



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**ENGENHARIA QUÍMICA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA PARA O  
DESEMPENHO OPERACIONAL EM UMA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**

**LETÍCIA MOREL LISIK**

Foz do Iguaçu

2024

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA PARA O  
DESEMPENHO OPERACIONAL EM UMA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**

**LETÍCIA MOREL LISIK**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Kátya Regina de Freitas Zara

Coorientadora: Luciana Soeira

Foz do Iguaçu

2024

LETÍCIA MOREL LISIK

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA PARA O  
DESEMPENHO OPERACIONAL EM UMA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Latino-Americano de  
Tecnologia, Infraestrutura e Território da  
Universidade Federal da Integração Latino-  
Americana, como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia  
Química.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Kátya Regina de Freitas Zara  
UNILA

---

Coorientadora: Engenheira Química Luciana Soeira  
RAIZEN CAARAPO ACUCAR E ALCOOL LTDA

---

Prof. Daniel José de Oliveira Ferreira  
UNILA

---

Profa. Renata Braga Soares  
UNILA

Foz do Iguaçu, 16 de abril de 2024.

## TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Letícia Morel Lisik

Curso: Engenharia Química

Tipo de Documento

( X.) graduação

(.....) artigo

(.....) especialização

( X ) trabalho de conclusão de curso

(.....) mestrado

(.....) monografia

(.....) doutorado

(.....) dissertação

(.....) tese

(.....) CD/DVD – obras audiovisuais

(.....) \_\_\_\_\_

Título do trabalho acadêmico: Implementação de ferramentas de melhoria contínua para o desempenho operacional em uma indústria sucroalcooleira

Nome do orientador(a): Kátya Regina de Freitas Zara

Data da Defesa: 16 de abril de 2024

### Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

- a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.
- b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, 15 de outubro de 2024.

---

Assinatura do Responsável

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha família, minha mãe, Ana Cristina, meu pai, Jerônimo, meus irmãos, Leonardo e Larissa, meu namorado, Eduardo Felipe, por estarem sempre presentes, me apoiarem nessa trajetória acadêmica e de vida, não medirem esforços para me incentivarem e me fazerem feliz.

A professora Kátya Regina que desempenhou o papel fundamental para a realização e finalização desse trabalho. Agradeço principalmente pela paciência e parceria nesses anos finais de entrega de trabalho, foram muitos temas levantados e, por fim, tivemos um grande trabalho estudado e realizado.

Agradecimento superespecial a Luciana Soeira que me permitiu realizar esse trabalho com um tema relevante, dentro de uma empresa/ indústria que tem por propósito redefinir o futuro da energia; e por todo o apoio sempre solícito em me desenvolver como profissional com desafios e estudos propostos diariamente. Agradeço, também, ao time de gestores e operadores de produção que me acolheram e me ensinam todos os dias sobre o ramo sucroenergético.

Agradeço aos meus professores de graduação que foram essenciais para o meu conhecimento e formação acadêmica dentro do ramo da Engenharia Química. E, os meus amigos e colegas, Haiden, Karen, Gabriela, Talita, Miguel, Letícia, Noelia, Willian, Kenny e tantos outros, que estiveram sempre juntos nos estudos e desafios.

Por fim, agradeço a UNILA a oportunidade de vivenciar a experiência de uma universidade com diversidade de línguas, pessoas e culturas. Isso sem perder o seu propósito de oferecer um ensino de qualidade, público e que muda a vida das pessoas que estiveram aí.

*Os nossos pais amam-nos porque somos seus filhos, é um fato inalterável. Nos momentos de sucesso, isso pode parecer irrelevante, mas nas ocasiões de fracasso, oferecem um consolo e uma segurança que não se encontram em qualquer outro lugar.*

**Bertrand Russe**

LISIK, Letícia Morel. **Implementação de ferramentas de melhoria contínua para o desempenho operacional em uma indústria sucroalcooleira.** 2024. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Integração Latino-americana, Foz do Iguaçu, 2024.

## RESUMO

Os processos industriais precisam atender parâmetros operacionais para manter a eficiência aderente às métricas estabelecidas pela empresa. Diante disso, o uso de ferramentas de melhoria contínua pode auxiliar a manter ou melhorar a eficiência industrial. O objetivo deste trabalho foi implementar ferramentas de melhoria contínua em um cenário industrial sucroalcooleiro. Foi utilizada a metodologia de melhoria contínua, Ciclo PDCA, com as ferramentas da qualidade, *brainstorm* e Diagrama de Ishikawa, para verificar os problemas relacionadas a baixa aderência dos parâmetros operacionais do processo de produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar, em uma empresa situada no Mato Grosso do Sul. A implementação das etapas do PDCA, com o auxílio dos colaboradores e gestão do setor, foram fundamentais para o entendimento do problema e o encontro das causas raízes da baixa aderência do indicador. Foi identificado como indicador crítico a baixa concentração de levedo no processo da centrifugação do vinho fermentado. Assim, foi proposto o plano de ação com base no Diagrama de Ishikawa, e foram identificados pontos importantes a serem observados, como a renovação de treinamentos operacionais e a criação de documentos de Procedimento Operacional Padrão (POP), visando conscientizar a operação e gestão da importância do conjunto de processos para que a centrífuga de vinho apresentasse desempenho superior ao valor de concentração estabelecido. Os resultados das ações que foram implementadas e padronizadas, promoveram o aumento da concentração média mensal de 62,94% (julho/2023) para 70,16% (outubro/2023).

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar; Ciclo PDCA; Ferramentas de Qualidade; Centrífuga de Vinho.

LISIK, Letícia Morel. **Implementation of continuous improvement tools for operational performance in a sugar and alcohol industry**. 2024. 84p. Course Completion Work (Undergraduate) – Chemical Engineering Course, Federal University of Latin American Integration, Foz do Iguaçu, 2024.

## ABSTRACT

Industrial processes must meet operational parameters to maintain efficiency in line with the metrics established by the company. In this context, the use of continuous improvement tools can help maintain or improve industrial efficiency. The objective of this study was to implement continuous improvement tools in a sugar-alcohol industrial scenario. The continuous improvement methodology, PDCA Cycle, along with quality tools such as brainstorm and the Ishikawa Diagram, were used to identify problems related to the low adherence to operational parameters in the ethanol production process from sugarcane in a company located in Mato Grosso do Sul. The implementation of the PDCA stages, with the collaboration of employees and sector management, was fundamental in understanding the problem and identifying the root causes of the low adherence to the indicator. The low concentration of yeast in the centrifugation process of the fermented wine was identified as a critical indicator. Thus, an action plan based on the Ishikawa Diagram was proposed, and important points were identified, such as the renewal of operational training and the creation of Standard Operating Procedure (SOP) documents, aiming to raise awareness among operations and management about the importance of the set of processes to ensure that the wine centrifuge performs above the established concentration value. The results of the actions that were implemented and standardized promoted an increase in the average monthly concentration from 62.94% (July/2023) to 70.16% (October/2023).

**Keywords:** Sugarcane; PDCA cycle; Quality Tools; Wine Centrifuge.

LISIK, Leticia Morel. **Implementación de herramientas de mejora continua para el rendimiento operativo en una industria sucroalcoholera.** 2024. 84 y sigs. Trabajo de Finalización de Curso (Pregrado) – Curso de Ingeniería Química, Universidad Federal de la Integración Latinoamericana, Foz do Iguaçu, 2024.

## RESUMEN

Los procesos industriales deben cumplir con los parámetros operacionales para mantener la eficiencia de acuerdo con las métricas establecidas por la empresa. Basado en esto, el uso de herramientas de mejora continua puede ayudar a mantener o mejorar la eficiencia industrial. El objetivo de este estudio fue implementar herramientas de mejora continua en un escenario industrial sucroalcoholero. La metodología de mejora continua, el Ciclo PDCA, junto con herramientas de calidad como el *brainstorm* y el Diagrama de Ishikawa, los cuales se utilizaron para identificar problemas relacionados con la baja adherencia a los parámetros operacionales en el proceso de producción de etanol a partir de la caña de azúcar en una empresa ubicada en Mato Grosso do Sul. La implementación de las etapas del PDCA, con la colaboración de los empleados y la gestión del sector, fue fundamental para comprender el problema e identificar las causas raíz de la baja adherencia al indicador. Se identificó que un indicador crítico era la baja concentración de levadura en el proceso de centrifugación del vino fermentado. Así, se propuso un plan de acción basado en el Diagrama de Ishikawa, y se identificaron puntos importantes, como la renovación de los entrenamientos operativos y la creación de documentos de Procedimiento Operacional Estándar (POE), con el objetivo de concienciar a los operadores y la gestión sobre la importancia del conjunto de procesos para garantizar que la centrífuga de vino funcione por encima del valor de concentración establecido. Los resultados de las acciones que fueron implementadas y estandarizadas promovieron un aumento en la concentración promedio mensual del 62,94% (julio/2023) al 70,16% (octubre/2023).

**Palabras clave:** Caña de azúcar; Ciclo PDCA; Herramientas de Calidad; Centrifugadora de vino.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Matriz Energética Mundial em 2021 .....	17
<b>Figura 2</b> - Matriz Energética Brasileira em 2022.....	18
<b>Figura 3</b> - Diagrama de blocos da produção de etanol .....	19
<b>Figura 4</b> - Corte manual da cana-de-açúcar .....	20
<b>Figura 5</b> - Colheita mecanizada .....	20
<b>Figura 6</b> - Corte manual da cana após queimada.....	21
<b>Figura 7</b> - Sonda oblíqua para coleta de amostras .....	22
<b>Figura 8</b> - Coleta de amostra diretamente do caminhão para análise de qualidade .....	22
<b>Figura 9</b> - Descarga de cana-de-açúcar nas mesas alimentadoras.....	24
<b>Figura 10</b> - Diagrama de blocos do processo de fermentação alcoólica.....	27
<b>Figura 11</b> - Centrífuga de Vinho.....	28
<b>Figura 12</b> - Ilustração do fluxo do fluido dentro da centrífuga de vinho.....	28
<b>Figura 13</b> - Diagrama de blocos do processo de destilação alcoólica .....	30
<b>Figura 14</b> - Ciclo PDCA e suas etapas.....	32
<b>Figura 15</b> - Diagrama de Ishikawa .....	38
<b>Figura 16</b> - Diagrama de Ishikawa elencando as causas (preto) e causas raízes (vermelho).....	47
<b>Figura 17</b> - Exemplo de um bico de centrífuga novo (à esquerda) e um bico desgastado (à direita).....	50
<b>Figura 18</b> - Centrífuga de bancada instalada em campo .....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** - Histórico da média mensal e desvio padrão da concentração de levedo na centrífuga de vinho nos meses de maio a outubro nos anos 2020, 2021 e 2022 ..... 45
- Gráfico 2** - Média mensal da concentração de levedo na centrífuga de vinho nos meses de agosto a outubro de 2023 ..... 55
- Gráfico 3** - Média mensal da concentração de levedo na centrífuga de vinho dos meses de agosto a outubro nos anos de 2020 a 2023 ..... 56

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** - Principais fatores analisados na amostragem de cana-de-açúcar .....23
- Quadro 2** - Descrição e período das atividades desenvolvidas .....39
- Quadro 3** - Plano de ação elaborado na etapa de planejamento .....51
- Quadro 5** - Plano de ação com status de conclusão .....52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ART	Açúcares Redutores Totais
ATP	Adenosina Trifosfato
BEN	Balanço Energético Nacional
FOFA	Análise de Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças
GUT	Matriz de Gravidade, Urgência e Tendência
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INPM	Instituto Nacional de Pesos e Medidas
POL	Sacarose Aparente
Proálcool	Programa Nacional do Alcool
PDCA	Ciclo de Planejamento, Execução, Verificação e Ação
SAP	Sistemas, Aplicativos Produtos para Processamento de Dados
TWI	Treinamento dentro da indústria

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>12</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>13</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
3.1 A EVOLUÇÃO DO ETANOL NO BRASIL.....	18
3.2 MATRIZ ENERGÉTICA.....	19
3.3 PROCESSO PRODUTIVO DO ETANOL A PARTIR DE CANA-DE-AÇÚCAR	22
3.3.1 Colheita E Transporte Da Cana-De-Açúcar .....	22
3.3.2 Recepção, Extração E Moagem Da Cana-De-Açúcar.....	25
3.3.3 Extração E Moagem Da Cana-De-Açúcar .....	27
3.3.4 Tratamento Do Caldo .....	28
3.3.5 Fermentação Alcoólica.....	30
3.3.6 Centrifugação De Vinho Levedurado.....	32
3.3.7 Destilação.....	34
3.3.8 Armazenamento De Etanol.....	36
3.4 MELHORIA CONTÍNUA .....	36
3.4.1 Ciclo PDCA.....	37
3.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	42
3.5.1 <i>Brainstorm</i> .....	42
3.5.2 Diagrama de Ishikawa .....	43
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>45</b>

4.1 CICLO PDCA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	45
4.1.1 Etapa De Planejamento.....	45
4.1.2 Etapa De Execução.....	48
4.1.3 Etapa De Verificação.....	48
4.1.4 Etapa De Ação .....	49
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>50</b>
5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO CICLO PDCA.....	50
5.1.1 Etapa De Planejamento.....	50
5.1.2 Etapa De Execução.....	58
5.1.4 Etapa De Verificação.....	61
5.1.4 Etapa De Ação .....	63
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO A – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA A OPERAÇÃO DE LIMPEZA DE FILTROS DE VINHO LEVEDURADO .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO B – CHECKLIST DAS CENTRÍFUGAS DE VINHO A SER REALIZADO PELO OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO C – CONTROLE OPERACIONAL DA CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO A SER REALIZADO PELO OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO D – CONTROLE OPERACIONAL – TROCA DE TURNO – OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO E – OBSERVAÇÕES DO TURNO – OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO F – REGISTRO DAS NÃO CONFORMIDADES – OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO.....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na década de 1970, foi criado o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), com alternativa para reduzir a dependência do Petróleo. O Proálcool visava o desenvolvimento de técnicas para a produção de álcool hidratado (etanol hidratado – C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Em paralelo a esse incentivo, do governo brasileiro, os primeiros carros movidos totalmente a álcool começaram a circular em 1978, após modificações técnicas nos motores (DE ANDRADE; DE CARVALHO; DE SOUZA, 2009).

Adicionalmente, ocorreu um crescente interesse internacional para o desenvolvimento e utilização de biocombustíveis. Isso impulsionou o crescimento da atividade canavieira, que diz respeito ao cultivo da cana-de-açúcar, para a produção de álcool hidratado. (CARLESSO NETO; VERÍSSIMO, 2011).

