



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

LIDIAN DA SILVA GAMA

**CONTROLE DE QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR: LABORATÓRIO DE
SACAROSE**

**PENEDO, AL
2024**

LIDIAN DA SILVA GAMA

CONTROLE DE QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR: LABORATÓRIO DE
SACAROSE

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

Orientador (a): Mirelle Márcio Santos Cabral

PENEDO, AL
2024



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

G185c

Gama, Lidian da Silva.

Controle de qualidade da cana-de-açúcar: laboratório de sacarose
/ Lidian da Silva Gama. – 2024.

18f.: il.

Orientação: Prof. Mirelle Márcio Santos Cabral.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio
Subsequente em Química) – Instituto Federal de Alagoas,
Campus Penedo, Penedo, 2024.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Controle de qualidade. 2. Cana-de-açúcar. 3. Indústria
sucroalcooleira. I. Cabral, Mirelle Márcio Santos. II. Título.

CDD: 664.1

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

LIDIAN DA SILVA GAMA

CONTROLE DE QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR: LABORATÓRIO DE
SACAROSE

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao Curso Técnico de Nível
Médio 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: 01/03/2024.

BANCA EXAMINADORA

Mirelle Márcio Santos Cabral

Prof. Mirelle Márcio Santos Cabral (Orientador)
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

FELIPE THIAGO
CALDEIRA DE

SOUZA:05237308457

Assinado de forma digital por
FELIPE THIAGO CALDEIRA DE
SOUZA:05237308457
Dados: 2024.03.14 18:15:57
-03'00'

Prof. Felipe Thiago Souza Caldeira
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Marina de Magalhães Silva

Prof. Marina de Magalhães Silva
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

RESUMO

O controle de qualidade da cana-de-açúcar desempenha um papel fundamental na indústria sucroalcooleira, garantindo a eficiência e a qualidade dos produtos, como açúcar e etanol. Neste contexto, o estágio realizado no laboratório de sacarose representou uma oportunidade valiosa para adquirir conhecimento prático e aprofundar a compreensão sobre os processos de análise e controle de qualidade específicos da matéria-prima. Esse trabalho apresenta o processo de controle de qualidade da cana-de-açúcar no laboratório de sacarose da usina Pindorama, sendo descritas todas as análises realizadas e os procedimentos utilizados. Foi possível observar que o teor de sacarose é o principal parâmetro de qualidade da cana-de-açúcar, a partir do qual são obtidos outros indicadores que determinam o custo da matéria-prima e pode-se mensurar a produção de açúcar e etanol.

Palavras-chave: Qualidade; Cana-de-açúcar; Matéria-prima.

ABSTRACT

Sugarcane quality control plays a fundamental role in the sugar and alcohol industry, ensuring the efficiency and quality of products, such as sugar and ethanol. In this context, the internship carried out in the sucrose laboratory represented a valuable opportunity to acquire practical knowledge and deepen the understanding of the analysis and quality control processes specific to the raw material. This work presents the sugarcane quality control process in the sucrose laboratory at the Pindorama plant, describing all the analyzes carried out and the procedures used. It was observed that the possible sucrose content is the main quality parameter of sugar cane, from which other indicators are obtained that determine the cost of the raw material and sugar and ethanol production can be measured.

Keywords: Quality; Sugar cane; raw material.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de análises do laboratório de sacarose.	11
Figura 2. Posições de amostragem da sonda horizontal.	12
Figura 3. Processo de amostragem realizado por sonda horizontal.	13
Figura 4. Homogeneização da amostra através de betoneira.	14
Figura 5. Utilização da prensa hidráulica.	14
Figura 6. Processo de clarificação do caldo.	16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS.....	10
1.2 ÁREA DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO.....	10
2 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES	11
2.1 AMOSTRAGEM.....	12
2.2 EXTRAÇÃO DO CALDO.....	14
2.3 FIBRA	15
2.4 BRUX, POL E PUREZA	15
2.5 AR E ART.....	16
2.6 ATR.....	17
2.7 INDICADORES DE QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	17
3 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

O setor agroindustrial brasileiro, na última década do século XX, foi vítima de consequentes mudanças em suas estratégias de produção e distribuição, a melhoria da sua capacidade competitiva, devido às grandes exigências do mercado, submetendo-se a isso em um processo crescente de subordinação (BATALHA, 2001).

