Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DO CALDO EFICIÊNTE PARA A PRODUÇÃO DE AÇÚCAR

THE IMPORTANCE OF THE EFFICIENT BROTH TREATMENT FOR SUGAR PRODUCTION

Wilian Silva Aguiar[I]
Rita de Cássia Vieira Macri[II]

RESUMO

A qualidade da matéria prima é o principal fator determinante para se produzir o açúcar cristal branco, e sua qualidade está diretamente relacionada a variedade da planta, condições de maturação e aos microrganismos presentes, dentre outros fatores. O objetivo deste trabalho é destacar a importância do tratamento do caldo para a produção de açúcar. Esse método consiste na clarificação do caldo, a fim de eliminar a maior parte das impurezas como terra, bagacilho, e compostos corantes que interferem diretamente na cor do produto final. Dentre as operações unitárias mais utilizadas pelas usinas de cana-de-açúcar, destaca-se a técnica de sulfitação e caleagem, pois são nessas etapas do processo que se obtém matéria-prima ideal para a produção de açúcar cristal branco. Nesse estudo por meio de revisão da literatura, foi possível compreender como funciona o processo de tratamento do caldo e sua importância para obtenção de açúcar cristal branco de qualidade.

Palavras-chave: Clarificação. Açúcar. Purificação. Sulfitação. Caleagem

ABSTRACT

The quality of the raw material is the main determining factor for the production of white crystal sugar, and its quality is directly related to the variety of the plant, maturation conditions and the microorganisms present, among other factors. The objective of this work is to highlight the importance of broth treatment for sugar production. This method consists of clarifying the juice, in order to eliminate most of the impurities such as soil, bagasse, and coloring compounds that directly interfere with the color of the final product. Among the unit operations most used by sugarcane mills, the sulfitation and liming technique stands out, since it is in these stages of the process that the ideal raw material is obtained for the production of white crystal sugar. In this study, through a literature review, it was possible to understand how the juice treatment process works and its importance for obtaining quality white crystal sugar.

Keywords: Clarification. Sugar. Purification. Sulfitation. liming

Data de submissão do artigo: 30/08/2022.
Data de aprovação do artigo: 02/12/2022.
DOI: **10.52138/citec.v14i1.255**

[I] Tecnólogo em Biocombustíveis pela Fatec-JB. E-mail: wiliantaiacu@gmail.com
[II] Profa. Me. Da Fatec-JB. E-mail: pro.ritacvm@gmail.com

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é de grande importância para o setor econômico de vários países produtores do mundo. Atualmente, o Brasil ocupa posição importante no cenário internacional na produção de açúcar da cana, obtendo destaque nas exportações do país, sendo reconhecido como maior produtor mundial de açúcar (SILVA FILHO, 2019).

A qualidade da matéria-prima é considerada um dos principais fatores para se produzir o açúcar, está diretamente relacionado a variedade da planta, condições de maturação e aos microrganismos presentes. Portanto, esses são fatores determinantes que influenciam da deterioração da sacarose contida na cana e, consequentemente, prejudicam o processo de fabricação do açúcar (LARA, 2018).

O caldo de cana obtido da extração por moenda ou difusor apresenta mistura complexa que contém, além dos complexos integrais da cana-de-açúcar, materiais estranhos incorporados acidentalmente no corte, colheita, transporte e demais operações. O tratamento do caldo tem por objetivo a clarificação do caldo, visando eliminar a maior parte das impurezas como terra, bagacilho e compostos corantes que interferem diretamente na cor do açúcar, resíduos, cinzas e outros fatores de qualidade (HENRIQUE, 2019).

A tecnologia de tratamento do caldo utilizada atualmente no Brasil na purificação do caldo de cana para a fabricação do açúcar cristal branco, é reconhecida mundialmente pela tecnologia aplicada, por ser de custo baixo e de elevada eficiência de clarificação.

Este trabalho teve como objetivo demonstrar a importância das etapas de tratamento do caldo eficiente, o que contribui diretamente na qualidade açúcar final.

2 A IMPORTÂNCIA DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO BRASIL

O setor sucroenergético brasileiro, segundo dados de 2022, da União dos Produtores de Bioenergia representa cerca de 422 unidades de usinas de cana-de-açúcar espalhadas pelo país e está, em maior parte, concentrada no estado de São Paulo (173), seguido por Minas Gerais (44) e Goiás (40) (NOVA CANA, 2022). Figura 1.