Visto que, o álcool é um biocombustível e colabora para atenuação do efeito estufa e aquecimento global, observa-se no Balanço Energético Nacional Interativo (BENI), em 2022, que os produtos derivados da cana-de-açúcar (açúcar e etanol), contribuíram com 15,4% na Matriz Energética Brasileira (EPE, 2023). Esse número confirma a posição destaque do Brasil, nas discussões internacionais sobre mudanças climáticas e sustentabilidade, uma vez que a produção de biocombustíveis é realizada, principalmente, das culturas de cana-de-açúcar e milho, que produzem o etanol hidratado e anidro, e da soja, que produz o biodiesel (BENTO; VIEIRA FILHO, 2023).

De acordo com De Andrade, De Carvalho e De Souza (2009), o processo produtivo para a produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar, possui 7 etapas: 1ª) Colheita e Transporte da cana-de-açúcar; 2ª) Recepção da cana; 3ª) Extração e Moagem; 4ª) Tratamento do Caldo; 5ª) Fermentação Alcoólica; 6ª) Destilação; e 7ª) Armazenamento de Etanol.

Dentre as etapas citadas, aquela de interesse nesta pesquisa é de fermentação alcoólica, que utiliza como principal microrganismo para a fermentação do caldo a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Nesta etapa do processo, a alimentação da levedura ocorre por meio do mosto, que pode ser

somente caldo ou, na falta dele, mel estocado, proveniente da produção de açúcar, misturado com água. Na fermentação, os açúcares, glicose e frutose, provenientes do mosto são convertidos em energia celular na forma de Adenosina Trifosfato (ATP), tendo como subprodutos o etanol e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) (VELOSO, 2019).

Ao final do processo fermentativo, tem-se uma mistura, chamada vinho levedurado, composto de leveduras e caldo fermentado, que necessita ser separado para realizar a obtenção de etanol. Segundo Castro *et al.* (2020), essa separação é realizada utilizando centrífugas de vinho, que, por meio do movimento de rotação e diferença de densidade, realiza a separação do creme de leveduras e vinho delevedurado. O creme deleveduras retorna ao processo fermentativo, por meio do reciclo de células, enquanto o vinho delevedurado, será bombeado para a destilaria.

Existem inúmeras ferramentas de melhoria contínua do processo produtivo, uma delas é o Ciclo PDCA, que consiste em quatro etapas que ajudam a perceber e solucionar problemas que passam despercebidos e também a elaboração de solução para redução de custos, aumento de performance, aumento de segurança ocupacional e de processos. Para auxiliar a aplicação dessa metodologia, o Diagrama de Ishikawa somado ao Brainstorm e Plano de ação podem ser utilizados para encontrar as causas básicas e as causas raízes de um problema (OMIE, 2022).

Para o cenário a ser estudado, relacionado ao setor sucroalcooleiro, o ciclo PDCA mostra-se a metodologia mais adequada para aplicação, visto que, segundo Tubino (2009), faz a empresa identificar e tratar uma situação-problema, por meio da etapa de planejamento, realização de tratativas, verificação de resultados e ação para que o problema não volte a se repetir. E ao final do ciclo, o sistema produtivo, ou situação estudada, passa para um patamar superior de qualidade, gerando assim, melhoria contínua.

Por isso, neste trabalho serão estudados os parâmetros operacionais relacionados a produção de etanol, por meio de ferramentas de melhoria contínua como o ciclo PDCA, *Brainstorm*, Diagrama de Ishikawa e Plano de Ação, para alinhamento com as metas da empresa e performance de produção.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é analisar a performance de parâmetros de processo, em uma indústria sucroalcooleira, com a implementação de ferramentas de melhoria contínua.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral tem-se como objetivos específicos:

- Utilizar o ciclo PDCA, para a identificação do(s) parâmetro(s) operacional(is) com desempenho inferior ao estabelecido pelas métricas, dentro da indústria, considerado como problema;
- Aplicar ferramentas da qualidade, como *Brainstorm* e Diagrama de Ishikawa, para identificar a causa raiz do parâmetro identificado como problema;
- Propor e implementar um plano de ação para o problema identificado;
- Verificar a reação do problema após a implementação do plano de ações;
- Padronização de ações, por meio de Procedimento Operacional Padrão, para evitar a recorrência do problema tratado.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho, considerando os aspectos históricos do etanol no Brasil, a sua importância na matriz energética, a descrição do processo produtivo, processo de melhoria contínua e ferramentas de qualidade.

#### 3.1 A EVOLUÇÃO DO ETANOL NO BRASIL

A procura de fontes alternativas de energias, em todo o mundo, teve como estopim a crise do petróleo em 1973. Em paralelo a isso, o Brasil lançou um programa de incentivo à produção de biocombustíveis, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) criado com o objetivo de desenvolvimento de técnicas para a produção de álcool hidratado (etanol hidratado –  $C_2H_5OH$ ). Essa iniciativa teve um cenário favorável, pois na mesma época houve o aumento no preço do petróleo e a queda no preço do açúcar (NITSCH, 2023). Além disso, em 1978, ocorreu o lançamento tecnológico de carros movidos totalmente a álcool, sendo o etanol hidratado com porcentagem alcoólica em torno de 94% (DE ANDRADE; DE CARVALHO; DE SOUZA, 2009).

Entretanto, a partir da metade da década de 1980, houve a desaceleração e crise do movimento Proálcool no Brasil. De acordo com LOPES DE MORAES, RUMENOS e BACCHI (2014), houve uma combinação de fatores que deram início a esse declínio, como a constância na produção de etanol hidratado e a queda na produção de veículos movidos a álcool. Outra grande influência foi a queda do preço do barril de petróleo e o aumento da exportação do açúcar. Além disso, houve um aumento na importação de veículos movidos a gasolina pelo Brasil.

No início dos anos 2000, o primeiro carro *flex*, movido tanto a gasolina quanto a etanol hidratado, foi lançado no Brasil, resgatando o uso do etanol hidratado. Para conseguir atender o aumento na demanda desse

biocombustível, a expansão da produção da cana-de-açúcar para a região Centro-Oeste foi impulsionada e, em 2010, alcançou a segunda posição de produção de cana-de-açúcar no Brasil, sendo a primeira ocupada pela região Sudeste (LOPES DE MORAES; RUMENOS; BACCHI, 2014). E com esse cenário, a região Centro-Oeste foi alvo de geração de investimentos do setor sucroalcooleiro, como a construção de indústrias e geração de empregos.

Esse incentivo brasileiro para a produção de etanol está alinhado com as políticas mundiais de incentivo ao uso de biocombustíveis (ANP, 2020). Por serem biodegradáveis, possuem baixo teor de enxofre e de compostos aromáticos, os biocombustíveis causam menos impacto ao meio ambiente do que os combustíveis fósseis, sendo fortes alternativas para substituir, parcial ou totalmente, os combustíveis derivados de petróleo e gás natural. A partir da segunda metade da década de 2000, diversos países começaram a incentivar a produção de biocombustíveis, gerando um forte incremento na produção mundial de etanol e biodiesel (VIDAL, 2021).

### 3.2 MATRIZ ENERGÉTICA

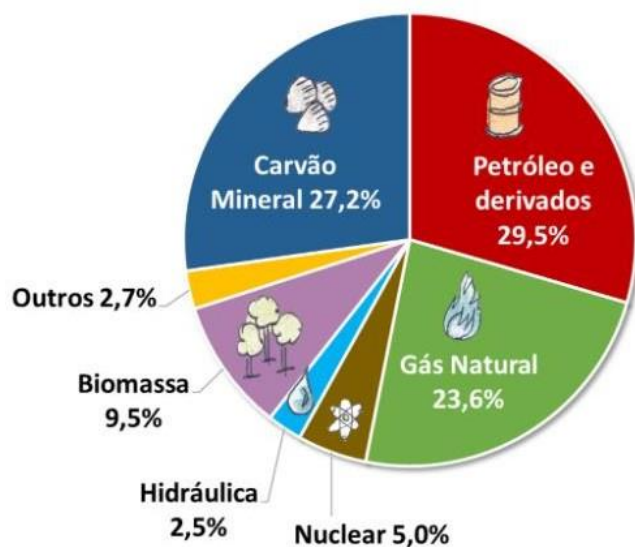
Nas atividades mais básicas, como acender a luz e preparar refeições, há a necessidade do uso de energia. Essa energia é proveniente de diversas fontes, compondo a Matriz Energética que pode ser confundida com a Matriz Elétrica. Enquanto a primeira representa o conjunto de fontes de energia para realizar atividades simples, como ligar um carro ou acender um fogão, a segunda é formada pelo conjunto de fontes utilizadas apenas para a geração de energia elétrica e faz parte da Matriz Energética (EPE, 2023).

A classificação das fontes de energia, presente na Matriz Energética, são duas: as fontes renováveis e as fontes não-renováveis. De acordo com Goldemberg e Lucon (2007), a matéria orgânica acumulada ao longo das eras no subsolo terrestre formou as fontes de energia não-renováveis, ou fontes fósseis de energia, como petróleo, carvão mineral, gás natural e outros. Essa fonte de energia é considerada não-renovável por conta de sua impossibilidade de reposição natural tendo em vista o tempo geológico de sua formação. Enquanto,

as fontes renováveis de energia são restituídas em períodos curtos, como semanas, meses ou poucos anos, pela natureza, como os ventos que são fontes de energia eólica e o sol que é fonte de energia solar.

Por isso, mesmo com as diversas discussões para mudança no uso de fontes de energia, a Matriz Energética Global ainda é muito dependente das fontes não renováveis de energia. Conforme *International Energy Agency* (IEA), 2022, a principal fonte de energia mundial, em 2021, foi proveniente de petróleo e seus derivados, 29,5%; seguida do carvão mineral, 27,2%; gás natural, 23,6%; e nuclear, 5,0%. Conforme a Figura 1, a fonte renovável mais utilizada foi o uso da biomassa para a geração de energia, com apenas 9,5%; seguida da hidráulica, 2,5%; e outras fontes renováveis, como solar, eólica e geotérmica, denominadas como outros, correspondem a 2,7%.

**Figura 1** - Matriz Energética Mundial em 2021



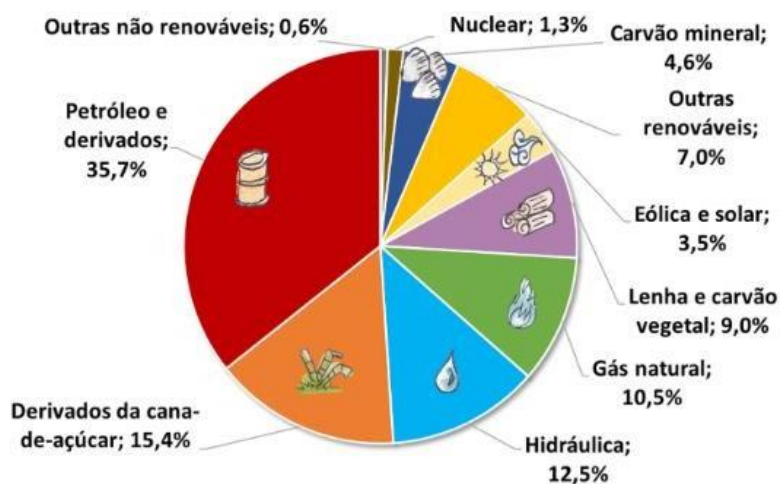
Fonte: IEA, 2023.

No Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN), a fonte de energia a partir do petróleo e derivados lidera, com 35,7%, enquanto fontes renováveis como cana-de-açúcar e hidráulica correspondem a 15,4% e 12,5%, respectivamente. A Figura 2 apresenta a participação de algumas fontes que fazem parte da Matriz Energética Brasileira. As fontes não renováveis somam 17% (gás natural, carvão mineral, nuclear e outras fontes não renováveis),

enquanto outras fontes renováveis somam 19,5%(lenha e carvão vegetal, eólica e solar, e outras fontes renováveis).

Enquanto no mundo, apenas 14,7% da matriz energética é composta de fontes renováveis, no Brasil corresponde a 47,4% (EPE, 2023). Isso demonstra uma necessidade de conscientização mundial para descarbonização do planeta, que visa a redução da dependência dos combustíveis fósseis, grande emissor de gases de efeito estufa, em favor das fontes renováveis na matriz energética mundial, como por exemplo a substituição de carros de motores a combustão por carros elétricos (AZEVEDO e MATSUMURA, 2022).

**Figura 2 - Matriz Energética Brasileira em 2022**



Fonte: EPE, 2023.

Observa-se na Figura 2 que a energia proveniente dos derivados da cana-de-açúcar, corresponde a 15,4%, da Matriz Energética. Segundo CROPLIFEBRASIL (2023) a contribuição, da cana-de-açúcar na transição energética, é devido a produção de:

- i. etanol de primeira geração, oriundo do caldo e/ou melado da cana;
- ii. etanol de segunda geração, onde os resíduos de palha e bagaço são matérias-primas;
- iii. energia por vapor e elétrica, obtida a partir da queima de bagaço da cana.

A seguir serão apresentadas as etapas de produção de etanol de primeira geração, a partir da cana-de-açúcar. Como visto anteriormente, esse produto tem grande influência na economia de diversas regiões do país e tem uma porcentagem significativa na composição da Matriz Energética Brasileira.

### 3.3 PROCESSO PRODUTIVO DO ETANOL A PARTIR DE CANA-DE-AÇÚCAR

Por ser um produto altamente perecível, após ser colhida, a cana-de-açúcar pode sofrer alterações em sua qualidade e impactar seu processamento industrial, assim, o armazenamento desse produto não é uma alternativa (MILANEZ *et al.*, 2010). Com isso, a produção de etanol segue o mesmo tempo de colheita da cana-de-açúcar, isso ocorre entre os meses de abril e dezembro, onde a matéria-prima atingiu o pico de sua maturação e pode ser colhida. Nos outros períodos do ano, em que não está ocorrendo o processamento da cana, a indústria realiza a manutenção de seus equipamentos.

Para a linha de estudos da produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar, segundo De Andrade, De Carvalho e De Souza (2009), o processo produtivo segue as seguintes etapas: 1ª) Colheita e transporte da cana-de-açúcar; 2ª) Recepção da cana; 3ª) Extração e Moagem; 4ª) Tratamento do Caldo; 5ª) Fermentação Alcoólica; 6ª) Destilação; e 7ª) Armazenamento de Etanol, como ilustrado pelo diagrama de blocos da Figura 3.