Como parte integrante do setor agroindustrial, as indústrias sucroalcooleiras buscam aprimorar constantemente suas técnicas de planejamento e controle, visando alcançar vantagens em suas estratégias, conforme expresso na citação do autor no parágrafo anterior. Nesse sentido, ao atribuir planejamento e controle às funções gerenciais, estas são instrumentos que o gestor agrícola tem para garantir que, do nível estratégico ao operacional, todos os recursos disponíveis na empresa são combinados e aplicados na melhor maneira possível na execução das diferentes atividades agrícolas, visando a das necessidades de matéria-prima da área industrial (BRUGNARO; SBRAGIA, 1982).

Segundo Cox e Goldratt (2002), uma das maiores preocupações da indústria é alinhar os fluxos de produção com a demanda. A teoria das restrições, nesse sentido, busca gerenciar alinhamento de produção através da melhoria constante deste processo, focando em sua maior gargalos e restrições.

Segundo Tubino (2000), o planejamento e controle da produção (PCP) é responsável pela coordenação e aplicação de recursos produtivos para melhor atender as necessidades planos estabelecidos nos níveis estratégico, tático e operacional da organização. Alcançar objetivos, o PCP gerencia informações de diferentes áreas do sistema produtivo. Por desempenhar um papel de coordenação no apoio ao sistema de produção, o PCP diz respeito a todas as funções desta empresa.

Na indústria sucroalcooleira, o controle de qualidade da cana de açúcar é de fundamental importância para o sucesso do processo de produção do açúcar e etanol. Essa avaliação é realizada no laboratório de sacarose, também chamado de PCTS (Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose). Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido a partir da rotina estabelecida nas dependências do laboratório de sacarose da usina Pindorama, mostrando a importância dos principais parâmetros de qualidade da cana de açúcar.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Descrever o processo de análises do laboratório de sacarose a partir da experiência obtida durante o desenvolvimento da prática profissional.

Objetivos específicos

- Acompanhar todas as análises realizadas no laboratório de uma indústria sucroalcooleira.
- Acompanhar os protocolos de funcionamento de cada equipamento utilizado no laboratório;
- Relacionar a prática profissional com os conteúdos acadêmicos adquiridos no decorrer do curso de química.