Figura 1 - Distribuição das unidades agroindustriais pelo Brasil



Fonte: Nova Cana (2022)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

2.1 Cana de açúcar como matéria-prima

A cana-de-açúcar, historicamente, é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, ocupando papel de destaque no cenário internacional (RODRIGUES, 2010).

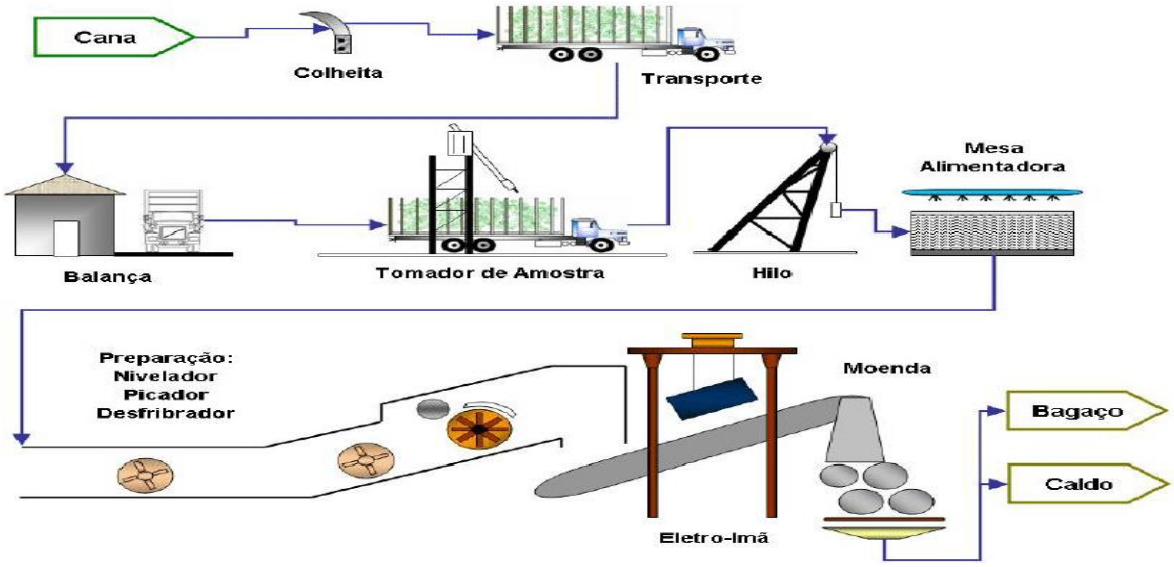
De acordo com Floriano (2022) a região sudeste do Brasil é a principal produtora da cana-de-açúcar (Saccharum spp) com aproximadamente 454,8 milhões de toneladas colhidas na safra 2020/2021, destaca-se o Estado de São Paulo o que representa 54,1 % do rendimento nacional, com aproximadamente 354,9 mil/t de cana colhida na safra 2020/2021

3 PROCESSAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Após a colheita da cana-de-açúcar, a matéria-prima é transportada para a indústria através de caminhões canavieiros adaptados para o serviço de transporte da cana para a unidade industrial. Na usina a cana é descarregada por guincho, hilos e transportada para as mesas alimentadora onde ocorre o processo de preparo e extração (SILVA et al., 2009).

Segundo Castro (2019) para o preparo, a cana-de-açúcar é picada através das facas rotativas e, posteriormente, desfibrada pelos martelos desfibradores, incrementando a capacidade das moendas ou dos difusores pelo aumento da densidade da massa de alimentação, tornando-a compacta e homogênea. Esse processo é quantificado através do índice de preparo e deve estar em torno de 90% de células abertas para a extração ideal do caldo pelas moendas ou difusores. Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processo de colheita e moagem da cana-de-açúcar



Fonte: Caltarosso (2008)

3.1 Moendas

O Processo de extração da sacarose de cana-de-açúcar pela moagem com rolos cilíndricos é o método mais utilizados pelas unidades agroindustriais que começou a ser utilizado nas regiões produtoras a partir do século XV (PIACENTE; RAMOS, 2006).