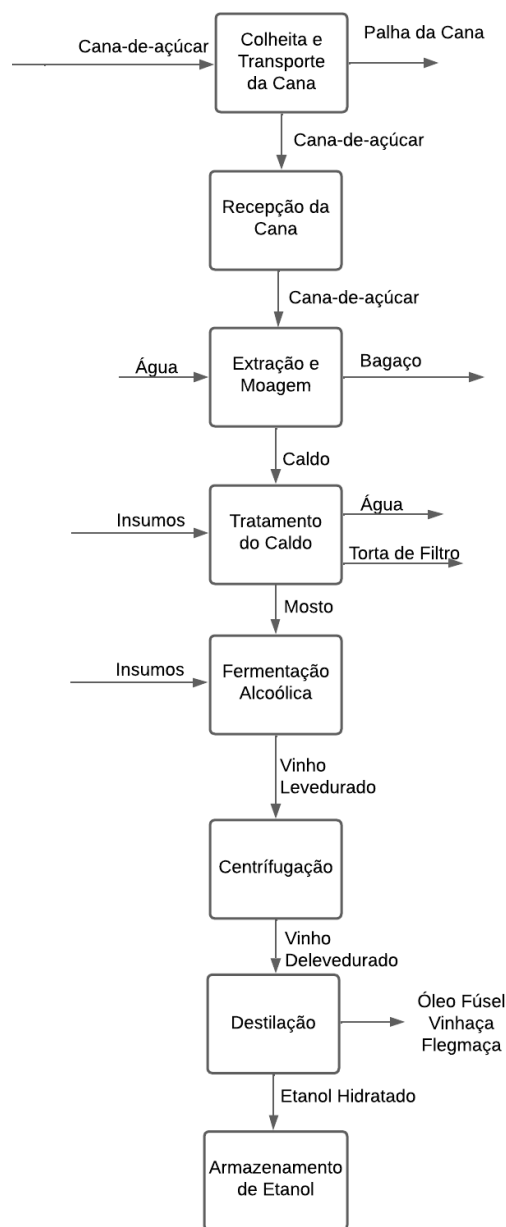
#### 3.3.1 Colheita E Transporte Da Cana-De-Açúcar

No Brasil, as épocas de colheita da cana-de-açúcar estão entre os meses de abril e novembro, para a região centro-sul, e entre novembro e abril, para a região nordeste (VIAN, 2022). Rossetto (2022) afirma que a colheita da cana-de-açúcar deve ser planejada, para ocorrer no período de pico de maturação da cultura e com o máximo teor de açúcar possível. As variedades com baixas intensidades de florescimento e longo período útil de industrialização facilitam o

manejo e planejamento de corte. Nesse contexto, ainda, é preciso respeitar as previsões climáticas do período de safra.

Nos meses em que a colheita não acontece, as unidades produtoras realizam a entressafra com o objetivo de realizar manutenções em equipamentos, visto que eles operam 24 horas por dia sem parar, durante o período de safra, e uma pausa para manutenção é de grande importância (VIAN, 2022).

**Figura 3** - Diagrama de blocos da produção de etanol



Fonte: Adaptado DE ANDRADE, DE CARVALHO E DE SOUZA (2009).

A colheita da cana pode ser realizada de forma manual ou mecanizada. O sistema de corte manual, é realizado por cortadores equipados com facões, de diferentes tipos e tamanhos, e o método mais comum é o corte da cana inteira e disposição em linhas para recolhimento de veículos (Figura 4). Enquanto no corte mecanizado, as colhedoras automotrizes realizam o corte, limpeza, picagem em toletes e a descarga da cana em um veículo próximo (MUNDIM, 2009), conforme ilustrado na Figura 5.

**Figura 4** - Corte manual da cana-de-açúcar



Fonte: ROSSETO, 2022.

**Figura 5** - Colheita mecanizada



Fonte: MAGALHÃES, 2022.

A colheita mecanizada vem se tornando prioridade entre as empresas que utilizam essa matéria-prima. Isso tem como explicação a criação e implementação de legislações trabalhistas e ambientais, como a Lei n. 11.241 de 2002, que dispõe sobre a eliminação do uso do fogo para a eliminação de palha do canavial, a fim de facilitar o corte manual da cana-de-açúcar, como ilustrado na Figura 6. Além dessa prática ser prejudicial ao meio ambiente, por impulsionar o efeito estufa, a fumaça gerada pela queima da palha estava afetando a saúde respiratória da população que reside próxima a plantações de cana-de-açúcar (FREDO, CASER, CAMPAGNUCI, 2020).

Realizada a colheita da cana-de-açúcar, o próximo passo será o transporte da matéria-prima do campo até a indústria no menor tempo possível a fim de manter a qualidade do produto. Segundo Rossetto (2022), esse transporte pode ser realizado de três maneiras:

- Transporte rodoviário: realizado por meio de rodovias federais,

estaduais ou particulares, cerca de 95% da cana-de-açúcar colhida no país passa por esse meio. Dentre os veículos disponíveis, os caminhões são os mais utilizados com uma grande variedade de modelos que podem transportar de oito a 40 toneladas de carga líquida;

- Transporte ferroviário: esse transporte é minoritário no Brasil, visto que são poucas as usinas que têm infraestrutura para receber a matéria-prima dessa forma. Em países como a Austrália, esse meio de transporte é muito utilizado;
- Transporte hidroviário: esse tipo de transporte pode atuar em conjunto com o rodoviário, entretanto há uma desvantagem no tempo de deslocamento gasto o que pode gerar uma perda da qualidade da cana-de-açúcar transportada.

**Figura 6** - Corte manual da cana após queimada



Fonte: ROSSETO, 2022.

### 3.3.2 Recepção, Extração E Moagem Da Cana-De-Açúcar

A recepção do caminhão na unidade industrial, ocorre no setor de recepção da cana. Ainda dentro do caminhão, a cana-de-açúcar é pesada e amostrada, através de uma sonda oblíqua, para fins de avaliação da qualidade

do produto. Ademais é realizada a verificação da quantidade de sacarose que servirá para a determinação da eficiência do processo industrial e pagamento aos fornecedores da cana-de-açúcar (WANDERLEY, 2013). Na Figura 7, a sonda obliqua que realiza a coleta dentro do caminhão funciona e na Figura 8, pode-se entender como as coletas de amostras de cana para avaliação são realizadas diretamente do caminhão.

**Figura 7** - Sonda obliqua para coleta de amostras



Fonte: Acervo próprio, 2023.

**Figura 8** - Coleta de amostra diretamente do caminhão para análise de qualidade



Fonte: Acervo próprio, 2023.

A amostra é retirada através de um tubo sonda rotativo na carga de cana dos caminhões que são previamente sorteados na balança, a empresa receptora dessa cana deve atender a uma porcentagem pré-estabelecida pelos órgãos regulamentadores quanto a quantidade de amostras que serão realizadas para cada fornecedor, ou seja, somente alguns caminhões são amostrados. Essa amostra é desintegrada e o caldo resultante será analisado para determinação dos parâmetros que definem a qualidade da cana (WANDERLEY, 2013). De acordo com VILLARREAL (2021), os principais fatores analisados podem ser observados no Quadro 1.

**Quadro 1** - Principais fatores analisados na amostragem de cana-de-açúcar

<b>Parâmetro</b>	<b>Objetivo da análise</b>
Brix	Expressa a porcentagem peso/peso dos sólidos contidos em uma solução pura de sacarose, ou seja, determina os sólidos aparentes contidos na solução;
Pol	Representa a porcentagem aparente de sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{12}$ ) contida em uma solução de açúcares;
Pureza	Relação entre a porcentagem em massa de sacarose e a massa de sólidos solúveis contidos em uma solução;
Açúcares Redutores Totais (ART)	Representam todos os açúcares da cana na forma de açúcares redutores ou invertidos;
Porcentagem de fibra da cana	Reflete o quanto de fibra está presente na cana. Quanto maior essa porcentagem, menor a quantidade de açúcar presente na matéria-prima.

Fonte: adaptado de VILLARREAL, 2021.

### 3.3.3 Extração E Moagem Da Cana-De-Açúcar

Após pesagem e coleta de amostras, o caminhão segue para o descarregamento nas mesas alimentadoras, por meio de guindastes laterais tipo hilo, conforme ilustrado na Figura 9. Então, a cana é transportada, por esteiras, até os equipamentos de preparo que são compostos por conjuntos de facas rotativas, com a finalidade de nivelar a camada de cana na esteira. Em seguida, a cana picada é direcionada para o desfibrador, nele ocorre a abertura das células que contêm os açúcares a fim de facilitar o processo de extração na moenda (NOVACANA, 2023).

A cana desfibrada é uniformizada em um colchão de cana por um equipamento denominado espalhador. E por meio de uma esteira de borracha, em alta velocidade, a cana desfibrada é direcionada para a calha de alimentação forçada da moenda, conhecida como Chute Donnelly, onde é formada uma coluna uniformizada que tem por finalidade controlar o fluxo de alimentação para a moenda.

A etapa de moagem consiste em fazer a cana passar entre dois rolos, com uma pressão pré-estabelecida para que o caldo da cana seja obtido. A moenda é formada por quatro a sete ternos em série, dependendo da capacidade produtiva de cada unidade industrial, onde o caldo extraído no primeiro terno é

enviado para a fábrica de açúcar, por ser mais concentrado e de melhor qualidade, e o restante é direcionado para a fábrica de etanol. Quanto ao resíduo da moagem, o bagaço é direcionado para a queima, nas caldeiras, a fim de gerar vapor que abastecerá toda a planta industrial (NOVACANA, 2023).

**Figura 9** - Descarga de cana-de-açúcar nas mesas alimentadoras



Fonte: Acervo próprio, 2023.

De acordo com Alcarde (2022), durante a passagem do bagaço de um terno para o outro, realiza-se a adição de água no processo, chamada de embebição, que tem finalidade de aumentar a extração de sacarose da matéria-prima. Esse processo deve ser realizado de forma eficiente, pois caso seja adicionada água além do ideal, ocorre uma perda na produção devido a extração ineficiente do açúcar. Outro ponto de atenção é o consumo de vapor, caso a embebição esteja acima do necessário, de acordo com a quantidade de fibras na cana, há um consumo desnecessário para a evaporação de água durante o tratamento de caldo (JULIANO, 2019).

### 3.3.4 Tratamento Do Caldo

O caldo extraído durante a etapa da moagem é formado principalmente de sacarose. Entretanto, esse caldo apresenta impurezas em sua

composição, o que se torna necessário um tratamento para a retirada de impurezas e melhora de qualidade. A primeira etapa consiste em um tratamento físico, onde peneiras rotativas são utilizadas para a remoção de sólidos insolúveis, como areia e resquícios de bagaço, ou chamados bagacilhos (FONSECA, 2014).

Retiradas as impurezas físicas, a próxima etapa consiste em um tratamento químico que tem como finalidade a neutralização do pH do caldo, a fim de evitar riscos de decomposição da sacarose do meio, a retirada de partículas pequenas e finas, retirada de impurezas coloidais e que estão solúveis no caldo. Este tratamento consiste na adição de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), em um reator a  $70^\circ C$ , para promover a reação chamada de calagem, que auxilia na neutralização do pH formando fosfato de cálcio ( $Ca_3(PO_4)_2$ ), que, ao sedimentar, arrasta o material coloidal presente junto com ele. Em seguida, é adicionado o hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ) ao caldo e a temperatura aumentada, para  $105^\circ C$ , a fim de ser enviado ao balão flash (TONON FILHO, 2013).

O próximo equipamento é o balão flash, que realiza a retirada de gases não condensáveis, operando sob pressão atmosférica. Após a retirada de gases, o caldo é bombeado para o decantador, adicionado polímero floculante e homogeneizado, essa mistura permanece no equipamento entre 40 minutos e 2h30min. Essa etapa é responsável pela retirada de impurezas que permaneceram remanescentes no caldo, mesmo com os tratamentos anteriores. Para a finalização, o caldo passa por hidrociclones para a remoção de partículas, por meio da centrifugação, sendo obtido o caldo clarificado que será bombeado para os evaporadores (LOPES; GABRIEL. BORGES, 2011).

A etapa da evaporação é necessária para a retirada de água presente no caldo e a correção do  $^\circ Brix$  (grau Brix), um parâmetro operacional que mede a quantidade de sólidos solúveis em uma solução de sacarose, pois ao sair do decantador esse caldo se encontra com uma concentração de  $14^\circ$  a  $16^\circ Brix$ . Para uma maior eficiência de fermentação, o valor requerido deve estar entre  $18^\circ$  e  $22^\circ Brix$  (FONSECA, 2014).

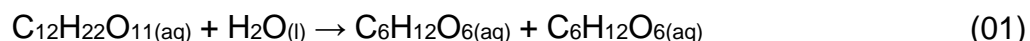
O lodo sedimentado no decantador passa por um processo de filtração, por equipamentos chamados de filtro prensa, para a máxima recuperação de açúcar desse caldo, sendo obtido o caldo filtrado (líquido) e a

torta de filtro (sólida). Essa recuperação de açúcar do lodo é chamada de POL da torta, onde é verificada a porcentagem de açúcar perdido na torta resultante da filtração. A torta de filtro, considerada um subproduto da produção de açúcar e etanol, é armazenado e, posteriormente, transportado para a lavoura que servirá como adubo para as plantações de cana-de-açúcar. Por fim, o caldo filtrado retorna ao início do tratamento de caldo, a fim de passar por todo o processo novamente (LOPES; GABRIEL. BORGES, 2011).

### 3.3.5 Fermentação Alcoólica

De acordo com SANTOS (2022), a fermentação pode ser definida como processo metabólico anaeróbico de produção de energia por meio de microrganismos que oxidam parcialmente o substrato, atuando sobre um ou mais componentes, gerando produtos modificados com características desejáveis. A fermentação alcoólica é realizada pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* como principal microrganismo, onde em condições anaeróbicas - ausência de oxigênio (O<sub>2</sub>) - os açúcares provenientes do caldo da cana-de-açúcar são convertidos em energia celular na forma de ATP, com etanol e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) como subprodutos (VELOSO, 2019).

Segundo Castro *et al.* (2020), o processo fermentativo utilizando a sacarose como fonte de açúcar pode ser dividido em duas etapas: a primeira, representado pela equação 1, refere-se à hidrólise da sacarose, pela enzima invertase, transformando a sacarose (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) em glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) e frutose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), visto que a levedura não se alimenta de moléculas de sacarose.



A segunda etapa, representada pela equação 2, os açúcares redutores totais (ART) são fermentados pela levedura, resultando em duas moléculas de etanol e duas moléculas de gás carbônico.



Ao longo da fermentação, além do fornecimento de nutrientes, as condições do meio de cultura são mantidas adequadas para garantir um ambiente adequado para o crescimento e desenvolvimento de leveduras.

