SILVA *et al.*, 2023).

No entanto, a indústria açucareira enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade, às flutuações de preços e à concorrência com adoçantes alternativos. A produção de açúcar está concentrada em países de clima tropical e subtropical, onde as condições favorecem o cultivo da cana-de-açúcar. Entre os principais produtores estão o Brasil, que se destaca como o maior exportador mundial, a Índia, que apresenta grande produção, mas um consumo interno elevado, e a Tailândia, que se sobressai no mercado asiático (SOUZA *et al.*, 2013).

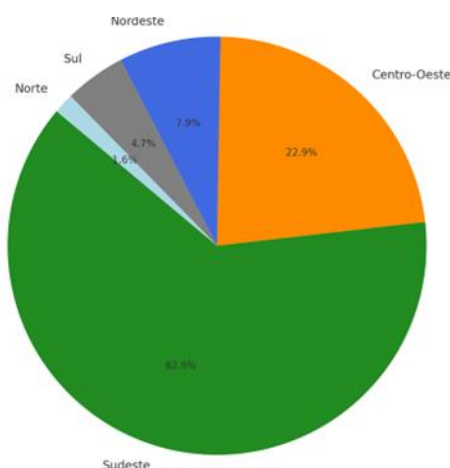
Países como China e Estados Unidos também têm participação relevante na produção e no consumo desse insumo. Segundo Souza *et al.* (2013), o mercado mundial do açúcar sofre influência de fatores como as condições climáticas, as políticas agrícolas e a demanda por etanol, o que afeta diretamente a oferta e a precificação do produto.

Para Diniz (2023), os principais destinos do açúcar produzido no Brasil são China, Índia e os países Árabes. A média de exportações mundiais do Brasil, considerando todos os tipos de açúcar, possui um valor bruto de 37,83% entre 2010 e 2019. O setor sucroenergético movimentou 2% do PIB brasileiro em 2018 gerando em torno de 2,4 milhões de empregos direto e indiretamente.

Na Safra 2023/2024 foram exportados pouco mais de 35 milhões de toneladas de açúcar, uma alta de 26,8% no volume comercializado em comparação a safra anterior, o que gerou um faturamento de U\$ 18,27 milhões, segundo dados divulgados pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). Resultado não apenas de um período de boa produção, mas importantes produtores como Índia e Paquistão não tiveram o mesmo êxito e registraram menores embarques, o que beneficia os produtores brasileiros (CONAB, 2024).

Conforme apresentado no Gráfico 1, a região que mais produziu açúcar na safra 2024/2025 foi a região sudeste (62,9%), seguida da Centro-oeste (22,9%) e Nordeste (7,9%) (CONAB, 2024).

**Gráfico 1** – Produção de açúcar por regiões do Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A combinação de tecnologia avançada, vastas áreas de cultivo e a integração com a produção de etanol contribuem para a competitividade do país no setor. O alto nível de mecanização e a aplicação de biotecnologia permitem que o Brasil tenha uma das maiores produtividades por hectare. Grande parte do açúcar brasileiro é exportada para países como China, Índia, Indonésia e membros da União Europeia (SOUZA *et al.*, 2013).

Apesar da sua relevância econômica, o setor açucareiro enfrenta desafios que podem impactar sua competitividade nos próximos anos. O mercado de açúcar é caracterizado por uma forte volatilidade de preços, influenciada por fatores como as variações climáticas, as políticas de subsídios e os níveis de oferta e demandas internacionais (SOUZA *et al.*, 2013; DINIZ, 2023).

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dessa forma, conclui-se que a cana-de-açúcar desempenha um papel fundamental na economia global, sendo a base para a produção de açúcar cristal e etanol. No Brasil, essa cultura possui história e relevância significativas, influenciando diretamente o setor agrícola, a geração de empregos e o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a sustentabilidade. O processo produtivo do açúcar cristal envolve etapas essenciais que vão desde o cultivo e colheita da cana-de-açúcar até o processamento industrial, onde avanços tecnológicos têm contribuído para maior eficiência e redução de impactos ambientais. A mecanização da colheita, o aprimoramento genético das variedades e o uso de práticas sustentáveis têm impulsionado o setor sucroalcooleiro, garantindo sua competitividade no mercado internacional. Além disso, a adoção de biotecnologias e técnicas de manejo sustentável tem permitido um melhor aproveitamento dos recursos naturais, reduzindo desperdícios e promovendo uma produção mais equilibrada.

Em síntese, a relevância desta pesquisa reside na compreensão aprofundada sobre a produção do açúcar cristal e suas implicações econômicas, sociais e ambientais. O estudo evidencia a necessidade de aprimoramento contínuo das técnicas produtivas, visando maior eficiência e preservação ambiental, além de reforçar a importância da sustentabilidade como fator essencial para o crescimento do setor sucroalcooleiro. A análise dos impactos ambientais e das soluções tecnológicas para mitigar danos ressalta a urgência de políticas públicas que incentivem práticas agrícolas responsáveis e a transição para fontes de energia renováveis.