Segundo Castro (2019) diferentes processos utilizavam o mesmo princípio físico empregado na moagem, a maceração dos colmos da cana-de-açúcar empregados por três rolos

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

cilíndricos dispostos de tal modo que a união de seus centros forma um triângulo praticamente isósceles, possibilitando assim uma extração de 96% em média para uma moenda.

3.2 Difusão

O difusor é um lixiviador de cana, que consiste no método empregado pela extração da sacarose exclusivamente pelo processo de lavagem repetitiva com água ou caldo extraído da embebição. Sua eficiência de extrair, está diretamente relacionada da proporção das células rompidas, efetuadas no preparo da cana e da possibilidade do líquido de extração a estas células (CASTRO, 2019).

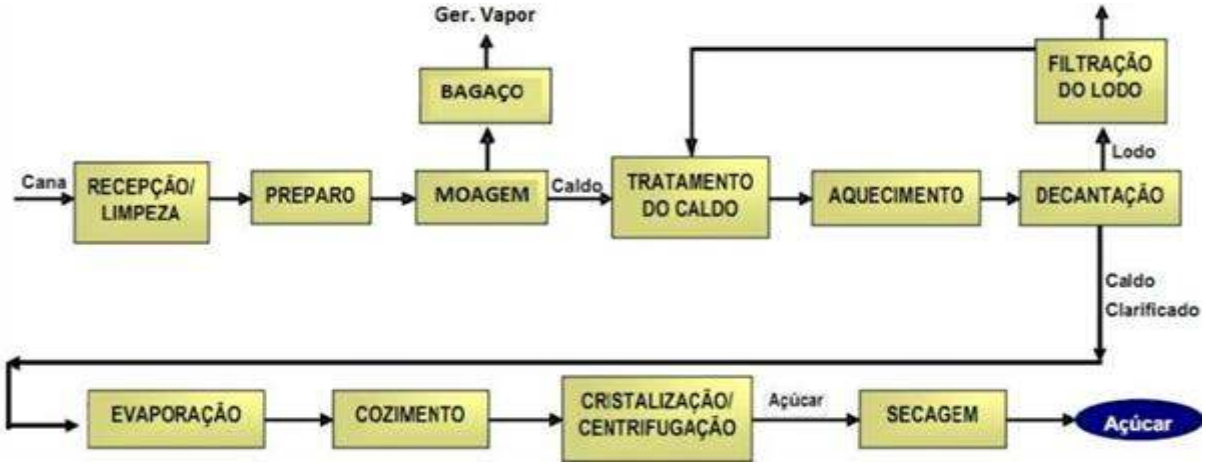
3.3 Peneiramento do caldo

O caldo extraído através da moagem da cana contém todos os tipos de impurezas tais como bagaço, pedaços de cana, areia e terra e que serão removidos pelas peneiras (terra não remove por peneira). É muito importante a remoção dessas impurezas, antes que passem para a fase de tratamento do caldo, pois podem causar entupimentos de bombas e tubulações dos corpos de aquecedores e evaporadores. São utilizados três tipos de peneiras para a remoção das impurezas grosseiras e podem ser tipos básicos fixos Cush-cush e DSM, vibratórias e rotativas (HAMERSK, 2009).

4.0 TRATAMENTO DO CALDO

O tratamento do caldo é etapa do processo muito importante, pois é nesta etapa que se elimina grande parte das impurezas como terra, bagacilhos e matérias corantes que interferem diretamente na qualidade do caldo para a fabricação do açúcar cristal de cor superior. Portanto, para que o açúcar tenha baixa cor no final do processo é necessário tratamento de caldo eficiente. Na maioria das usinas o principal agente clarificante é o enxofre e o leite de cal para clarificação (ALMEIDA, 2011). Figura 3.

