Revista de Engenharia, TI e Inovação – RETII

PROJETO NO APERFEIÇOAMENTO DA CLARIFICAÇÃO DO CALDO NA USINA SUCROALCOOLEIRA

Camila Soares Serapião[1,2*]; Marcelo Lucas[2], Ana Paula Silva Capuci[3]; José Roberto Delalibera Finzer[3];

[1]Universidade de Uberaba, Graduação em Engenharia Química
[2]Universidade de Uberaba, Graduação em Engenharia Elétrica
[3] Universidade de Uberaba, Programa de Mestrado em Engenharia Química

Autor Correspondente: camila.quimicaeng@hotmail.com

RESUMO

O projeto de aperfeiçoamento da clarificação do caldo em uma usina de açúcar tem como foco reduzir a porcentagem de cinzas no produto final, melhorando a qualidade do açúcar cristal. Para isso, o estudo analisa a substituição das telas das peneiras estáticas por geometria de malha mais fina, visando uma retenção mais eficiente de impurezas, incluindo ácidos orgânicos inorgânicos e materiais coloidais, como pectinas e ceras. A implementação, feita na entressafra de 2023/2024 em uma usina no Triângulo Mineiro, objetiva otimizar a filtração do caldo, reduzir o consumo de insumos químicos e aumentar a eficiência energética. A cana-de-açúcar, ao ser moída, gera um caldo rico em açúcares e outras substâncias, como ácidos, sais e coloides. Para garantir a qualidade e a pureza do produto, é essencial eliminar impurezas como areia, argila e bagacilho. A etapa de clarificação inclui etapas mecânicas e químicas, como o aquecimento e a calagem, que facilitam a remoção de resíduos. Esse projeto contribui para a competitividade e a sustentabilidade da indústria sucroalcooleira, fortalecendo sua relevância econômica e ambiental. A troca das telas promoveu um produto de maior pureza e melhor aceitação comercial. Em praticamente, todos dias do mês de agosto, a cinza quantificada no açúcar cristal decresceu substancialmente no ano de 2024, quando comparado ao mesmo mês do ano de 2023. Isto se traduz em uma ampliação na qualidade da sacarose produzido pela indústria.

Palavras-chave: indústria sucroalcooleira; clarificação do caldo; peneiras estáticas.

ABSTRACT

The project focuses on reducing the ash percentage in the final product, enhancing the quality of crystal sugar. To achieve this, the study analyzes the replacement of static screen meshes with finer mesh geometry, aiming for more efficient retention of impurities, including organic and inorganic acids, as well as colloidal materials such as pectins and waxes. Implemented during the 2023/2024 off-season in a sugar mill located in the Triângulo Mineiro region, the objective is to optimize juice filtration, reduce the consumption of chemical inputs, and increase energy efficiency. When sugarcane is milled, it generates juice rich in sugars and other substances, such as acids, salts, and colloids. To ensure product quality and purity, it is essential to eliminate impurities such as sand, clay, and bagasse. The clarification stage includes mechanical and chemical processes, such as heating and liming, which facilitate residue removal. This project contributes to the competitiveness and sustainability of the sugar-energy industry, strengthening its economic and environmental relevance. The replacement of screens resulted in a final product with greater purity and better commercial acceptance. Throughout almost every day in August 2024, the quantified ash content in crystal sugar significantly decreased compared to the same period in 2023. This improvement reflects an increase in the quality of sucrose produced by the industry.

Keywords: energy industry; juice clarification; static screens.

1 INTRODUÇÃO

A produção de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar é uma atividade de grande importância para a economia brasileira, destacando o Brasil como um dos maiores produtores globais desses produtos. A indústria sucroalcooleira desempenha um papel estratégico na geração de empregos, renda e energia renovável, além de contribuir para a independência energética do país através da produção de combustíveis alternativos. Este setor do agronegócio, presente principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, investe constantemente em inovações tecnológicas que visam aumentar a eficiência produtiva e reduzir o impacto ambiental, aspectos fundamentais para garantir sua competitividade no mercado nacional e internacional.