1.2 ÁREA DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO

Dados do estagiário

Nome: Lidian da Silva Gama

Registro: 2020303672

Curso: Subsequente em Técnico em Química

Identificação da Empresa

Empresa: Usina Pindorama

Endereço: Colônia Pindorama - S/N - Pindorama, Coruripe - AL, CEP: 57230-000

Telefone: 3274-6464

Supervisor: Michell Cristiam de Lima Nunes

Função: Engenheiro de Produção

Período do Estágio

Início: 04/04/2023

Término: 22/07/2023

Jornada de trabalho: 4 horas diárias

Total de horas: 400 horas

2 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

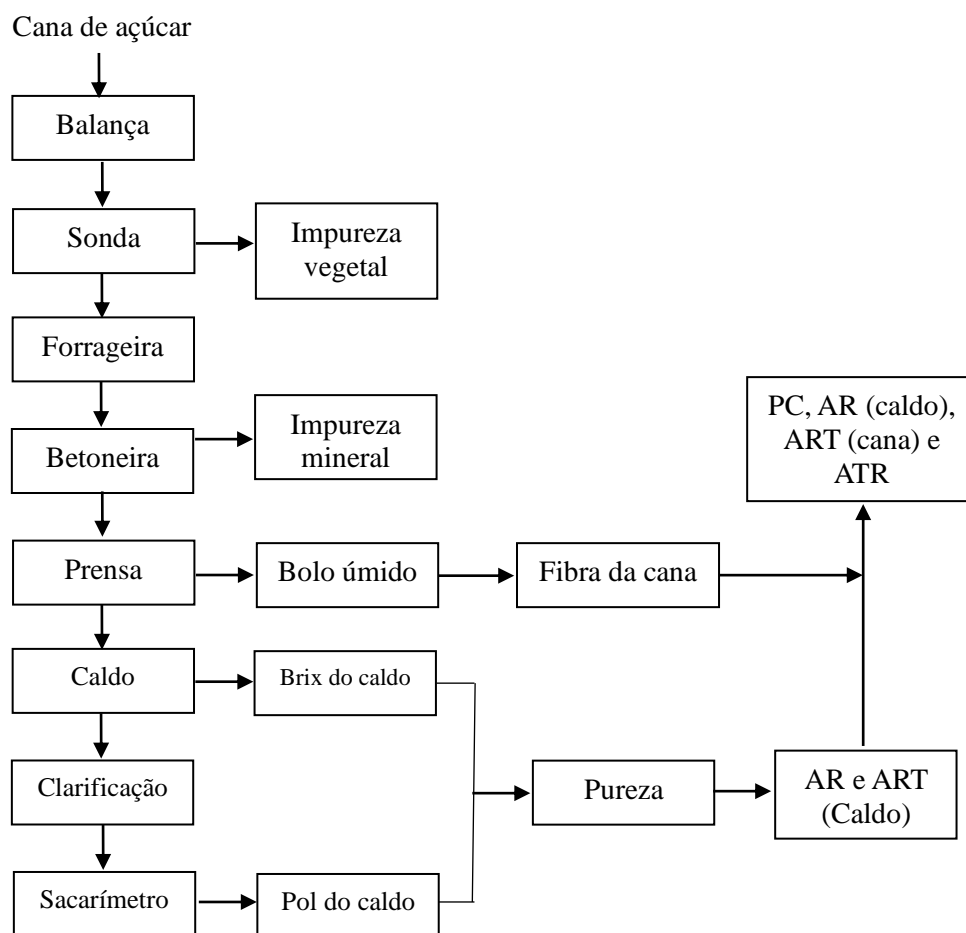
O laboratório de sacarose (PCTS) é responsável por analisar a matéria-prima que está sendo destinada ao processo industrial com os seguintes objetivos: avaliar a qualidade da matéria-prima; obter os valores para pagamento ao fornecedor; estimar a produção.

No PCTS são realizadas as análises de Pol (teor aparente de sacarose), Brix (teor de sólidos solúveis totais), teor de fibra e impurezas minerais e vegetais. A partir desses parâmetros pode-se determinar o AR (açúcares retutores), ART (açúcares redutores totais) e ATR (açúcares totais recuperáveis). Para o setor sucroenergético, quanto maior o teor de sacarose, melhor.

Segundo Ripoli e Ripoli (2004), é possível mensurar o impacto da qualidade da matéria-prima no desempenho industrial, nas perdas, insumos e qualidade do açúcar produzido.

Observa-se na Figura 1 as etapas envolvidas no laboratório de sacarose.

Figura 1. Fluxograma de análises do laboratório de sacarose.