Figura 3 - Esquema industrial das etapas de recepção, tratamento e produto final



Fonte: Arrais (2014)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

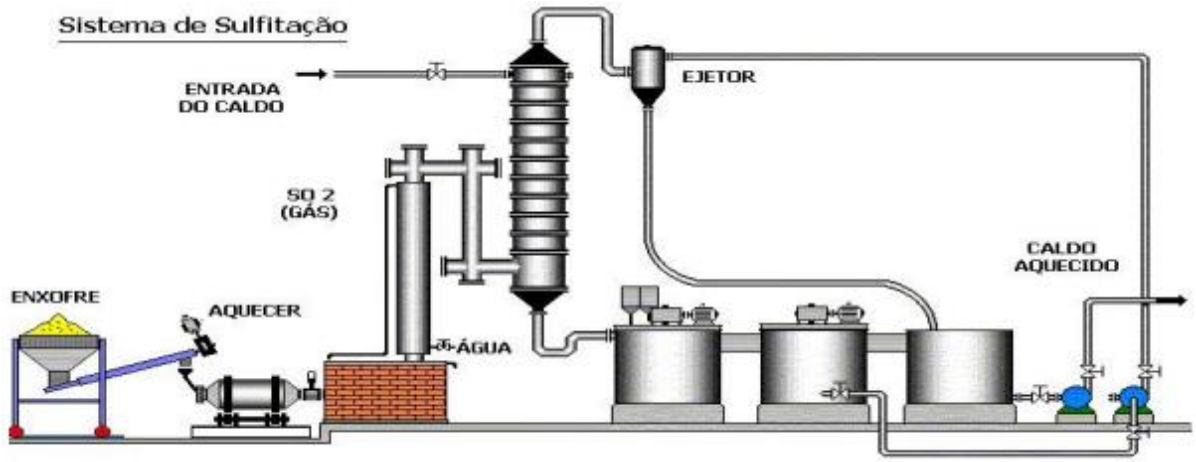
4.1 Sulfitação e Clarificação do Caldo

O tratamento do caldo é considerado uma das operações unitárias mais críticas das usinas sucroenergéticas. O objetivo principal é a remoção de não açúcares, impurezas, presentes no caldo. O processo consiste em promover a coagulação máxima dos colóides e formar um precipitado insolúvel, que absorva e arraste essas impurezas responsáveis pela aparência turva (HAMESKI, 2009).

O processo de tratamento do caldo nas unidades industriais, é metodologia que vem sendo utilizada há séculos e envolve basicamente duas etapas (sulfitação e calagem) (CAMPIOL, 2020)

De acordo com Lima (2012) a sulfitação é realizada com fornalhas a temperatura de 250°C, para que a combustão do enxofre aconteça. Esse gás é resfriado para reduzir ao máximo a formação de SO_3 e prejudicando o processo de tratamento. O sulfito é adicionado ao caldo misto até a obtenção de um pH de 3,8 – 4,2 consumindo de 150g a 300g de enxofre por toneladas de cana. A ação do dióxido de enxofre (SO_2) é a neutralização de agentes férricos e corantes resultantes ao contato do caldo com equipamentos e tubulações. Figura 4.

Figura 4 - Sistema de sulfitação



Fonte: Silva *et al* (2009)

4.2 Caleagem

A calagem consiste na adição de cal hidratada ao caldo, elevando o pH do meio a valores da ordem de 6,8 a 7,2, favorecendo a coagulação, o qual assegura remoção satisfatória dos componentes indesejáveis, fornecendo subprodutos clarificados e com condições adequadas para a etapa de recuperação do açúcar (CREMA, 2012).

4.3 Pré-aquecimento e Aquecimento Térmico

O aquecimento do caldo é realizado em trocadores de calor, que tem por finalidade aquecer o caldo a aproximadamente 105ºC, com a finalidade de acelerar as reações e agrupando as impurezas presentes no caldo em forma de pequenos flocos insolúveis, possibilitando a separação por sedimentação. (NUNES; FINZER, 2019).

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

4.4 Sedimentação

A operação unitária de sedimentação é a última etapa do tratamento do caldo. O tratamento do caldo pode ser dividido em tratamento físico e químico. Para que a etapa de sedimentação ocorra eficientemente, as etapas anteriores como sulfitação, calagem, aquecimento, flasheamento e a própria sedimentação, devem ser realizadas corretamente. (LIMA, 2017).

Segundo Lara (2010) o princípio físico da sedimentação é separar as impurezas menos densas (flotadas) das mais densas (decantadas).

4.5 Filtração do Lodo e Caldo Clarificado

O decantador é o equipamento utilizado para a realização da sedimentação do lodo pelas usinas para a produção do caldo clarificado para a etapa de evaporação. Por outro lado, o decantador gera o lodo, em que se encontra o material insolúvel precipitado, devendo-se ser separado para que esse caldo, que representa 10% desse volume, possa ser aproveitado.

Com o lodo separado, é realizada a filtração do resíduo, por ainda conter teor de sacarose. Para isto, se utilizam de filtro rotativo e posteriormente passou-se a utilizar os filtros prensa (LOPES, 2013).