Portanto, compreender o ciclo produtivo do açúcar cristal permite uma visão ampla sobre sua importância estratégica no contexto global, reforçando a necessidade de inovação contínua para otimizar sua produção e minimizar os impactos ambientais. A busca por alternativas energéticas renováveis e a implementação de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade são fundamentais para garantir que esse setor continue se desenvolvendo de forma responsável, competitiva e alinhada aos princípios do desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, Fábio Viana de; FIGUEIREDO, Marco Antonio Gaya de; ALBERTON, Andre Luis. **O peso do aspecto ambiental no uso de tecnologias de processamento de vinhaça.** *Ângulos*, 14 fev. 2023.
- AGUIAR, Wilian Silva; MACRI, Rita de Cássia Vieira. **A importância do tratamento do caldo eficiente para a produção de açúcar.** *Ciência & Tecnologia*, v. 14, n. 1, p. 104-113, 2022.
- ALAGOASWEB. **Alagoas registra o maior crescimento da história na exportação de açúcar.** AlagoasWeb, 29 jan. 2024. Disponível em: <https://alagoasweb.com/alagoas-registra-o-maior-crescimento-da-historia/>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- ALBUQUERQUE, C. **Sustentabilidade do cultivo de cana-de-açúcar para produção de bioenergia.** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, 2019.
- ALMEIDA, Lorena. **Os diferentes tratamentos para obtenção do açúcar e a influência do consumo do açúcar na saúde humana.** 2011. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2011.
- AMBROSANO, Edmilson José *et al.* **Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas.** *Bragantia*, v. 70, p. 810-818, 2011.
- AZEVEDO, Rafaella Eloisa Candido de. **Deterioração de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) para a produção de etanol.** Centro Universitário de Maringá Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas. Maringá, 2018.
- BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes *et al.* **A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar.** *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.
- BRASIL. Casa Civil. **Colheita mecanizada da cana-de-açúcar leva à queda de emissões de gases do efeito estufa.** Brasília, 18 fev. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2021/fevereiro/mecanizacao-da-colheita-da-cana-de-acucar-e-a-principal-responsavel-pela-queda-nas-emissoes-de-gases-do-efeito-estufa>. Acesso em: 02 de abril de 2025.
- BRUNINI, Rodrigo Garcia. **Índices de estresse hídrico em cana-de-açúcar nas diferentes fases de desenvolvimento.** 2017.
- CARVALHO, Leidiane Coelho *et al.* **Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 16, p. 530-542, 2013.

CENTURION, José Frederico *et al.* **Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos vermelhos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 199-209, 2007.

CESNIK, Roberto. **Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil.** 2007.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Brasil deve atingir recorde na produção de açúcar mesmo com redução na produção de cana-de-açúcar na safra 2024/2025.** *ConabCast*, 25 abr. 2024. Disponível em: [https://cast.conab.gov.br/post/2024-04-25\\_25\\_04\\_24\\_-\\_cana\\_-\\_1\\_lev\\_2024\\_mixagem/](https://cast.conab.gov.br/post/2024-04-25_25_04_24_-_cana_-_1_lev_2024_mixagem/). Acesso em: 02 abr. 2025.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Produção de cana-de-açúcar é estimada em 689,8 milhões de toneladas na safra 2024/2025.** Brasília: Conab, 21 mar. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 02 abr. 2025.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Produção de cana-de-açúcar na safra 2024/25 sofre redução devido a condições climáticas adversas.** Brasília: Conab, 11 abr. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 02 abr. 2025.

COOPERSUCAR. **Fundamentos de processamento de açúcar e álcool.** Piracicaba: CTC, CD ROM, 2004.

COPervalles Agroindustrial. **Melaço.** Vale do Satuba, 2023. Disponível em: <https://copervalles.com/produtos/melaco/>. Acesso em: 02 abr. 2025

DE MIRANDA-STALDER, Sílvia H.G; BURNQUIST, Heloísa Lee. **A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor agroindustrial.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 34, n. 3, p. 103-119, 2019.

DINIZ, Amanda Seixas. **Modelos de previsão para o preço do açúcar cristal no mercado brasileiro.** Dissertação (Mestrado em Ciências – Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2023.

DOMINGOS, Ronaldo Oliveira; DA SILVA, Roberta Alves de Abreu; FERRARI, Sidney Carlos. **Avaliação do sistema de inteligência logístico operacional de transporte de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) no município de Ourinhos-SP.** RETEC - Revista de Tecnologias, v. 17, n. 2, p. 95-107, 2024.