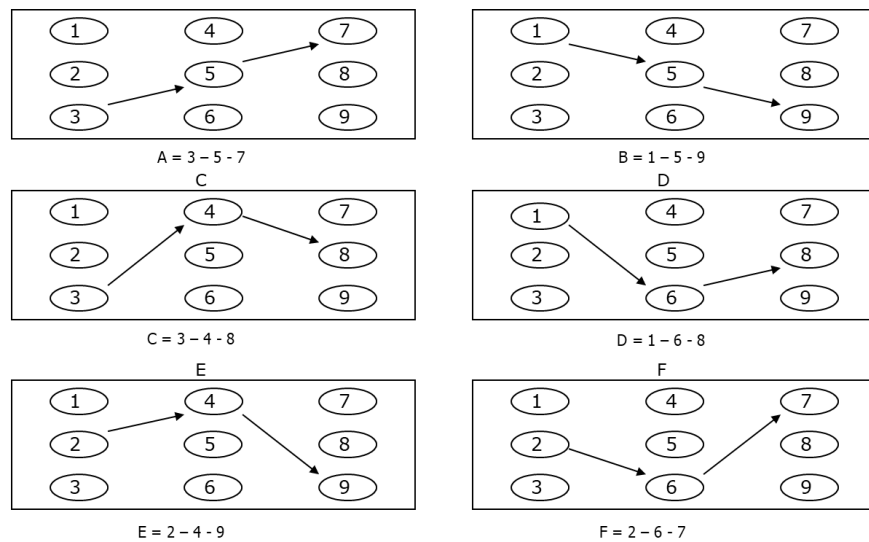


Fonte: Autora, 2024.

2.1 AMOSTRAGEM

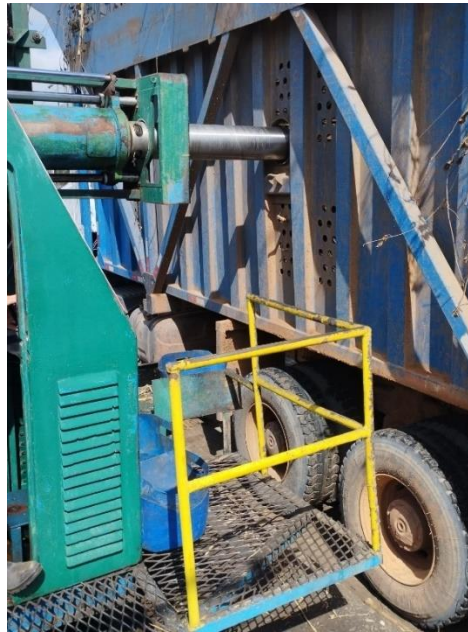
O controle de qualidade na indústria inicia com a pesagem de cada carregamento de cana que vem do campo. É através desse processo que se sabe a quantidade (em toneladas) de cana-de-açúcar que a usina processa. Após pesagem, é enviada uma nota indicando os 3 pontos aleatórios onde o operador da sonda deve coletar as amostras (Figura 2). Essa etapa é muito importante que os pontos não coincidam nem vertical e nem horizontalmente. O equipamento utilizado para a coleta das amostras é sonda hidráulica horizontal (Figura 3), a qual coleta de 8 a 10 kg de amostra para serem analisadas no laboratório sacarose.

Figura 2. Posições de amostragem da sonda horizontal.



Fonte: Autora, 2024.

Figura 3. Processo de amostragem realizado por sonda horizontal.



Fonte: Autora, 2024.

Após coleta, as amostras são transferidas para forrageira e em seguida, betoneira. A forrageira tem o objetivo de desfibrar a cana para facilitar a extração do caldo. A betoneira (Figura 4) tem o objetivo de fazer a homogeneização da cana desfibrada oriunda da forrageira.

O material a ser analisado resultará da mistura das amostras simples, preparadas em aparelhos desintegradores, com índice de preparo mínimo de 85% (relação percentual da Pol das células abertas em relação a Pol total da cana) (CONCECANA AL-SE, 2011).

Figura 4. Homogeneização da amostra através de betoneira.



Fonte: Autora, 2024.

2.2 EXTRAÇÃO DO CALDO

A amostra desfibrada é levada para o laboratório, onde inicia o processo de extração do caldo. Nessa etapa, 500 g de amostra é transferida para prensa hidráulica (Figura 5), configurada a pressão constante de 250kgf/cm² durante o período de 1 minuto. Ao final do processo obtém-se duas frações: uma sólida, chamada de bolo úmido; e uma líquida, o caldo extraído.

Figura 5. Utilização da prensa hidráulica.



Fonte: Autora, 2024.

2.3 FIBRA

A fibra a matéria insolúvel em água contida na cana-de-açúcar. É formada principalmente de celulose, hemicelulose e lignina.