4.6 Torta de Filtro

A Torta de filtro é o resíduo composto da mistura de bagaço moído de cana de açúcar captado na esteira na saída da moenda e lodo da decantação proveniente do processo de clarificação do açúcar. Para cada tonelada de cana moída, são produzidos de 30 a 40 kg de torta. A torta de filtro é composta orgânico, que acumula elevadas concentrações de cálcio, nitrogênio, potássio e fósforo, com composições variáveis de acordo com o tipo de variedade da cana. A torta de filtro é considerada excelente fertilizante, utilizado como adubo para ajudar no brotamento da cana (SANTOS, 2009). Figura 6.

Figura 5 - Misturador industrial de compostagem



Fonte: Mfrural (2022)

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesse estudo foi utilizada a metodologia de pesquisa qualitativa, por meio de revisão bibliográfica, utilizou-se de base de dados de trabalhos científicos, buscados no Google Acadêmico. Uma vez delimitado o tema, foi realizada abordagem de relevância recente, a fim de compreender como funciona o processo de clarificação do caldo para a produção de açúcar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da metodologia aplicada neste trabalho é correto afirmar que o processo de fabricação do açúcar envolve uma tecnologia eficiente no processo de tratamento do caldo. Comprova-se resultados satisfatórios que através da obtenção de um caldo purificado corretamente, é possível a obtenção de um açúcar de alta qualidade, reduzindo diretamente os custos de produção e garantindo maior competitividade de comercialização no mercado nacional e internacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o processo de tratamento do caldo é uma etapa de fundamental importância para que se obtenha a maior eliminação de impurezas presentes no caldo, promovendo diminuição da viscosidade do caldo e contribuindo para as etapas de seguintes de evaporação e cozimento para a obtenção de um açúcar de alta qualidade. Portanto, novas pesquisas estão sendo realizadas, nas universidades pelo país, em busca de novas alternativas viáveis e tecnológicas para um tratamento de caldo mais eficaz que os métodos atuais.

Atualmente as agroindústrias brasileiras em busca por aumento da produtividade e menor custos operacionais, aí que surge a automatização e seus benefícios. Na etapa de tratamento do caldo, a automação tem um papel muito importante, pois é nessa etapa do processo que se exige um maior controle operacional, para que se obtenha uma matéria-prima de qualidade, para as etapas seguintes processo, tais como a evaporação e cozimento. Com a busca pela otimização do processo, destaca-se as algumas vantagens da automatização:

- Diminuição do custo operacional e aumento da produtividade;
- Maior precisão nas dosagens de produtos químicos no processo de acordo com a vazão do caldo, assim evitando perdas;
- Proporciona um melhor controle operacional de temperatura e vazão do caldo;
- Reduz as falhas operacionais, ocasionados pelo ser humano;
- Evita as perdas no processo;
- Contribui para uma matéria-prima de maior qualidade;
- Garante uma maior segurança do colaborador no processo, evitando assim acidentes de trabalho.

REFERÊNCIAS

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. Disponível em: https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0811290116.pdf. Acesso em: 23 fev. 2022.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

ARRAIS. **Produção e utilização dos produtos de cana-de-açúcar**. 2014. Disponível em: https://pt.slideshare.net/italoarrais/produo-e-utilizao-dos-produtos-de-cana-deaucar. Acesso em 24 fev. 2014.

CALTAROSSO, Fábio. **Análise de Tensões em Equipamentos de Moagem da Cana-de-açúcar Usando o Método dos Elementos Finitos.** 2008. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2008. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18145/tde-17012011-144324/publico/DISSERTACAOFABIO. Acesso em: 07 jun. 2022.

CAMPIOL, Juliana Lorenz Mandro. **Clarificação de caldo de cana-de-açúcar por processo fotocatalítico: efeito do tempo reacional e otimização da fotocatálise heterogênea**. Tese (Doutora em Ciências e microbiologia agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 2020. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-13012021-155338/publico/Juliana_Lorenz_Mandro_Campiol_versao_revisada.pdf. Acesso em: 20 fev. 2022.

CASTRO. Tancredo Martinho Oliveira. **Análise da eficiência energética e extração de sacarose no setor sucroenergético**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2019. Disponível em: https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/870/1/Tancredo%20Martinho%20de%20Oliveira%20Castro%20-%20PMD.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.