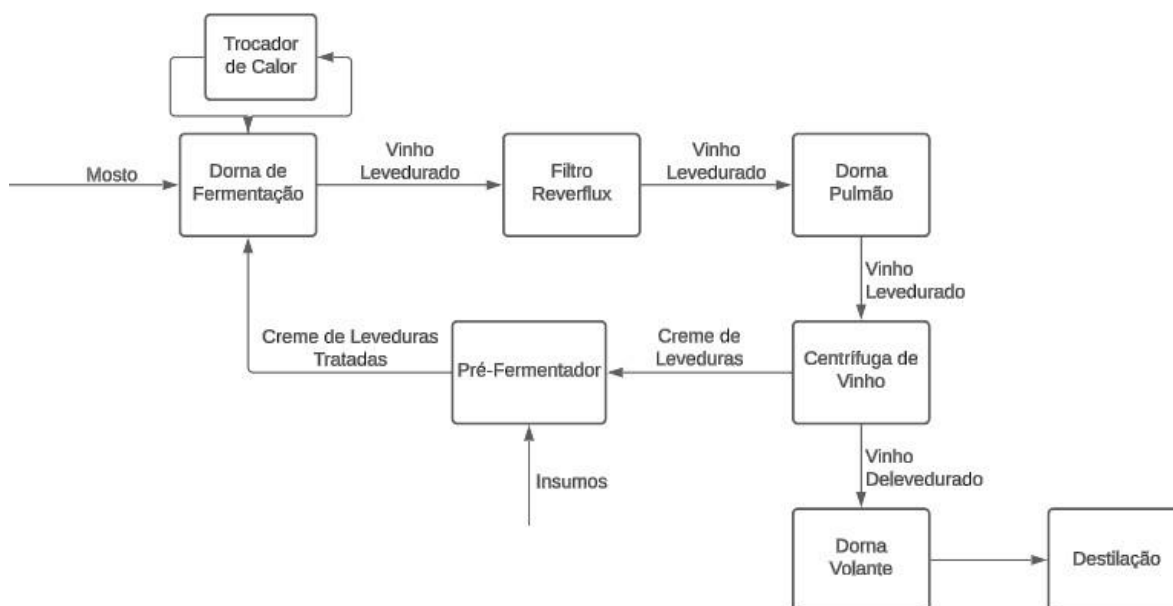
A fermentação alcoólica, em unidades industriais, deve apresentar uma eficiência em torno de 90% quando realizada da forma correta e parâmetros operacionais aderentes. Esse processo pode ser realizado por dois métodos: a fermentação por batelada alimentada e a fermentação contínua. Entretanto, a fermentação por batelada alimentada é a mais usual dentro das usinas brasileiras, onde ocorre a adição das leveduras na dorna de fermentação e, posterior, alimentação do mosto, que é composto de caldo, água e mel resultante da produção de açúcar (TONON FILHO, 2013).

Ao final do processo fermentativo, tem-se uma mistura, chamada vinho levedurado, composto de leveduras e caldo fermentado, que necessita ser separada para posteriormente, realizar a obtenção de etanol. Assim, a mistura passa por filtros de vinho levedurado para a retirada de impurezas vindas do caldo, como bagacilhos e terras, e direcionada para a etapa de separação.

Segundo Castro *et al.* (2020), essa separação é realizada utilizando centrífugas, denominadas centrífugas de vinho, que, por meio do movimento de rotação e diferença de densidade, realiza a separação do creme de leveduras e vinho delevedurado. O creme de leveduras voltará para o processo fermentativo, por meio do reciclo de células, enquanto o vinho delevedurado, será bombeado para a destilaria.

O processo de reciclo de células de leveduras é denominado processo Melle-Boinot de recuperação de fermento, cuja principais funções são a recuperação, o tratamento e a reutilização em sucessivas fermentações das leveduras. Esse processo mantém um grande contingente celular, diminuindo as perdas de sacarose pelas leveduras, e que não irão consumir energia para a multiplicação celular ou aumento da biomassa, ou seja, tendo um foco principal na produção de etanol (LOPES; GABRIEL. BORGES, 2011). Na Figura 10 é ilustrado o método da fermentação batelada alimentada por meio do reciclo de células.

**Figura 10** - Diagrama de blocos do processo de fermentação alcoólica



Fonte: Adaptado LOPES; GABRIEL; BORGES, 2011.

### 3.3.6 Centrifugação De Vinho Levedurado

A separação das leveduras do vinho é realizada por meio da centrifugação, em um equipamento chamado centrífuga de vinho (Figura 11). Para evitar que ocorram perdas de levedo, a operação da centrífuga requer controle de vazão, pressão, diâmetro de bicos da centrífuga, concentração do creme de leveduras, entre outros. Dessa forma, para que o equipamento opere de acordo com sua capacidade, sua assepsia precisa ser ponto de atenção, pois incrustações nos elementos do equipamento podem ocorrer, ocasionando um entupimento e diminuição da eficiência e rendimento industrial (LOPES, GABRIEL, BORGES, 2011).

A recuperação das leveduras, por meio da centrifugação, é realizada por meio da diferença de densidade entre as células de leveduras, componentes sólidos, e o vinho fermentado, componente líquido. A centrífuga de vinho consiste em um rotor com orifícios em sua periferia denominados bicos ou boquilhas, por onde sai a levedura (parte sólida). O vinho fermentado tem sua alimentação contínua pela parte central do cone e a leveduras são retiradas pelos bicos,

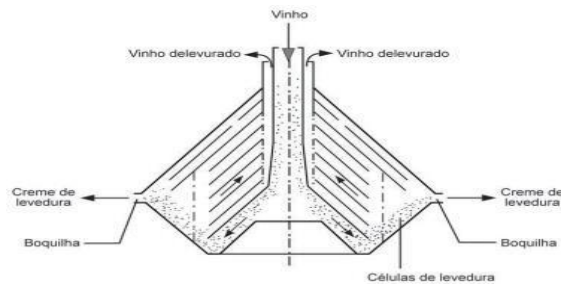
conforme a ilustração da Figura 12 (LOPES, GABRIEL, BORGES, 2011).

**Figura 11** - Centrífuga de Vinho



Fonte: Acervo próprio, 2023.

**Figura 12** - Ilustração do fluxo do fluido dentro da centrífuga de vinho



Fonte: LOPES, GABRIEL, BORGES, 2011

Marques e Serra (2004), expõe que a etapa da centrifugação é de vital importância para o controle de eficiência do processo, tendo em vista que compostos produzidos durante a fermentação podem promover perdas de viabilidade das leveduras, o que afeta a produção e qualidade do produto.

Por isso, Araújo, Barbosa e Péres (2022) e Jacob e Campos (2023) elencam alguns fatores que comprometem a eficiência das centrífugas:

- Vinho sujo: quando a etapa de purificação do caldo ou o filtro de

vinho não são eficientes na remoção de partículas sólidas e suspensas, levando bagacilhos e terras até as centrífugas e, assim, entupindo os bicos ejetores de leveduras rapidamente sendo necessária a parada frequente para limpeza

- Fermento infeccionado: esse fator também envolve o entupimento rápido da centrífuga, mas com outra causa, aqui é a floculação do vinho. Quando há um número considerável de bactérias no vinho, elas têm o poder da floculação dele, aumentando a viscosidade do fluido e o surgimento de flocos que podem entupir os bicos da centrífuga.
- Má regulagem e limpeza das centrífugas de vinho: esse fator pode ser ocasionado por falhas operacionais durante a limpeza dos equipamentos. Uma vez que a centrífuga de vinho é mal regulada, seu funcionamento não será o mesmo e pode até desarmar durante a operação por conta de alta vibração; quando limpeza da centrífuga de vinho não é eficiente, os bicos ejetores podem não ter sido limpos adequadamente, podendo diminuir seu tempo de operação e ser mais suscetível a entupimento.

Esses fatores que comprometem a eficiência das centrífugas de vinho refletem diretamente na concentração de levedo. De acordo com Jacob e Campos (2023), esse reflexo pode resultar em muito levedo no vinho, que é direcionado a destilação, podendo aos poucos diminuir a porcentagem de levedo no meio fermentativo e afetar o rendimento fermentativo da produção de etanol. Caso haja muito vinho de levedado no creme de levedo, para retornar ao processo fermentativo a viabilidade das células de fermento pode ser afetada por conta do alto grau alcoólico do meio fermentativo.

### 3.3.7 Destilação

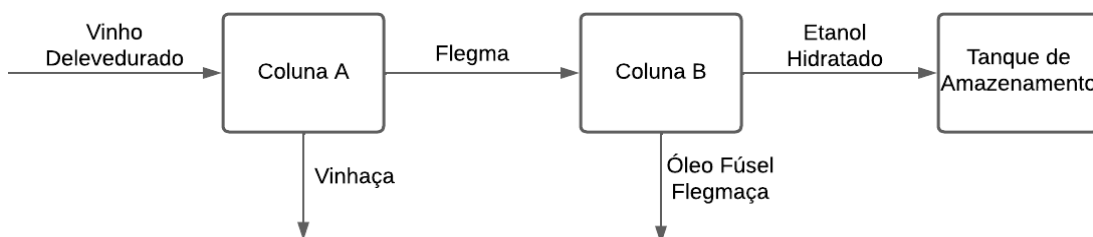
O vinho de levedado resultante do processo de centrifugação é destinado para o setor da destilaria, compostos de colunas de destilação, com a

finalidade da extração do etanol. De acordo com Theodoro (2020), a coluna de destilação é um equipamento cilíndrico que apresenta compartimentos internos, como bandejas ou prato, para que ocorra o contato entre uma mistura, alimentada na parte superior, e o vapor que sobe a parte inferior. O objetivo desse contato é a separação da mistura pela diferença de volatilidade entre as substâncias.

A separação começa com a introdução do vinho delevedurado ocorre na parte superior da coluna A, em simultâneo com a entrada de vapor na parte inferior da mesma coluna. A interação entre esses dois fluidos resulta na separação, produzindo a vinhaça, que é retirada pela parte inferior da coluna A, e a flegma (uma mistura de líquido e vapor), que é removida do topo e encaminhada para a coluna B (THEODORO, 2020).

Na coluna B, a flegma entra em contato com vapor, seguindo o mesmo princípio observado na coluna A, resultando na obtenção de etanol hidratado, com aproximadamente 94° INPM, que quantifica o teor de etanol na mistura em termos de volume em massa. Durante o processo de destilação, são gerados subprodutos, tais como vinhaça, flegmaça e óleo fúsel. Estes subprodutos da produção de etanol possuem distintos propósitos: a vinhaça é resfriada e utilizada como fertilizante no cultivo da cana-de-açúcar; a flegmaça é reincorporada ao processo como agente de assepsia das dornas de fermentação e, por conseguinte, ao processo de destilação, devido ao seu residual teor alcoólico de 0,02%; e o óleo fúsel, composto por álcoois de cadeia longa, é comercializado para empresas que utilizam esse produto, como indústrias químicas e tintas (DIAS, 2008).

**Figura 13** - Diagrama de blocos do processo de destilação alcoólica



Fonte: Adaptado THEODORO (2020).

### 3.3.8 Armazenamento De Etanol

O etanol hidratado extraído na etapa da destilação é direcionado para tanques pulmão para a verificação de parâmetros, como °INPM, condutividade e pH. Validado todos os indicadores, o fluido é bombeado para os tanques de armazenamento alocados dentro da usina para expedição e comercialização. De acordo com Milanez *et al.* (2010), uma estrutura de armazenamento de etanol é primordial para o abastecimento do comércio durante as épocas de entressafra, onde as usinas produtoras estão em manutenção aguardando o momento de colheita da cana-de-açúcar.

No Brasil, o armazenamento de etanol está presente em tanques de usinas e tanques de bases de distribuição de combustíveis. Os tanques presentes nas unidades produtoras têm o objetivo da formação de estoque para entressafra, a fim de manter o abastecimento e criar oportunidades de mercado. Enquanto, os tanques de bases de distribuição visam a consolidação do produto e apoio no fornecimento ao mercado, visto sua maior influência para a distribuição do etanol (MILANEZ *et al.*, 2010).

## 3.4 MELHORIA CONTÍNUA

A melhoria contínua pode ser definida como um processo que envolve toda uma organização visando um amplo processo de inovação. Trata-se de uma ferramenta essencial para a manutenção das empresas, visto que propõe mudanças positivas que serão mantidas e vistas como referência (FURUKITA, 2017). Segundo Gonzales e Martins (2007), a melhoria contínua, de forma estruturada ou não, deve proporcionar mudanças rápidas, a fim de torná-la flexível em cenários desafiadores e inesperados. No entanto, para uma melhoria ser sustentável e durável, um controle de parâmetros e processo mais aprofundado é requerido, sendo assim possível compilar e estudar possíveis causas para controle de um problema.

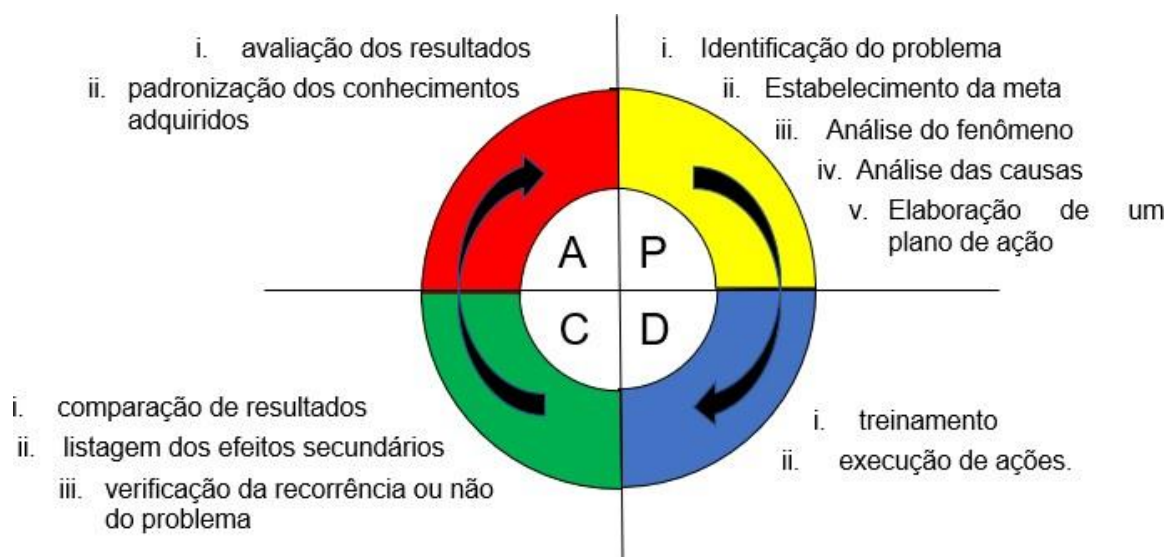
Muitas empresas estão utilizando os conceitos de melhoria contínua para propor continuamente inovações ao ambiente interno (CAFFYN, 1999). Dentro desses conceitos, existem inúmeras ferramentas que as empresas utilizam para melhoria de seus processos como:

- Diagrama de Ishikawa: Em que tudo que pode interferir no processo é listado para análise;
- Matriz de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT): Ferramenta de gestão que visa organizar as atividades com base no que é mais importante no momento;
- Análise de Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (FOFA): Ajuda a identificar pontos fortes e fracos da empresa diante das oportunidades e ameaças do mercado;
- Ciclo de Planejamento, Execução, Verificação e Ação (PDCA) que tem sido aderido por grandes empresas, que consiste em quatro etapas que ajudam a perceber e solucionar problemas que passam despercebidos (OMIE, 2022).