A partir do Bolo úmido (PBU), podemos obter a fibra da cana, de acordo com a Equação 1:

$$\text{FIB} = 0,0779 \times \text{PBU} + 2,3136 \quad (01)$$

Onde FIB é o teor de fibra e PBU é o peso do bolo úmido extraído da prensa.

2.4 BRIX, POL E PUREZA

A partir do caldo extraído é possível medir o Brix e a Pol na cana-de-açúcar. O Brix é a porcentagem de sólidos solúveis dissolvidos no caldo da cana. Ou seja, é a porcentagem de sacarose, glicose, frutose e outros compostos não açúcares como aminoácidos, gorduras, ceras e minerais que são absorvidos pela cana durante o processo no plantio.

A determinação do brix (teor de sólidos solúveis por cento, em peso, de caldo) foi realizada em refratômetro digital, de leitura automática, com correção automática de temperatura, com saída para impressora e/ou registro magnético e resolução máxima de 0,1 °Brix (um décimo de grau Brix), devendo o valor final ser expresso à 20 °C (vinte graus Celsius) (CONSECANA, 2011).

Para determinação da Pol, primeiramente o caldo precisa passar por um processo de clarificação. Nesta etapa, 150 mL de caldo é transferido para um béquer e adicionado um ou dois gramas de clarificante. Faz-se a homogeneização e em seguida ocorre a filtração (Figura 6). Por fim obtém-se o caldo clarificado, o qual será utilizado para medição da leitura sacarimétrica.

A leitura sacarimétrica do caldo foi determinada em sacarímetro digital, automático, com peso normal igual à 26 g (vinte e seis gramas), resolução de 0,01 °Z (um centésimo de grau de açúcar) e calibrado a 20 °C (vinte graus Celsius), provido de tubo polarimétrico de fluxo contínuo e com saída para impressora e/ou registro magnético de dados, após clarificação do caldo com mistura clarificante à base de alumínio (CONSECANA, 2011). As determinações da Pol do caldo e da Pol da cana (PC) são realizadas através das Equação 2 e 3, respectivamente.

$$\text{Pol}(\text{caldo}) = \text{LS} \times (0,26065 - 0,00095 \times \text{Brix}) \quad (02)$$

Onde LS é a leitura sacarimétrica.

$$\text{PC} = \text{Pol}(\text{caldo}) \times (1 - 0,01 \times \text{FIB}) \times (1,0313 - 0,00575 \times \text{FIB}) \quad (03)$$

Figura 6. Processo de clarificação do caldo.



Fonte: Autora, 2024.

A Pureza é a relação entre o teor de sacarose e o teor de sólidos dissolvidos expresso em porcentagem. Pode ser definida como a fração percentual de sacarose nos sólidos totais (Equação 4). Quanto maior a pureza da cana, melhor a qualidade da matéria-prima para se recuperar açúcar.

$$\text{Pz} = \frac{\text{Pol}(\text{caldo})}{\text{BRIX}} \times 100 \quad (04)$$

Onde Pz é a pureza.

2.5 AR E ART

AR é a quantidade de glicose e de frutose presentes na cana, que afetam diretamente a sua pureza, já que refletem em uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela fábrica

(VIAN, 2022). O AR do caldo e o AR da cana são quantificados de acordo com as Equações 5 e 6, respectivamente.

$$AR(\text{caldo}) = 9,9408 - 0,1049 \times Pz \quad (05)$$

Onde Pz é a pureza do caldo.

$$AR(\text{cana}) = AR(\text{caldo}) \times (1 - 0,01 \times FIB) \times (1,0313 - 0,00575 \times FIB) \quad (06)$$

Os açúcares redutores totais (ART) correspondem ao teor de açúcares redutores de um produto açucarado, cuja sacarose foi desdobrada em glicose e frutose. O ART do caldo e o ART da cana são obtidos a partir das Equações 7 e 8.

$$ART(\text{caldo}) = POL(\text{caldo}) \times 1,0526 + AR(\text{caldo}) \quad (07)$$

$$ART(\text{cana}) = PC \times 1,0526 + AR(\text{cana}) \quad (08)$$

2.6 ATR

O ATR é uma sigla que significa açúcar total recuperável. Essa sigla é um indicador que representa a qualidade da cana, ou seja, a capacidade da cana-de-açúcar de ser transformada em cristais de açúcar ou etanol (VIAN, 2022).