Entre os processos fundamentais para a produção de açúcar e etanol, a clarificação do caldo de cana-de-açúcar ocupa uma posição central, pois tem como função remover impurezas como bagaço e partículas coloidais. Essas impurezas, se não forem tratadas adequadamente, podem interferir nas etapas subsequentes de fermentação e cristalização, comprometendo tanto a qualidade do açúcar quanto o rendimento do etanol. De acordo com Aguiar (2022), o processo de clarificação do caldo não apenas influencia a qualidade final do açúcar e do etanol, mas também reduz os impactos ambientais da produção ao minimizar o uso de insumos químicos. Assim, a clarificação adequada do caldo

é essencial para que o produto final atenda aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado.

Após o processo inicial de moagem, onde o caldo bruto é extraído da cana, ele passa por uma série de etapas de tratamento para remover impurezas. As peneiras estáticas são utilizadas como uma barreira inicial, desempenhando um papel fundamental na retenção de partículas maiores e preparando o caldo para os processos subsequentes. A finalidade desse estudo indica que, ao aumentar a capacidade de retenção de impurezas nas peneiras, pode-se obter um caldo mais limpo e com menos necessidade de insumos adicionais, como floculantes e coagulantes, utilizados na floculação para a aglomeração e remoção de partículas finas restantes.

Neste contexto, este trabalho propõe uma análise dos efeitos da substituição das telas das peneiras por modelos de malha mais fina no processo de clarificação do caldo em uma usina sucroalcooleira localizada no Triângulo Mineiro. Com a implementação dessa mudança durante a entressafra de 2023/2024, espera-se avaliar o impacto dessa alteração na safra de 2024/2025. A metodologia envolve a ampliação da área de contato das peneiras, permitindo uma maior retenção de impurezas, e o monitoramento de variáveis como qualidade do caldo, eficiência energética e consumo de insumos químicos ao longo da safra.

Dada a ausência de estudos específicos sobre o efeito da troca das telas de peneiragem no setor sucroalcooleiro, este estudo busca fornecer dados que auxiliem na compreensão dos benefícios e limitações dessa modificação, contribuindo para uma operação mais sustentável e econômica. A proposta é que a substituição das telas de peneiragem favoreça uma redução no uso de insumos, melhore a qualidade do caldo e do açúcar cristal produzido e aumente o rendimento do etanol, promovendo ganhos operacionais que refletem a importância de processos de clarificação eficientes na produção de açúcar e etanol no Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma usina sucroalcooleira localizada no Triângulo Mineiro, utilizando dados obtidos de análises laboratoriais rotineiras realizadas durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. As amostras do caldo clarificado foram coletadas e analisadas diariamente como parte do controle de qualidade da usina, com foco no teor de cinzas no açúcar cristal.

Segundo Fernandes (2002), a padronização e o controle rigoroso dos dados laboratoriais são essenciais para avaliar a eficiência das etapas industriais, especialmente nos processos que envolvem variáveis críticas como o teor de cinzas.

Os dados referentes ao teor de cinzas foram registrados pelo sistema GAtec, ferramenta amplamente utilizada na indústria para monitoramento e controle de qualidade. Para este estudo, os dados das duas safras foram

organizados e comparados, sendo apresentados em gráficos elaborados no Excel, destacando diferenças entre os períodos analisados.

Embora outros aspectos, como eficiência energética e qualidade geral do caldo, sejam comumente afetados pela clarificação, o foco do trabalho foi direcionado à análise do teor de cinzas, considerando sua relevância comercial e operacional para a indústria sucroalcooleira.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A substituição das peneiras estáticas de malha grossa (80 mesh, com abertura de 0,175 mm) por peneiras de malha fina (150 mesh, com abertura de 0,104 mm) apresentou resultados significativos no processo de clarificação do caldo e na qualidade do açúcar cristal produzido na usina. Durante a safra 2024/2025, as análises evidenciaram melhorias importantes em diversos indicadores, comprovando os benefícios da alteração implementada. Resultados semelhantes foram apresentados por Machado (2012), ao demonstrar que peneiras de malha mais fina retêm com maior eficácia partículas coloidais, contribuindo para a melhoria da pureza do caldo.