DOS SANTOS NUNES, Thiago; FINZER, José Roberto Delalibera. **A importância do tratamento do caldo de cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol.** Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 11, p. 24816-24823, 2019.

EZEQUIEL, Jane Maria Bertocco *et al.* **Processamento da cana-de-açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, p. 1704-1710, 2005.

FREIRIA, Beatriz Helena. **Levedura selvagem: comparação e análise de contaminação do processo fermentativo para obtenção de etanol de cana-de-açúcar.** 2023.

**GLOBO RURAL. Plataforma digital comercializa subprodutos do agro.** Revista Globo Rural, out. 2019. Disponível em: <https://globorural.globo.com/Noticias/Empresas-e-Negocios/noticia/2019/10/plataforma-digital-comercializa-subprodutos-do-agro.html>. Acesso em: 28 mar. 2025.

GODOY, Marcelo Magalhães. **Civilizações da cana-de-açúcar: dois paradigmas de atividades agroaçucares no Novo Mundo, séculos XVI a XIX.** História Econômica & História de Empresas, v. 10, n. 2, 2007.

LOPES, C. H.; GABRIEL, A. V. M. A.; BORGS, M. T. M. R. **Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar: tecnologia de produção de etanol.** UAB-UFSCar: São Carlos, 2011.

MACHADO, Simone Silva. **Tecnologia da fabricação do açúcar.** São Paulo, 2016.

MENDES, Rafael Farinassi *et al.* **Efeito da associação de bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados.** Ciência Florestal, v. 22, n. 1, p. 161-170, 2012.

MESSETTI, M. A. *et al.* **Estudo do derivado do óleo de *Ricinus communis* L. (mamona) como agente biocida e redutor da viscosidade produzida por *Leuconostoc mesenteroides* em indústrias sucroalcooleiras.** Arquivos do Instituto Biológico, v. 77, p. 301-308, 2020.

MOORE, Jason. **O açúcar e a expansão da economia-mundo na era moderna: fronteiras da mercadoria, transformação ecológica e industrialização.** In: História das mercadorias: trabalho, meio ambiente e capitalismo mundial (séculos XVI-XIX). São Leopoldo: Casa Leiria, p. 41-77, 2023.

NOCELLI, Roberta Cornélio Ferreira *et al.* **Histórico da cana-de-açúcar no Brasil: contribuições e importância econômica.** Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica, p. 13, 2017.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** NBL Editora, 2002.

RAMOS, Thiago Alves. **Perdas industriais na recepção, preparo e moagem da cana no setor sucroenergético.** Universidade Federal da Paraíba Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional Tecnologia em Produção Sucroalcooleira. Dissertação. João Pessoa, 2020.

RAVANELI, Gisele Cristina. **Qualidade da matéria-prima, microbiota fermentativa e produção de etanol sob ataque de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar.** 2010.

RODRIGUES, Cleverson Fernandes. **O crescimento das indústrias sucroalcooleiras na microrregião de Quirinópolis, no período de 2005 a 2020.** Pontifícia Universidade Católica

de Goiás Escola de Direito, Negócios e Comunicação Curso de Ciências Econômicas. Goiânia, 2024.

RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Edufu, 2020.

SANTANA, Tammires L. C. *et al.* **História e produtos da cana-de-açúcar: um breve relato**. In: Ciências agrárias: o avanço da ciência no Brasil – v. 3. Editora Científica Digital, 2022. p. 198-221.

SILVA, Augusto Frederico Maia Soares; GOMES, Guilherme Nascimento; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. **A importância das cadeias da cana-de-açúcar: uma análise insumo-produto**. Economia Ensaio, v. 33, p. 149-174, 2019.

SILVA, Dayane Lilian Gallani *et al.* **Cana-de-açúcar: aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade**. Research, Society and Development, v. 10, n. 7, 2021.

SILVA, João Paulo Nunes; SILVA, Maria Regina Nunes. **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2012.

SILVA, Ronald Benvindo Borges *et al.* **Diferentes estratégias na utilização da cana-de-açúcar e dos seus subprodutos: uma revisão de literatura**. Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

SOUZA, Mauricio Jorge Pinto de; OLIVEIRA, Pedro Rodrigues de; BURNQUIST, Heloisa Lee. **Lar "doce" lar: uma análise do consumo de açúcar e de produtos relacionados no Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 51, p. 785-796, 2013.

SOUZA, Zigomar Menezes de *et al.* **Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, p. 271-278, 2005.

**STROPASOLAS, Pedro**. Por que a cadeia produtiva da cana-de-açúcar é a que mais escraviza pessoas no Brasil? *Brasil de Fato*, 15 mar. 2023. Disponível em: <https://www.brasildfato.com.br/2023/03/15/por-que-a-cadeia-produtiva-da-cana-de-acucar-e-a-que-mais-escraviza-pessoas-no-brasil/>. Acesso em: 20 fev. 2025.