#### 3.4.1 Ciclo PDCA

Segundo Quinquilo (2002), o Ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo da Qualidade ou Ciclo de Deming, é uma metodologia que auxilia o diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais. Essa metodologia permite a empresa identificar e tratar uma situação-problema, por meio de quatro etapas distintas (Figura 14): Planejamento (*Plan*), Execução de tratativas (*Do*), Verificação de resultados (*Check*) e Ação para que o problema não volte a se repetir (*Action*). Onde, ao final do ciclo, o sistema produtivo, ou situação estudada, passa para um patamar superior de qualidade, e, assim, gerando um exemplo de melhoria contínua (TUBINO, 2009). As etapas que compõem o ciclo são descritas a seguir, na Figura 14.

**Figura 14 – Ciclo PDCA e suas etapas**



Fonte: Adaptado de Campos (2004), Melo e Caramori (2001) e (DE MATOS, 2022).

#### 3.4.1.1 Etapa de planejamento

O ciclo PDCA se inicia com a etapa de planejamento, que é de extrema importância para o projeto visto que as outras etapas vão depender da qualidade e aprofundamento de dados e informações levantadas (ANDRADE, 2003). De acordo com Campos (2004), as seguintes informações devem ser levantadas:

- i. Identificação do problema;
- ii. Estabelecimento da meta;
- iii. Análise do fenômeno;
- iv. Análise das causas;
- v. Elaboração de um plano de ação.

A identificação do problema pode ser definida como um resultado não esperado e indesejado do processo, ressaltando de forma clara a importância desse problema e sua resolução para a organização. Nesse estudo de problema deve ser verificado se a situação a ser estudada é relevante e crítica para a

empresa, destacando sua importância e seu possível retorno (Moura, 1997).

Na etapa de estabelecimento da meta do projeto, as organizações devem determinar seus objetivos e como alcançá-los de maneira inteligente. Segundo Lima (2022), uma meta deve seguir o conceito SMART, vinda do inglês inteligente, e cada uma de suas letras elenca uma definição:

- **Specific** (Específica): deve ser clara e de fácil entendimento para todos os colaboradores;
- **Measurable** (Mensurável): precisa ser medida, ou seja, deve haver a possibilidade de medição dos resultados e acompanhamento da meta;
- **Achievable** (Atingível): precisa ser viável e alcançável, somada com capacidade de motivação dos colaboradores;
- **Realistic** (Relevante): deve fazer sentido para a realidade e ter um impacto direto na organização;
- **Time based** (Temporal) – a meta precisa ter um prazo para abranger o início e o término do projeto para que ela seja cumprida.

Identificado o problema e estabelecida a meta, o projeto chega à fase de análise do fenômeno, que visa o levantamento de dados e identificação das características necessárias para a resolução do problema. Entretanto, o histórico do problema deve ser levantado por meio de relatos e dados de uma forma que seja possível observar e estudá-lo de maneira detalhada e subdividida (SOUZA, 1997). Aguiar (2002), ressalta que as causas geradoras do problema não devem ser procuradas antes de uma completa análise, a fim de evitar retrabalho na tomada de decisão.

A etapa da análise de causas busca encontrar a causa raiz do problema. Para isso, um entendimento do problema deve ser realizado com o intuito de entender suas características. Esse trabalho precisa ser baseado no histórico do problema, ou seja, por meio da análise de dados e fenômenos, realizada anteriormente, e por meio de relatos de pessoas envolvidas no processo que podem ajudar no levantamento de causas. Após essa identificação de causas envolvidas, um plano de ação pode ser formulado com base na relação

entre o processo, suas deficiências e o problema estudado (FALCONI, 2004).

Furukita (2017) ressalta que as ações elencadas, no plano de ação, devem agir na raiz do problema estudado para que ele não volte a acontecer, e não como uma medida paliativa para reduzir danos imediatos. Essa etapa deve ser acompanhada de perto, uma vez que a resolução de um problema pode vir a causar outro e, desta maneira, as medidas priorizadas necessitam ser implementadas. Outro ponto de atenção é sobre as informações ali descritas, o que deve ser feito, quem serão os responsáveis e os prazos estabelecidos são de extrema importância. Além disso, as ações do plano de ação devem ser formuladas com estratégia visando a solução do problema e, com isso, devem ser inclusivas e viáveis (DE MATOS, 2022).

#### *3.4.1.2 Etapa de Execução*

A segunda etapa do ciclo PDCA, etapa de execução, iniciada logo após a estruturação do plano de ação realizado pela equipe do projeto, seguirá com a execução de ações que visam atuar nas causas do problema. De acordo com Campos (2004), duas etapas devem ocorrer: (i) treinamento e (ii) execução de ações. Na etapa do treinamento, os colaboradores envolvidos, direta ou indiretamente, devem estar cientes das tarefas elencadas, o propósito de cada ação e quem serão os responsáveis por cada execução. Após essa etapa, os participantes do projeto seguem para a realização do plano de ação elaborado, onde devem acompanhadas periodicamente e realizado o levantamento de dados para servir de insumo para a próxima etapa do projeto.

#### *3.4.1.3 Etapa de Verificação*

Conforme Rodrigues *et al.* (2017), na fase da verificação, ocorre a verificação dos dados sobre a eficiência definidas e executadas, por meio do plano de ação, serão analisados e comparados com o estado desejável, de acordo com a meta estipulada. É de extrema importância, para a etapa de

verificação, que as ações definidas tenham sido monitoradas e direcionadas de maneira adequada para o time. Isso objetiva o acompanhamento dos resultados e que todos os participantes estejam com as mesmas informações de andamento (NASCIMENTO, 2011).

Para uma análise mais adequada de dados e resultados, Melo e Caramori (2001) recomendam três etapas: (i) comparação de resultados, que irá comparar os dados antes e depois da realização de ações; (ii) listagem dos efeitos secundários, verificando se as ações realizadas podem gerar efeitos negativos ou positivos para a organização; e (iii) a verificação da recorrência ou não do problema, a fim da equipe se certificar se ações executadas surtiram efeito e resolveram o problema.

Caso ao final da etapa 3, a meta não seja alcançada e o problema sanado, entende-se que a definição das ações não surgiu o efeito esperado para a solução. Dessa maneira, o ciclo PDCA deverá ser reiniciado desde a análise do processo, a fim do problema e do plano de ação ser reavaliado, para um novo projeto de melhoria contínua com a obtenção de novos dados e análises (ZOIA, 2018). Fukurita (2017) ressalta que o reinício do projeto não deve ser interpretado como motivo para jogar fora todo o conhecimento gerado. Esse momento deve ser encarado como aprendizado e uma nova oportunidade da resolução de um problema pertinente para a organização.

#### *3.4.1.4 Etapa de Ação*

Chegada à etapa de ação, quarta e última, é hora do fechamento do ciclo por meio da avaliação dos resultados e padronização dos conhecimentos adquiridos, dessa forma a solução do problema fica disponível para todos os colaboradores da equipe e se mantém para que não volte a acontecer (DE MATOS, 2022).

De acordo com Silva (2014), quando um projeto de ciclo PDCA se encerra com sucesso, a eficácia do plano de ação para o alcance da meta deve passar pelo processo de padronização. Assim, as ações executadas irão garantir que as melhorias obtidas no processo não sejam perdidas e que essa

nova forma de trabalho se torne o padrão na empresa.

Ainda, Melo e Caramori (2001) ressaltam a importância da criação ou alteração de padrão existente e, para que isso seja realizado com sucesso, o treinamento da equipe de operação deverá ser renovado e aplicado para a nova execução de ações. Com isso, deverá ser realizado um acompanhamento do processo e colaboradores até a consolidação de novas atividades e entendimento dessa nova rotina.

### 3.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Segundo De Matos (2022), por mais robusta que seja a metodologia do ciclo PDCA, ela precisa ser embasada por ferramentas que viabilizem a sua operacionalização de forma assertiva. Junto com o estudo para resolução do problema, o decorrer do projeto gera um grande volume de dados para atrair reflexões condizentes e, para saber administrar isso, existem as ferramentas da qualidade. Elas atuam de forma sistemática na coleta e no processamento de informações (ZOIA, 2018). A seguir, serão abordadas as ferramentas da qualidade, *Brainstorm* e Diagrama de Ishikawa, que foram utilizadas neste trabalho.

#### 3.5.1 *Brainstorm*

O *Brainstorm*, do inglês “chuva de ideias”, é uma metodologia que consiste na análise de causas de uma forma ativa, com um grupo de trabalho expondo e recebendo ideias de todos de uma forma clara e participativa (GODOY, 2001). A reunião, com objetivo de colocar a ferramenta em prática, pode ser conduzida de duas maneiras principais: 1ª) é o *Brainstorm* estruturado, que é realizado em rodadas, com todos tendo a oportunidade de expor ideias; e 2ª) maneira é o *Brainstorm* não estruturado, onde os participantes podem propor suas ideias, entretanto pessoas mais extrovertidas tem a tendência de dominar a discussão.

Essa ferramenta da qualidade tem o objetivo de reunir o máximo de ideias possíveis de seus participantes, logo nenhum argumento deve ser descartado ou pré-julgado nessa reunião. Essa discussão e argumentação de ideias ficará a cargo de uma outra ferramenta da qualidade, o Diagrama de Ishikawa, que irá agrupar todas as ideias levantadas (SANTOS; PEREIRA; OKANO, 2012).

### 3.5.2 Diagrama de Ishikawa

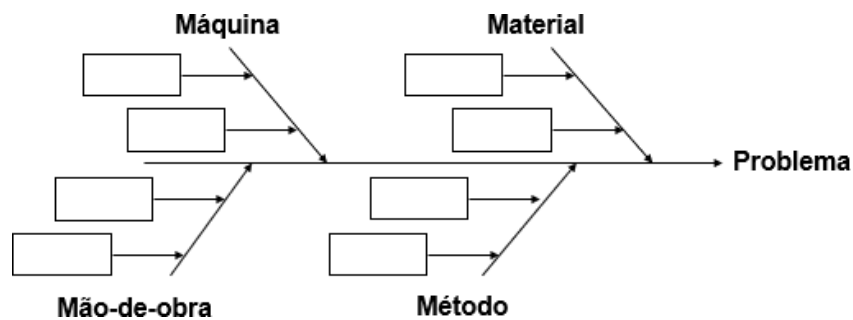
O Diagrama de Ishikawa, conhecido também como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, em 1943 (ALVAREZ, 2007). Essa ferramenta da qualidade tem o objetivo de organizar as ideias e raciocínios, levantados na etapa do *brainstorm*, para a identificação das causas raízes do problema. Segundo Coutinho (2020), as causas dos problemas podem ser classificadas em seis tipos no Diagrama de Ishikawa: máquina, material, mão-de-obra, meio ambiente, medida e método. Entretanto, a ferramenta nem sempre utiliza todos os seis tipos para o levantamento das possíveis causas de um efeito e sua aplicação de acordo com o objetivo do projeto. Para esse estudo, o Diagrama de Ishikawa será analisado em somente quatro causas: máquina, material, mão-de-obra e método.

Essas causas irão dar forma ao Diagrama de Ishikawa (Figura 15), ainda segundo Coutinho (2020), têm os seguintes conceitos:

1. Máquina: nessa análise de causa, o comportamento e funcionamento dos equipamentos, relevantes no estudo, devem ser observados. Essa verificação é importante pois muitos problemas são consequências de falhas de equipamentos e máquina;
2. Material: aqui, a causa do problema pode estar relacionada ao uso da matéria-prima no processo. Dessa forma, o método incentiva a análise de situações em que o material do processo pode vir a estar fora das especificações ou em quantidade incorreta;

3. Mão-de-obra: nessa ferramenta, a mão-de-obra está interligada com as atitudes dos colaboradores durante a execução de atividades do setor. Alguns problemas podem surgir e podem ser relacionados com a pressa no momento da tarefa, falta de qualificação ou imprudência;
4. Método: na análise dessa causa, o Diagrama de Ishikawa observará os procedimentos e métodos adotados pela empresa durante as atividades.

**Figura 15 - Diagrama de Ishikawa**



Fonte: Adaptado Coutinho, 2020.

## 4 METODOLOGIA

A produção industrial precisa que seus indicadores reais de processo estejam condizentes com suas metas. Estes indicadores além do alinhamento as métricas do processo de produção de etanol, como um todo, podem impactar na bonificação dos funcionários. A seguir, é apresentada a descrição da metodologia utilizada neste trabalho.

### 4.1 CICLO PDCA E FERRAMENTAS DA QUALIDADE

O estudo foi realizado em uma indústria sucroalcooleira localizada no estado do Mato Grosso do Sul, durante o desenvolvimento de atividades relacionadas ao estágio obrigatório, para o levantamento dos principais indicadores que afetam a performance industrial. Foi executado, por meio do ciclo PDCA, em quatro etapas: 1) planejamento do estudo, 2) realização de ações, 3) verificação de resultados e 4) ações para padronização do trabalho. Para que a identificação dos indicadores, utilizou-se o auxílio das ferramentas da qualidade: *Brainstorm*, Diagrama de Ishikawa e plano de ação. O Quadro 02 apresenta a descrição das atividades desenvolvidas em cada etapa.

#### 4.1.1 Etapa De Planejamento

As informações foram levantadas conforme Campos (2004): i) identificação do problema; ii) estabelecimento da meta; iii) análise do fenômeno; iv) análise das causas e elaboração de um plano de ação.

Na etapa de identificação do problema, foi realizado o levantamento de informações referente as principais metas e indicadores reais de processo para a indústria, por meio de pesquisa no software de gerenciamento de dados da empresa, o Sistema SAP® (Sistemas, Aplicativos Produtos para Processamento de Dados), em que os dados de processo gerados são

computados e armazenados.