No caldo clarificado, foi constatada uma redução média de 35% nos níveis de sólidos suspensos, indicando que as peneiras de malha fina proporcionaram uma retenção inicial mais eficiente das partículas. Essa melhoria impactou diretamente a qualidade do açúcar cristal, que apresentou uma redução média de 63% no teor de cinzas. Os resultados, obtidos pelo sistema GAtec e analisados com base no gráfico incluído no estudo, destacam a superioridade do desempenho ao longo do mês de agosto de 2024 em relação ao mesmo período de 2023. Por exemplo, no dia 10 de agosto, o teor de cinzas no açúcar foi de 0,027% em 2023, enquanto no mesmo dia de 2024 foi de apenas 0,007%, representando uma redução expressiva de 63%. Esses dados reforçam a eficácia da nova configuração das peneiras estáticas em melhorar a qualidade final do açúcar cristal.

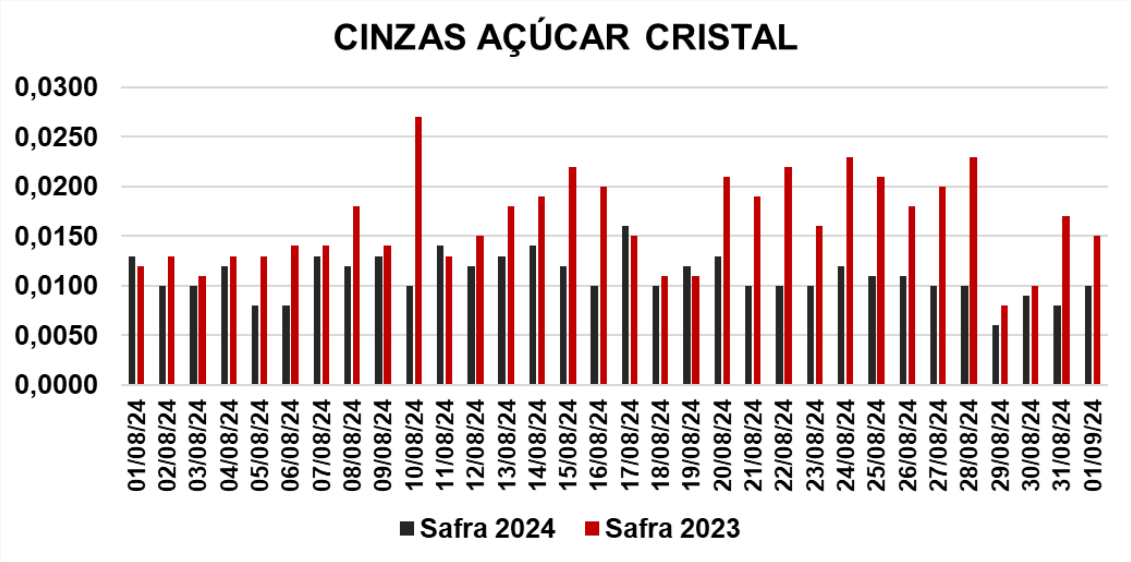
Figura 1 – Peneiras estáticas do Tratamento de Caldo

Fonte: Acervo dos autores, 2024.

Em 2024, o material retido pelas peneiras se caracteriza por partículas menores, comprovando a maior eficiência da malha mais fina em capturar impurezas. No caldo clarificado, foi constatada uma redução média de 35% nos níveis de sólidos suspensos, indicando que as peneiras de malha fina proporcionaram uma retenção inicial mais eficiente das partículas. Essa melhoria impactou diretamente a qualidade do açúcar cristal, que apresentou uma redução média de 63% no teor de cinzas. Por exemplo, no dia 10 de agosto de 2024, o teor de cinzas no açúcar foi de apenas 0,007%, enquanto no mesmo dia de 2023 era de 0,027%.