O índice do ATR é utilizado para efetuar o pagamento dos fornecedores, através do cálculo da produção. Os produtores de cana-de-açúcar utilizam amostras realizadas por coletas para terem como ponto de partida a melhor hora para colheita e assim obter a melhor produção, visando melhorar a renda da tonelada fornecida. O cálculo do ATR é realizado de acordo com a Equação 9.

$$ATR = 9,6313 \times PC + 9,15 \times AR(\text{cana}) \quad (08)$$

2.7 INDICADORES DE QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR

Segundo Chaves (2023), a qualidade da cana-de-açúcar deve ser entendida como o conjunto de características da matéria-prima compatível com as exigências da indústria. A Tabela 1 apresenta os principais indicadores da qualidade da cana.

Tabela 1. Padrões técnicos para cana-de-açúcar

INDICADORES	VALORES DESEJADOS (%)
PC	> 13
AR	0,5 a 0,8
ART	> 15
PUREZA	> 87
FIBRA	12 a 14

Fonte: Modificado de Ripoli e Ripoli, 2004.

Os valores dos parâmetros mostrados na Tabela 1 representam uma cana-de-açúcar de ótima qualidade. PC, ART Pureza elevados indicam grande quantidade de sacarose contida no caldo, que é o desejado para obtenção de elevados rendimentos industriais. Cana-de-açúcar com boa qualidade deve apresentar baixo teor de AR, o qual está relacionado com o índice de maturação, tempo de queima, excesso de chuva e armazenamento de cana. Baixos teores de fibra representam cana-de-açúcar com maturação incompleta, ou seja, baixa concentração de sacarose. Entretanto, altos índices de fibra interferem na eficiência da extração das moendas.

3 CONCLUSÃO

O estágio no laboratório de sacarose proporcionou uma imersão profunda no controle de qualidade da cana-de-açúcar, destacando a importância da análise precisa da sacarose para a indústria sucroalcooleira. Durante esse período, foi possível vivenciar diversas etapas do processo, desde a coleta e preparação das amostras até a análise estatística dos resultados e a elaboração de relatórios técnicos.

A participação ativa nas atividades práticas, como coleta de amostras, preparação de amostras e execução de análises laboratoriais, permitiu aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos na formação acadêmica e desenvolver habilidades técnicas essenciais para o trabalho em laboratório.

Além disso, a elaboração do relatório de estágio e a apresentação oral dos resultados finais proporcionaram uma oportunidade valiosa para refletir sobre os aprendizados, compartilhar experiências e contribuir com sugestões para melhoria dos processos de controle de qualidade da cana-de-açúcar.

Portanto, o estágio no laboratório de sacarose foi uma experiência enriquecedora e fundamental para o desenvolvimento profissional, fornecendo uma base sólida de conhecimento e habilidades práticas para atuar com excelência na área de controle de qualidade da indústria sucroalcooleira.

REFERÊNCIAS

BATALHA, Mário Otávio. Gestão agroindustrial, Vol I, 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2001.

BRUGNARO, C.; SBRAGIA, R. Gerência agrícola em destilarias de álcool. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1982.

CONCECANA-AL/SE, Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e etanol dos estados de Alagoas e Sergipe.; SAFRA 2010/2011, p 3, 2011.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. A Meta um processo de melhoria contínua. 2. edição. São Paulo: Nobel, 2002

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros e Marques: Editora Eletrônica, 2004.

TUBINO, D. Planejamento e Controle da Produção. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VIAN, C. E. F. Qualidade da matéria-prima. Canal Embrapa. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/gestao-industrial/qualidade-de-materia-prima>. Acesso em: 20 fev. 2024.

CONSECANA-SP, Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo. Manual de Instruções / Edição / CONSECANA-SP, Piracicaba-SP, 2006. p 49.