**Quadro 2** - Descrição e período das atividades desenvolvidas

Etapas		Principais Atividades
Planejamento	Identificação do problema	– Levantamento de informações referentes ao mês de julho de 2023.
	Estabelecimento da meta	– Reuniões com gestão e operação do setor para estabelecimento da meta.
	Análise do fenômeno	– Levantamento de histórico, do indicador identificado, para verificação se ele também apresentou baixa aderência nas safras de 2020 a 2022; – Utilização das ferramentas da qualidade, <i>Brainstorm</i> e Diagrama de Ishikawa, nas reuniões da gestão e operação da área.
	Análise das causas e elaboração de um plano de ação	– Elaborado um plano de ação abrangendo todas as causas raízes levantadas.
Execução		– Execução das ações levantadas na etapa de planejamento.
Verificação		– Levantamento de dados com relação as ações realizadas.
Ação		– Padronização dos documentos elaborados.

Fonte: Autora, 2023.

Os critérios de pesquisa, utilizados no Sistema SAP®, para identificação dos indicadores relevantes, consideraram aqueles que podem impactar na qualidade do processo produtivo e na bonificação dos funcionários caso estejam fora da meta de parâmetros de operação. Neste caso, por exemplo, foram:

- i. Percentual de acidez nas dornas: diretamente relacionado ao ácido lático produzido por bactérias em possíveis infecções no meio fermentado;
- ii. Concentração de levedo na centrífuga de vinho: diretamente relacionado a retirada de levedo da solução de vinho levedurado na centrífuga de vinho;
- iii. Pol da torta: relacionado a perda de açúcar no resíduo do tratamento de caldo;
- iv. Embebição da moenda com base na porcentagem de fibra na cana: essa meta se relaciona com a performance da

extração do caldo da cana e na utilização de vapor dentro da indústria.

Ao final da análise da situação crítica, um dos parâmetros operacionais foi identificado como “problema” por que ele apresentar a menor aderência em relação a meta da empresa, comparado aos outros, no mês de julho/2023. Para essa etapa, o desvio padrão de cada indicador foi considerado, sendo utilizada a equação 03, para avaliar as distâncias dos valores em relação à média mensal e, assim, verificar a confiabilidade do valor encontrado (PAES, 2008).

$$\sigma = \frac{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2}}{N} \quad (03)$$

onde:

$\sigma$  = desvio padrão;

$x_i$  = valores individuais da amostra;

$\bar{x}$  = média dos valores da amostra;

$N$  = tamanho da amostra.

Na etapa seguinte foi o estabelecimento da meta do projeto, que neste caso, era identificar as causas raízes que poderiam refletir na baixa aderência dos indicadores às métricas. Ademais, resolver o problema com a implementação da meta *SMART*.

Após a identificação do problema e da meta, o projeto chegou à fase de análise do fenômeno. Para isso foi realizado o levantamento do histórico de parâmetro de processo e análise dos dados referente as três últimas safras (2020 a 2022). Ainda nesta etapa, foram utilizadas as ferramentas da qualidade: *Brainstorm* e o Diagrama de Ishikawa, para estudar o problema de forma detalhada. O *Brainstorm* foi essencial nos debates com as equipes de gestores do setor, para entender e elaborar o plano de ação para o problema. E o Diagrama de Ishikawa possibilitou encontrar as causas raízes do problema, por meio da pergunta “por quê?” com o auxílio dos 4 M’s: método, máquina, mão-de-obra e

material. Esta ferramenta foi utilizada nas reuniões para entendimento de cada causa.

Na quarta etapa, foi realizada a análise de causas a partir das informações obtidas pelas ferramentas de qualidade. Após a identificação das causas envolvidas, foi elaborado o plano de ação, para propor soluções para o problema.

#### 4.1.2 Etapa De Execução

A etapa de execução, foi iniciada após a estruturação do plano de ação para a solução do problema em relação ao indicador com menor aderência no mês de julho/2023, identificado na etapa anterior. Para a execução das ações, houve o auxílio dos colaboradores do meio operacional e da gestão do setor.

Conforme Campos (2004), as ações contemplaram: elaboração de documentos, relacionados a padronização de atividades operacionais e controle de anotações, realização de treinamentos dos gestores e operadores diretamente envolvidos, e a compra de equipamentos para auxílio operacional.

#### 4.1.3 Etapa De Verificação

No momento da elaboração do plano de ação, cada ação elencada visava a solução do problema estudado. A etapa de verificação teve o papel de validar após as ações serem executadas e constatar se as ações atingiram a meta ou não.

A verificação dos parâmetros operacionais após as ações foi realizada por meio de levantamento de dados, dos meses de agosto, setembro e outubro de 2023, resultados oriundos do sistema de SAP®, bem como o desvio padrão da média de cada mês.

#### 4.1.4 Etapa De Ação

Nesta última etapa do ciclo PDCA, as ações implementadas para resolver o problema foram padronizadas, visando assegurar a conformidade deste indicador com os objetivos da empresa e prevenir futuras ocorrências no processo, conforme Melo e Caramori (2001) e Silva (2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões referentes ao processo de implementação do ciclo PDCA na indústria sucroalcooleira estudada.

### 5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO CICLO PDCA

Os resultados obtidos, em cada etapa do ciclo PDCA, são apresentados a seguir, considerando a ordem das etapas de: planejamento, identificação do problema, estabelecimento da meta e análise do fenômeno, análise das causas e elaboração de um plano de ação, execução, verificação e ação.

#### 5.1.1 Etapa De Planejamento

Os resultados obtidos na etapa de planejamento, para: i) identificar o problema; ii) estabelecer metas; iii) identificar as causas raiz e conduzir uma análise de causas e, iv) desenvolver um plano de ação abrangente para execução na próxima fase do ciclo; são apresentados a seguir.

##### *5.1.1.1 Identificação do problema*

Para identificação dos indicadores que podem impactar na qualidade do processo produtivo e na bonificação dos funcionários, caso estejam fora da meta de parâmetros de operação, foi realizado um levantamento prévio, no Sistema SAP®, para o mês de julho de 2023. A Tabela 01 apresenta os indicadores identificados, a meta que precisa ser atingida em cada parâmetro operacional (indicador), média dos valores no período estudado (28 dias de

operação), desvio padrão em relação à média e o período de aderência dos dados.

Dentre os quatro indicadores identificados, verificou-se que o parâmetro operacional “concentração de levedo na centrífuga de vinho” esteve somente dois dias aderente à meta (>67%), dentro do período de 28 dias, sendo sua média mensal 62,94% e desvio padrão de  $\pm 3,76$ . O parâmetro “Pol da torta”, cuja meta (< 2,15%) apresentou três dias de conformidade e média mensal de 2,73% e desvio padrão de  $\pm 0,54$ ; “embebição da moenda com base na porcentagem de fibra da cana” permaneceu 21 dias aderente a meta (200-230%) com média operacional de 206,93% e desvio padrão de  $\pm 13,4$ , e  $\Delta$ acidez com média operacional de 0,88% e desvio padrão de  $\pm 0,28$ , perdeu 24 dias em conformidade com a meta (< 1,20%).

**Tabela 01** - Aderência do parâmetro operacional à meta no mês de julho de 2023

Indicador	Meta do parâmetro operacional (%)	Média do parâmetro operacional (%)	Desvio padrão (%)	Período aderente (dias)
Concentração de levedo na centrífuga de vinho	> 67,00	62,94	$\pm 3,76$	2
$\Delta$ acidez (acidez dornas – acidez mosto)	< 1,20	0,88	$\pm 0,28$	24
Embebição da moenda com base na porcentagem de fibra na cana	200 – 230	206,93	$\pm 13,4$	21
Pol da torta	< 2,15	2,73	$\pm 0,54$	3

Fonte: Autora, 2024.

Portanto, em termos do período de aderência à meta apresentadas pelos indicadores, tem-se a classificação de aderência (parâmetro mais aderente para o menos aderente, para os 28 dias): 1º)  $\Delta$ acidez; 2º) Embebição da moenda com base na porcentagem de fibra na cana; 3º) Pol da torta e 4º) Concentração de levedo na centrífuga de vinho. A partir desta classificação, a concentração de leveduras na centrífuga de vinho, foi identificada como o indicador com pior desempenho em comparação aos demais indicadores e conseqüentemente, o problema a ser estudado.

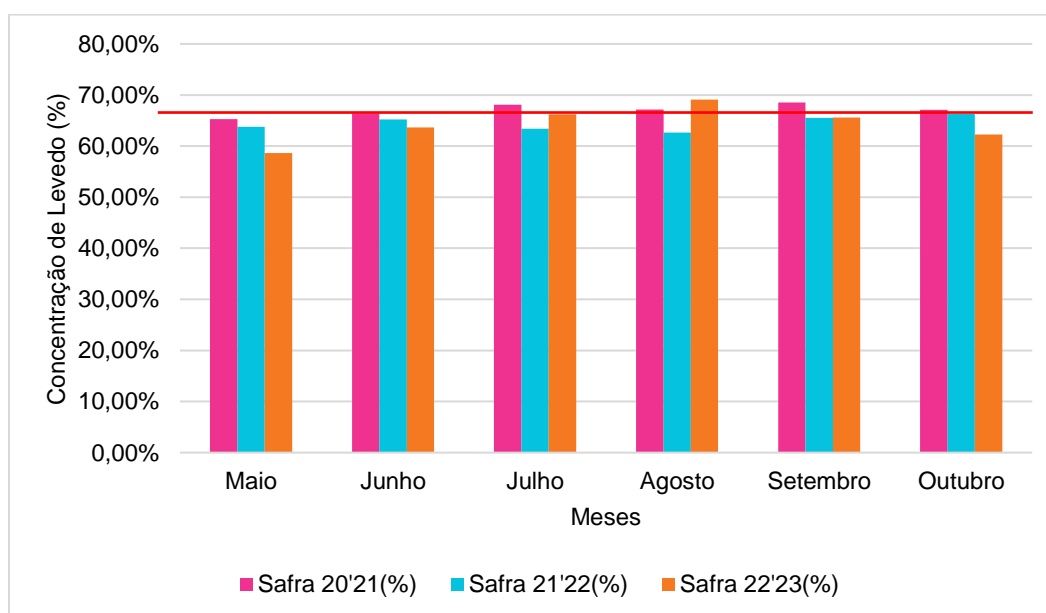
### 5.1.1.2 Estabelecimento da meta e análise do fenômeno

O estabelecimento da meta aconteceu após identificação da concentração de leveduras na centrífuga de vinho, como problema. Para a sua resolução foi realizada a identificação das causas raízes referentes a baixa concentração de levedo na centrífuga de vinho, durante a safra 23'24, em reunião conjunta da gestão e operação do setor e com o auxílio da ferramenta da qualidade *brainstorm*.

Além da análise da baixa aderência do indicador “concentração de levedo na centrífuga de vinho” em relação à sua meta, no mês de julho de 2023, também foi verificado que os valores apresentados por este indicador entre as safras dos anos 20'21a 22'23, apresentaram baixa aderência.

O Gráfico 1 apresenta o histórico das médias mensais de concentração de levedo na centrífuga de vinho durante o período de maio a outubro das safras dos anos 20'21 a 22'23. Observa-se que dos 18 picos de média do indicador, entre os meses de maio e outubro, somente 5 picos mantiveram-se com concentração superior a 67%, sendo eles os meses compreendidos entre julho e outubro de 2020 e agosto de 2023.

**Gráfico 1** - Histórico da média mensal e desvio padrão da concentração de levedo na centrífuga de vinhos nos meses de maio a outubro nos anos 2020, 2021 e 2022



Fonte: Autora, 2024.

Em complemento ao Gráfico 1, tem-se a Tabela 2 que traz a média da concentração de levedo, na centrífuga de vinho, em cada mês e seu respectivo desvio padrão apresentado.

**Tabela 2** - Média mensal da concentração de levedo na centrífuga de vinho e seu desvio padrão nos meses de maio a outubro nos anos de 2020 a 2022

Média Mensal	Ano de 2020 (%)	Desvio Padrão (%)	Ano de 2021 (%)	Desvio Padrão (%)	Ano de 2022 (%)	Desvio Padrão (%)
Maio	65,30	±6,68	63,77	±7,74	58,61	±10,39
Junho	66,39	±6,12	65,21	±5,00	63,66	±6,25
Julho	68,08	±3,67	63,42	±5,18	66,19	±4,96
Agosto	67,13	±3,79	62,62	±5,40	69,11	±4,05
Setembro	68,56	±3,41	65,54	±4,05	65,58	±8,80
Outubro	67,11	±4,74	66,26	±4,08	62,25	±5,54

Fonte: Autora, 2024.

A análise do fenômeno foi realizada em uma reunião, para discutir as possíveis causas do problema. Foram usadas as ferramentas *Brainstorm* e o Diagrama de Ishikawa em conjunto com os 4 M's, seu resultado é apresentado na Figura 16 que exhibe as causas elencadas (em preto) e as causas raízes (em vermelho) para a baixa concentração de levedo na centrífuga de vinho, que possuía recorrência ao longo de alguns anos.

Para a causa raiz “Método” foram identificadas duas causas raízes: 1ª) a falta da centrífuga de bancada em campo e 2ª) falta de caderno de anotações para operadores de centrífuga. A causa raiz relacionada a falta de centrífuga de bancada em campo vem do baixo monitoramento da concentração de levedo na centrífuga de vinho, que ocorre devido à falta de análises horárias da concentração pelo operador da centrífuga. A análise disso, considerou que o problema decorria da falta de uma centrífuga de bancada, próxima às centrífugas do processo, para que o operador realizasse a análise de concentração de levedo. Assim, sem o monitoramento regular, a cada 2 horas do creme levedurado, da concentração de levedo, na centrífuga de vinho, o operador de centrífuga não tinha o respaldo e o entendimento rápido de quando era necessário atuar para que a centrífuga de vinho voltasse a operação dentro da métrica estabelecida (concentração superior a 67%).