CREMA, Leandra Cristina**. Clarificação por flotação com ar dissolvido (FAD) da calda de açúcar cristal para produção de açúcar refinado**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90761/crema_lc_me_sjrp.pdf?sequence=1 Acesso em: 20 fev. 2022.

FLORIANO. Pedro. **Aspectos nutricionais e adubação nitrogenada para cana-de-açúcar**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal. 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/234811/Floriano_PHP_tcc_jabo.pdf?sequence=4. Acesso em: 22 out. 2022.

HAMERSKI, Fabiane. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar.** 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fabiane-Hamerski2/publication/38115233_Estudo_de_variaveis_no_processo_de_carbonatacao_do_caldo_de_cana-de-acucar/links/0deec536101b318321000000/Estudo-de-variaveis-no-processo-de-carbonatacao-do-caldo-de-cana-de-acucar.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.

HENRIQUE. Alisson**. Tecnologia Industrial – Tratamento de caldo: decantadores com ou sem bandeja?** 2019. Disponível em: https://revistarpanews.com.br/tecnologia-industrial-tratamento-de-caldo-decantadores-com-ou-sem-bandeja/. Acesso em 15 nov. 2021.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-16122013-153412/pt-br.php. Acesso em: 05 mar. 2022.

LARA, Giselle Vieira. **Sulfitação: um estudo de caso em uma usina no interior do estado de São Paulo.** 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16448. Acesso em: 24 out. 2021.

LIMA, Camila Francisconi. **Utilização de polímeros no setor sucroenergético. 2017.** Monografia (Pós-graduação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017. Disponível em: https://www.mta.ufscar.br/arquivos/publicacoes/sertaozinho-v/camila-franciscooni-lima.pdf. Acesso em: 27 fev. 2022.

LIMA, Roberta Bergamin. **Processo de clarificação de caldo de cana-de-açúcar aplicando elétrons acelerados**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear) –Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-16012013-143923/publico/2012LimaProcesso.pdf. Acesso em: 24 fev. 2022.

LOPES. 2013. **Tecnologia de Produção de Açúcar de Cana.** 2013. Disponível em: https://docplayer.com.br/18280800-Tecnologia-de-producao-de-acucar.html. Acesso em: 28 fev. 2022.

MFRURAL. **Compostador de resíduos orgânicos e lodo industrial, misturador para compostagem**. Disponível em: https://www.mfrural.com.br/detalhe/56292/compostador-de-residuos-organicos-e-lodo-industrial-misturador-para-compostagem. Acesso em: 03 abr. 2022.

NOVA CANA. **As usinas de Açúcar e Etanol do Brasil**. 2022. Disponível em: https://www.novacana.com/usinas_brasil. Acesso em: 06 jun. 2022.

Nunes, T. S.; Finzer, J. R. D. 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. Disponível em: https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/4592. Acesso em: 26 out. 2021.

PIACENTE, F. J.; RAMOS, P. **Os diferentes sistemas de extração de sacarose de cana-de-açúcar até a hegemonia das moendas com três cilindros.** Disponível em: https://historiapt.info/pars_docs/refs/2/1011/1011.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.

RODRIGUES, Luciana Deotti. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação**. 2010. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - FACULDADE DE Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010. Disponível em: https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/monografia.-1.pdf. Acesso em: 20 fev. 2022.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

SANTOS, Luís Carlos. **Análise da variabilidade do processo de filtração em filtros de tambor rotativo contínuo a vácuo para lodo de caldo de cana de açúcar**. 2009. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia da UNESP, Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2009. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/93027/santos_lc_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 mai. 2022.

SILVA, R.B., PORTO, A.G., WOLKIND, C.S., SILVA, F.S., SILVA, F.T.C. Aplicação da produção mais limpa no processo de clarificação do caldo de cana para produção de açúcar. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 1, n. 1, p. 59, 2009. Disponível em: https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/735. Acesso em: 26 ago. 2022.

SILVA FILHO, Abedenago Nillo da. **Aplicação de técnicas de robustez no ajuste dos parâmetros de um controlador de ph na produção de açúcar**. 2019. Dissertação (Mestre em engenharia química). Disponível em: https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/539/1/Abedenago%20Nillo%20da%20Silva%20Filho%20-%20PMD.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.