Os resultados, obtidos pelo sistema GAtec, evidenciam que o uso de malhas mais finas reduziu significativamente a necessidade de tratamento químico posterior, como o uso de floculantes e coagulantes, gerando economia operacional e menor impacto ambiental. Além disso, a menor carga de sólidos suspensos contribuiu para a redução de incrustações em equipamentos, como trocadores de calor e evaporadores, melhorando a eficiência energética e prolongando a vida útil dos componentes.

Gráfico 1 – Comparativo do teor de cinzas no açúcar cristal (agosto de 2023 x agosto de 2024)



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Essa mudança tecnológica válida a eficácia de processos bem planejados e otimizados, promovendo ganhos econômicos e sustentáveis para a usina. O açúcar cristal com menor teor de cinzas e o aumento do rendimento alcoólico reforçam a competitividade da usina no mercado e evidenciam a importância de práticas inovadoras para o fortalecimento do setor sucroalcooleiro.

4 CONCLUSÕES

A substituição das peneiras estáticas de 80 mesh (0,175 mm) por 150 mesh (0,104 mm) no processo de clarificação do caldo em uma usina no Triângulo Mineiro demonstrou benefícios significativos na qualidade do açúcar cristal produzido. A mudança possibilitou uma redução de até 63% no teor de cinzas, refletindo diretamente em um açúcar de maior pureza e aceitação comercial. Durante o mês de agosto de 2024, praticamente todos os dias apresentaram uma qualidade superior em relação ao mesmo período de 2023, evidenciando o impacto positivo dessa melhoria.

A troca das malhas e a ampliação da área de contato das peneiras proporcionaram um caldo mais limpo, diminuíram o consumo de insumos químicos e melhoraram a eficiência energética, com menor demanda de vapor. A imagem das peneiras, que ilustra a retenção eficiente de sujeiras, reforça a contribuição dessa tecnologia para o processo. Os resultados, registrados e analisados por meio do sistema GAtec garantiram precisão nas análises, validando a relevância da inovação implementada.

Conclui-se que a substituição das malhas das peneiras estáticas promoveu um ganho significativo na qualidade da sacarose produzida pela usina sucroalcooleira, além de ganhos operacionais e sustentáveis. Esses avanços reafirmam a importância de investimentos em tecnologias acessíveis e eficientes para melhorar a competitividade do setor e atender às demandas de um mercado cada vez mais exigente. Nesse sentido, Mantelatto (2018) destaca que a

melhoria da qualidade do caldo impacta positivamente não apenas na produção de açúcar, mas também no rendimento alcoólico, tornando o processo mais competitivo e sustentável.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. A. Tratamento do caldo de cana para produção de açúcar e etanol: aspectos ambientais e Técnicos. **Revista Brasileira de Agroindústria**, v. 12, n. 1, p. 45-58, 2022.

BARBOSA, G. H.; LOPES, R. M.; ALMEIDA, V. C. Aspectos físico-químicos na clarificação do caldo de cana: revisão técnica. **Revista da Agroindústria Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 33-41, 2017.

COSTA, E. F.; MELO, D. R. Tecnologias acessíveis e inovação incremental no setor sucroalcooleiro. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada**, v. 9, n. 2, p. 88-95, 2021.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2. ed. Brasília: STAB, 2002.

LIMA, A. S. **Tecnologias avançadas na produção de açúcar e etanol**. São Paulo: Editora Agroindustrial, 2012.

MACHADO, P. T. Eficácia de peneiras estáticas na clarificação do caldo de cana. **Ciência e Tecnologia Sucroalcooleira**, v. 10, n. 3, p. 77-85, 2012.

MANTELATTO, P. E. impacto da qualidade do caldo no rendimento de etanol. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 8, n. 4, p. 120-130, 2018.

OLIVEIRA, F. R.; REZENDE, L. A. Avaliação da eficiência de peneiramento na redução de impurezas do caldo. **Revista Engenharia e Cana**, v. 14, n. 2, p. 52–60, 2019.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. São Paulo: Nobel, 1989.

SANTOS, D. A.; FERREIRA, M. T.; LIMA, C. M. Sustentabilidade na cadeia produtiva da cana-de-açúcar: uma análise integrada. **Revista Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 1, p. 101-110, 2020.