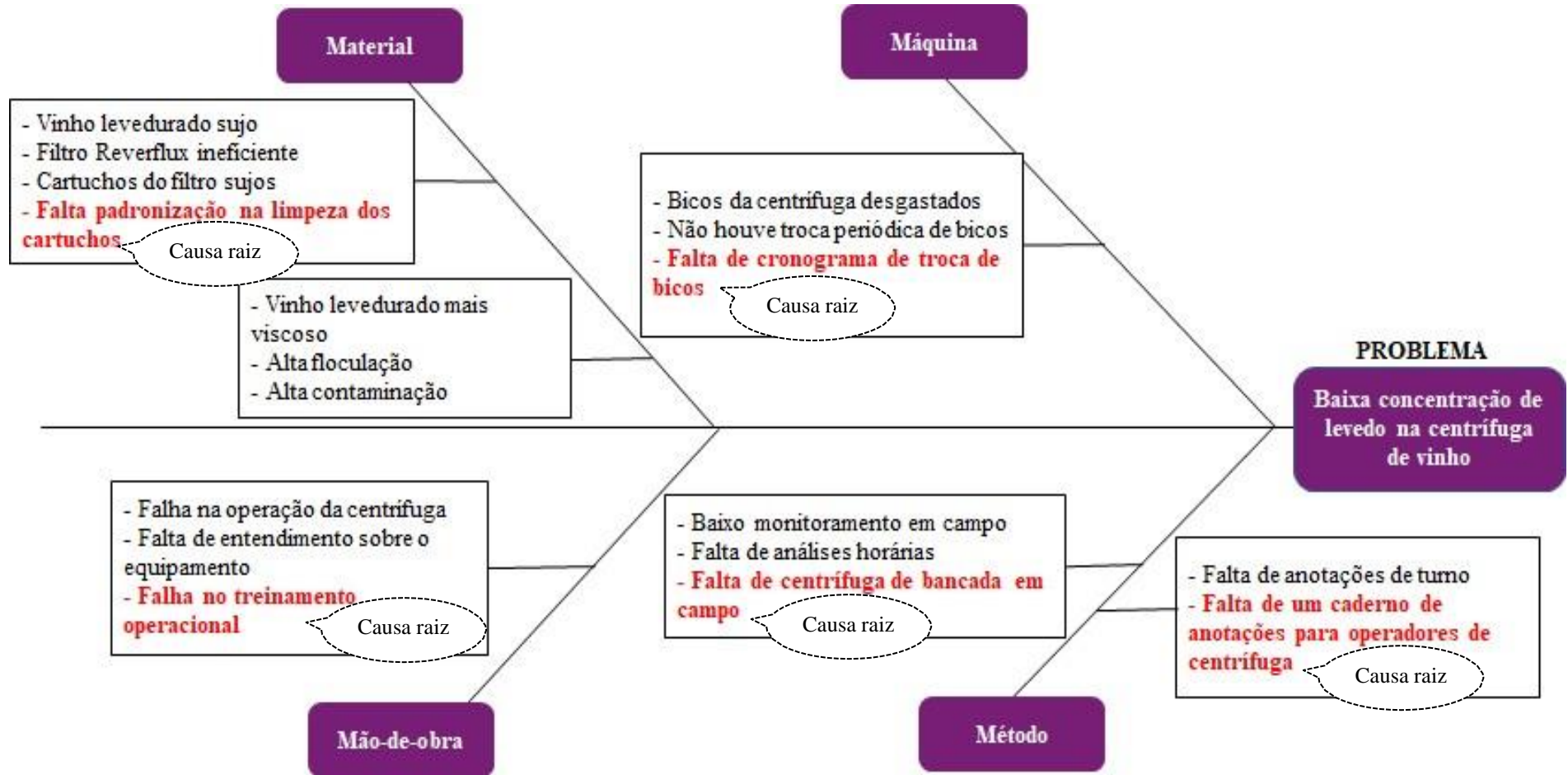
E a falta de um caderno de anotações para operadores de centrífuga vem da falta de anotações e comunicação entre os operadores responsáveis pela operação e limpeza das centrífugas de vinho, evidenciando o problema de ausência de registro. Como a unidade industrial trabalha em três escalas de turno, de 07h20 horas, sendo 1º turno das 7h às 15h20; 2º turno das 15h às 23h20; e 3º turno das 23h às 07h20. Os operadores de centrífuga não tinham o registro sobre o que aconteceu no turno anterior, e nem informações importantes como: quantas centrífugas e quais centrífugas foram lavadas. Por isso, a falta de um caderno de anotações para os operadores de centrífuga, por turno de trabalho, foi identificada como uma das causas para a baixa concentração de levedo, na centrífuga de vinho.

Em relação à “Mão-de-obra”, uma causa levantada, durante a reunião, foi a possibilidade da falha de operação da centrífuga de vinho durante o processo por parte do operador. Isto provavelmente foi resultado de falha no treinamento operacional, pois ocorreu falta de entendimento sobre o equipamento e como ele opera. Este aspecto gera um ponto de atenção perante os outros equipamentos, o que pode ocasionar em problemas operacionais futuros e para os novos colaboradores na questão de melhoria do momento e didática apresentada durante o treinamento.

Quanto ao “Material”, o grupo levantou duas possíveis causas principais: 1ª) vinho levedurado mais viscoso e 2ª) vinho levedurado sujo. A causa raiz, vinho levedurado mais viscoso, pode ser ocasionado por uma alta floculação que é resultado de uma alta contaminação de bactérias no vinho levedurado. Porém essa hipótese foi descartada como uma causa raiz para o problema, pois em dias em que a contaminação estava controlada, o delta acidez, verificado na tabela 1, se manteve dentro da meta esperada e, ainda assim, a concentração de levedo na centrífuga de vinho permanecia abaixo da métrica.

Em relação a causa raiz elencada como vinho levedurado sujo, esse cenário ocasionava o entupimento nos bicos da centrífuga, no momento da centrifugação, impossibilitando a saída das leveduras e gerando uma baixa concentração de levedo. Verificando o caminho do fluido até a chegada nas centrífugas, o vinho levedurado não deveria chegar sujo às centrífugas, uma vez que no caminho há um Filtro Reverflux.

Figura 16 - Diagrama de Ishikawa elencando as causas (preto) e causas raízes (vermelho)



Fonte: Autora, 2024.

O Filtro Reverflux é projetado para remoção de sólidos em suspensão e impurezas presentes no fluido, como resquícios de fibra de cana-de-açúcar, também conhecidos como bagacilhos, areia e partículas metálicas soltas de tubulações ou tanques. Segundo Marfil Engenharia (2013), esse equipamento é construído de inúmeros elementos filtrantes tubulares que retêm partículas de até 400 microns. Além disso, sua limpeza é projetada para ser realizada automaticamente, por meio de retrolavagem, sem a necessidade de parada do filtro.

Logo, a hipótese da atuação ineficiente do sistema de filtração foi levantada, pois aconteceria em virtude de os cartuchos filtrantes estarem sujos. Diante disso, foi verificado que não havia a padronização na limpeza manual dos cartuchos quando a retrolavagem não ocorria de forma eficiente nos cartuchos.

Para o tópico “Máquina”, a causa raiz identificada foi a falta de cronograma de troca de bico das centrífugas de vinho. Essa causa raiz vem da possibilidade de os bicos da centrífuga estarem desgastados, pois não eram trocados periodicamente, na Figura 17 é possível verificar a diferença entre um bico novo e um bico desgastado. Assim, em conjunto foi verificado que não havia um cronograma e padronização sobre a troca de bicos da centrífuga de vinho.

**Figura 17** - Exemplo de um bico de centrífuga novo (à esquerda) e um bico desgastado (à direita)



Fonte: Acervo próprio, 2024.

Após a discussão de todas as causas raiz elencadas, o grupo de trabalho considerou que as causas-raízes da baixa concentração de levedo na centrífuga de vinho, como sendo para a “Mão-de-obra”, a falha no treinamento operacional relacionado a operação da centrífuga de vinho; para o “Método”, a

falta de centrífuga de bancada em campo para a realização de análises horárias por parte do operador, e outra causa raiz foi a falta de caderno de anotações para os operadores de centrífuga de vinho; para a “Máquina”, a falta de cronograma de troca de bicos de centrífuga; e para o “Material”, a falta de padronização na limpeza dos cartuchos do Filtro Reverflux.

#### *5.1.1.3 Análise das causas e elaboração de um plano de ação*

A partir da identificação da causa raiz (Figura 16), foi conduzida uma análise detalhada para desenvolver o plano de ação destinado a abordar a solução desse problema de forma eficaz. O plano de ação, elaborado na primeira quinzena do mês agosto de 2023, para a resolução do problema da baixa concentração de levedo na centrífuga de vinho, e prazo para implementação das ações para cada causa encontrada, é apresentado no Quadro 3.

Observa-se no Quadro 3 que o plano de ação associado a causa raiz encontrada para o “material”, como sendo a falta de padronização do procedimento de limpeza de cartuchos do Filtro Reverflux, foi proposto a elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP), para a limpeza do filtro de vinho levedurado, com o prazo de 30 de agosto de 2023.

Para a causa raiz encontrada pela “Mão de obra”, especificamente falha na execução do procedimento, foi proposta a revisão da didática dos disseminadores de conteúdo, bem como a atualização dos treinamentos operacionais relacionados à operação da centrífuga de vinho. Cabe aos disseminadores de treinamentos operacionais, que são Operadores de Produção nível sênior e Gestores de Operações, a responsabilidade de realizar o treinamento chamado “*TWI - Training Within the Industry*”, que significa “Treinamento dentro da indústria” elaborado pelo time de Aprendizagem e ofertado dentro da plataforma de treinamentos própria da empresa, com o prazo de 15 de setembro de 2023.

O plano de ação do “Método”, para a causa de falta de centrífuga de bancada em campo, foi estabelecida a compra e instalação do equipamento para fins de monitoramento pelo operador do comportamento da máquina durante

o turno de trabalho. Como essa ação envolveu aporte de recursos financeiros, e aprovações de compra, a ação necessitou um prazo para a conclusão maior em relação as demais ações, 01 de abril de 2024.

**Quadro 3** - Plano de ação elaborado na etapa de planejamento

<b>Causa</b>	<b>Plano de ação</b>	<b>Prazo para conclusão</b>
<b>Material:</b> falta de padronização do procedimento de limpeza de cartuchos do filtro Reverflux.	Elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) descrevendo como realizar a limpeza manual do filtro de vinho levedurado.	30/08/2023
<b>Mão-de-obra:</b> falha no treinamento operacional.	Revisão da didática de treinamentos dos disseminadores de conteúdo e atualização dos treinamentos operacionais relacionados a operação da centrífuga de vinho.	15/09/2023
<b>Máquina:</b> falta de cronograma de troca de bicos da centrífuga de vinho.	Criação e padronização de cronograma para troca de bicos da centrífuga de vinho.	30/10/2023
<b>Método:</b> falta de centrífuga de bancada em campo.	Compra e instalação de centrífuga de bancada em campo.	01/04/2024
<b>Método:</b> falta de caderno de anotações para operadores de centrífuga.	Elaboração e padronização de caderno de anotações para operadores de centrífuga de vinho.	25/08/2023

Fonte: Autora, 2024.

Para a falta de caderno de anotações para os operadores de centrífuga, a ação proposta para compor o plano de ação foi a elaboração e padronização de um modelo de caderno para as anotações de turno, bem como deixá-lo disponível para que os colaboradores façam seu uso até o final do mês de agosto.

E a falta de cronograma de troca de bicos de centrífuga de vinho encontrada como causa raiz para “Máquina” teve como ação a criação e padronização de cronograma para troca de bicos de centrífuga de vinho, com o prazo de conclusão em 25 de agosto de 2023.

### 5.1.2 Etapa De Execução

Concluída a proposta do plano de ação para o problema da baixa concentração de levedo na centrífuga de vinho, o trabalho entrou na etapa de

execução do ciclo PDCA, que corresponde a implementação das ações propostas.

O Quadro 4 apresenta o plano de ação, para a solução das causas raízes identificadas conforme estabelecido nas ações propostas, contendo o prazo de conclusão estabelecido e o status de execução. O status foi verificado e atualizado no início do mês de abril 2024, sendo concluída a ação da instalação da centrífuga de bancada com a chegada dela na unidade industrial.

**Quadro 4** - Plano de ação com status de conclusão

<b>Causas</b>	<b>Ação proposta</b>	<b>Prazo de conclusão</b>	<b>Status</b>
<b>Material:</b> Falta de padronização do procedimento de limpeza de cartuchos do Filtro Reverflux.	Elaboração de um procedimento operacional padrão descrevendo como realizar a limpeza do filtro de vinho levedurado	30/08/2023	Concluído
<b>Mão-de-obra:</b> Falha no treinamento operacional.	Revisão da didática dos disseminadores de conteúdo e atualização dos treinamentos operacionais relacionados a operação da centrífuga de vinho	01/09/2023	Concluído
<b>Máquina:</b> Falta de cronograma de troca de bicos da centrífuga de vinho.	Criação e padronização de cronograma para troca de bicos da centrífuga de vinho	30/10/2023	Concluído
<b>Método:</b> Falta de centrífuga debancada em campo.	Compra e instalação de centrífuga debancada em campo	01/04/2024	Concluído
<b>Método:</b> Falta de caderno de anotações para operadores de centrífuga.	Elaboração e padronização de caderno de anotações para operadores de centrífuga de vinho	25/08/2023	Concluído

Fonte: Autora, 2024.

Para a causa raiz “Material”, falta de padronização do procedimento de limpeza de cartuchos do Filtro Reverflux, foi uma ação importante. O prazo foi 30 de agosto e se encontrava como concluído. O documento foi escrito para auxiliar o operador a conhecer o equipamento, quais são os sinais que ele demonstra quando está sujo e como limpá-lo. Para a elaboração do documento, o Gestor de Processos realizou uma pesquisa teórica sobre o funcionamento do equipamento e, com base em suas experiências, detalhou o procedimento de abertura, desmontagem de cartuchos, limpeza, montagem de cartuchos e fechamento do Filtro Reverflux de maneira segura e eficiente (Anexo A).

Para a causa encontrada por “Mão de obra”, assim que o treinamento “TWI” foi concluído, os Gestores puderam colocá-lo em prática por meio da reciclagem de treinamentos operacionais para os operadores de centrífuga de vinho, durante o mês de setembro de 2023. O treinamento “TWI” consiste em quatro etapas: 1) Preparar o aprendiz; 2) Apresentar o trabalho; 3) Fazer o aprendiz executar o trabalho; e 4) Acompanhar o progresso do aprendiz. Essa metodologia traz a premissa de ambientar e apresentar a etapa de trabalho e sua atividade para o aluno, realizar a explicação ativa do procedimento com o passo a passo em campo, e incentivar o aluno a executar aquela atividade para verificar na prática como realizar. Assim, o operador de produção não tem no aprendizado passivo e, sim, um aprendizado ativo visto que ele executa a atividade com o disseminador perto para a retirada de possíveis dúvidas ou intervenções sobre a correta realização da atividade, durante o acompanhamento do progresso.

Para as causas raízes obtidas pela análise do “Método”, o plano de ação da compra e instalação da centrífuga de bancada em campo foi concluído no mês de abril de 2024, após todo o processo de orçamento e compra realizado pela empresa. Para a segunda causa levantada, sobre a falta de caderno de anotações para os operadores de centrífuga, como essa ação é importante e prática de ser realizada, o prazo para ela foi o final do mês de agosto e se encontrava como concluída. Esse caderno é composto de uma pré-conferência da disponibilidade e aparência das centrífugas de vinho, a fim de verificar e tratar alguma não conformidade (Anexo B e Anexo F), um quadro para preenchimento de dados de concentração de centrífuga (Anexo C), anotação de qual máquina foi lavada no turno e o tamanho de bico que se encontra nela, um quadro com perguntas sobre o processo produtivo que incentivam o operador de centrífuga ao questionamento (Anexo D) e uma página dedicada para as anotações de pontos importantes realizados no turno de trabalho separados por turno de trabalho (Anexo E).

A causa raiz relativa à “Máquina” que tratava sobre a falta de cronograma de troca de bicos de centrífuga de vinho, teve como prazo o final do mês de outubro de 2023. Foi necessário um estudo sobre a durabilidade de cada bico, para posteriormente ser elaborado um cronograma padrão para a troca de

bicos da centrífuga de vinho. Para a realização do cronograma da troca de bicos de centrífuga foi necessário um acompanhamento do funcionamento das centrífugas de vinho e levantados cenários que poderiam afetar a vida útil do acessório, como entrada de impureza e entupimento dos bicos.

#### 5.1.4 Etapa De Verificação

Após a implementação e conclusão das ações planejadas, o estudo finalizou etapa de ação e iniciou a etapa da verificação de resultados. Para isso, durante o mês de novembro de 2023, foram analisadas as médias da concentração de levedo na centrífuga de vinho. As informações foram exportadas do Sistema SAP® e analisadas pelo grupo de trabalho e liderança da área. Conforme o Gráfico 2, verificou-se que nos meses agosto a outubro de 2023, o indicador de processo subiu favoravelmente e conseguiu se manter dentro da aderência esperada pela área.

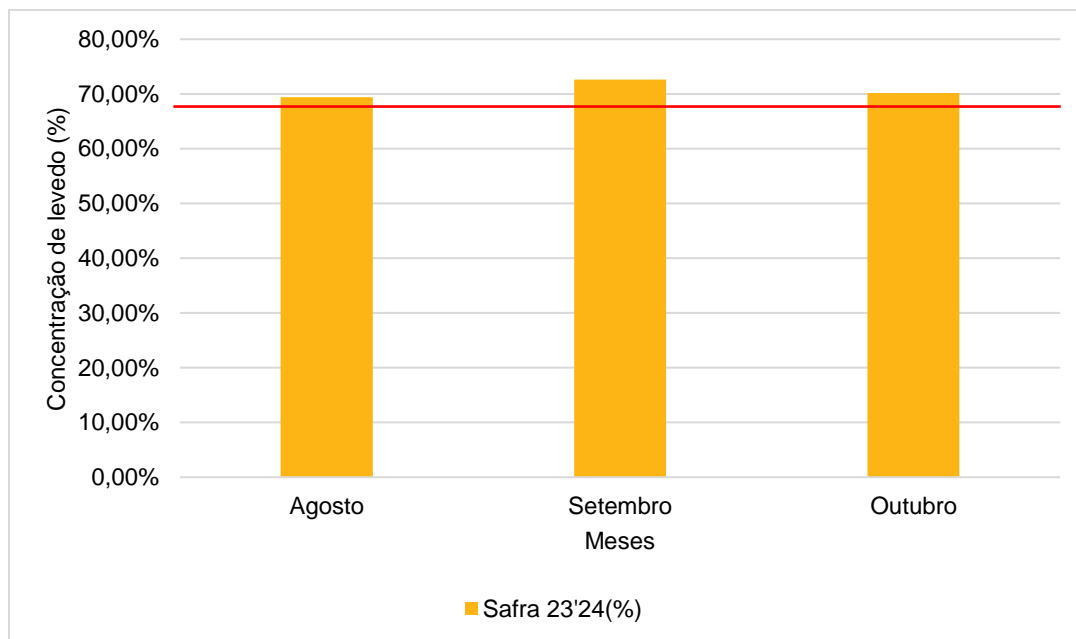
Verificou-se que as ações obtiveram um resultado expressivo na concentração de levedo na centrífuga. No mês de agosto, início do projeto, parâmetro de processo alcançou o número de 69,41% e com desvio padrão de  $\pm 3,40\%$ , um valor aderente a meta  $>67\%$ .

O mês com maior impacto foi setembro, quando o parâmetro de processo alcançou a marca de 72,64% e com desvio padrão de  $\pm 3,53\%$ , demonstrando as influências das ações implementadas do ciclo PDCA, como a reciclagem do treinamento operacional sobre centrífuga de vinho.

Por fim, no mês de outubro, a concentração de levedo se manteve em 70,16% e com desvio padrão de  $\pm 2,57\%$ , uma queda em relação ao mês de setembro, porém ainda é um número conforme e aderente à meta.

Em complemento ao Gráfico 2, tem-se a Tabela 3 que traz a média da concentração de levedo, na centrífuga de vinho, em cada mês e seu respectivo desvio padrão apresentado. Realizando uma comparação dos meses de implementação do ciclo PDCA, agosto a novembro de 2023, com o mesmo período dos anos anteriores, ano de 2020 a 2022, verifica-se que o ano as médias mensais de concentração de centrífuga de vinho foram maiores.

**Gráfico 2** - Média mensal da concentração de levedo na centrífuga de vinho nos meses de agosto a outubro de 2023



Fonte: Autora, 2024.

**Tabela 3** - Média mensal da concentração de levedo na centrífuga de vinho e seu desvio padrão nos meses de agosto a outubro no ano de 2023.

Média Mensal	Ano de 2023	Desvio Padrão
Agosto	69,41%	±3,40%
Setembro	72,64%	±3,53%
Outubro	70,16%	±2,57%

Fonte: Autora, 2024.

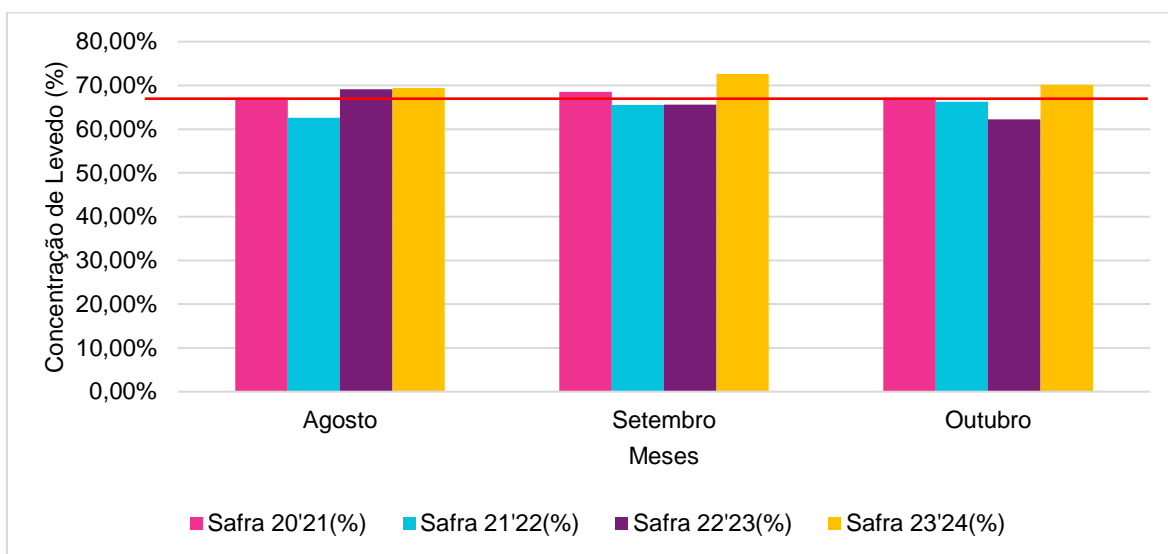
Conforme o Gráfico 3, em agosto de 2022 e 2023, as médias de concentração foram bem próximas com 69,11% e 69,41%, respectivamente. Já em setembro, a concentração de 72,64% se destacou no ano de 2023 perante a maior em 2020, com uma concentração de 68,56%. Por fim, outubro teve o mesmo cenário, com destaque para 2023, com média de concentração de 70,16% enquanto em 2020, a média de concentração ficou em 67,11%.

Em complemento ao Gráfico 3, tem-se a Tabela 4 que traz a média da concentração de levedo, na centrífuga de vinho, em cada mês e seu respectivo desvio padrão apresentado. Observou-se que na safra ano 2023/2024 as concentrações de levedo na centrífuga de vinho foram as maiores e mais aderentes do período. Desta forma, pode-se afirmar que o problema de

indicadores de produção que ocorria nas safras passadas, foi identificado e resolvido.

Após a implementação de todas as ações denotou-se que os valores da concentração da centrífuga aumentaram em aproximadamente 7,22%, saindo de 62,94%, em julho, para 70,16%, em outubro, demonstrando que as ações propostas e implementadas proporcionaram alcançar os efeitos desejados.

**Gráfico 3** – Média mensal da concentração de levedo na centrífuga de vinho dos meses de agosto a outubro nos anos de 2020 a 2023



Fonte: Autora, 2024.

**Tabela 4** - Média mensal da concentração de levedo na centrífuga de vinho e seu desvio padrão nos meses de agosto a outubro nos anos de 2020 a 2023

Média mensal	Ano de 2020 (%)	Desvio padrão (%)	Ano de 2021 (%)	Desvio padrão (%)	Ano de 2022 (%)	Desvio padrão (%)	Ano de 2023 (%)	Desvio padrão (%)
<b>Agosto</b>	67,13	±3,79	62,62	±5,40	69,11	±4,05	69,41	±3,40
<b>Setembro</b>	68,56	±3,41	65,54	±4,05	65,58	±8,80	72,64	±3,53
<b>Outubro</b>	67,11	±4,74	66,26	±4,08	62,25	±5,54	70,16	±2,57

Fonte: Autora, 2024.

#### 5.1.4 Etapa De Ação

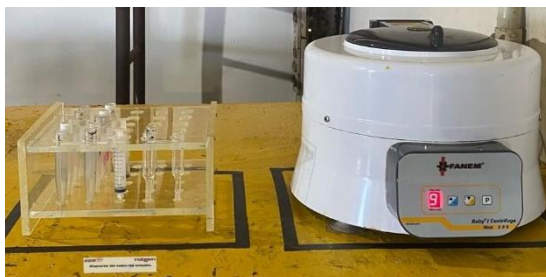
Assim, a etapa de verificação foi finalizada e iniciada a etapa de

ação do ciclo PDCA. Esta etapa pressupõe que as ações de melhoria sejam padronizadas para que a melhoria contínua não se perca e que o problema não volte a se repetir.

Para realizar a padronização, as ações realizadas para o cronograma de troca de bicos da centrífuga de vinho e o procedimento operacional padrão para a limpeza do Filtro Reverflux foram: elaboração do documento, aprovação do documento pela supervisão, gerência, segurança de processos e segurança do trabalho, arquivamento do documento em site próprio da empresa e disponibilização para consulta da operação em campo. Enquanto o “caderno de anotações” para os operadores de centrífuga, o arquivo padrão elaborado foi compartilhado com os gestores de turno e arquivado onde todos tem acesso e possam disponibilizar para a operação quando necessário.

A última ação oriunda do PDCA foi a disponibilização de centrífuga debancada em campo, para monitoramento horário, que estava em processo de compra e chegada na unidade. Após a chegada dela, conforme a Figura 18, o equipamento foi instalado no posto de trabalho e realizado uma orientação com os operadores de centrífuga de vinho sobre como manejá-la, como esse equipamento pode ajudá-los durante o turno de trabalho e o que fazer caso a concentração esteja abaixo do ideal, de forma que esse indicador não volte a ser um gargalo de produção de etanol nas próximas safras.

**Figura 18** - Centrífuga de bancada instalada em campo



Fonte: Autora, 2024.

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo atingiu os objetivos ao utilizar o Ciclo PDCA e ferramentas da qualidade, na análise dos indicadores operacionais da indústria sucroalcooleira.

O problema identificado, relacionado à baixa concentração de creme de levedo na centrífuga de vinho, foi abordado de forma estruturada e eficaz. O estudo diagnosticou tanto questões técnicas quanto operacionais que estavam impactando negativamente esse parâmetro, levando a um incremento significativo na concentração média mensal de levedo.

Com base nesse diagnóstico, foi elaborado e implementado um plano de ação, em colaboração com os gestores e a equipe operacional, o que resultou em melhorias no mês seguinte ao início da intervenção.

Para assegurar a sustentabilidade dos resultados obtidos, foi realizada a padronização das ações por meio da elaboração do POP, cuja implementação pretende evitar a recorrência do problema em safras futuras. Vale ressaltar que o POP não é algo permanente e pode sofrer atualizações para se adaptar com os diversos cenários da operação industrial.

Ademais, ficou evidente que o sucesso na manutenção dos indicadores de desempenho está intrinsecamente ligado à atuação dos operadores de produção, reforçando a importância de sua participação ativa no cumprimento das metas estabelecidas.

Considerando a metodologia utilizada e resultados alcançados, recomenda-se, para trabalhos futuros, a investigação dos impactos da concentração de levedo na centrífuga de vinho sobre a produção de etanol, considerando tanto o aumento da eficiência quanto a redução de custos industriais. Além disso, sugere-se aplicar a metodologia de melhoria contínua para investigar a baixa aderência do percentual de açúcar na torta de filtro, uma vez que este foi identificado como um ponto relevante a ser aprimorado ao longo do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, T. O. Análise comparativa dos processos de produção de etanol anidro. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

AGUIAR, S. Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Seis Sigma. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002. 234p.

ALCARDE, A. R. Extração. Embrapa. 23 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/processamento-da-cana-de-acucar/extracao>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

ALVAREZ, R. R. Métodos de identificação, análise e solução de problemas: uma análise comparativa, Curitiba, 2007.

ANDRADE, F. F. D. O método de melhorias PDCA. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/pt-br.php>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Produção e fornecimento de biocombustíveis. Publicado em: 13 de jul. 2020. Disponível em: .Acesso em: 05 de jan. 2024.

ARAÚJO, A. M. S.; BARBOSA, N. C. C.; PÉRES, M. O. FATORES QUE INFLUENCIAM NA CENTRIFUGAÇÃO: proposição de melhorias no processo de produção do etanol. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Goiás, outubro 2022.

AZEVEDO, M.; MATSUMURA, E. O desafio da descarbonização da matriz energética mundial. EPBR. 3 fev. 2022. Disponível em: <<https://epbr.com.br/o->

desafio-da-descarbonizacao-da-matriz-energetica-mundial-por-emilio-matsumura-e-marina-azevedo/>. Acesso em: 06 jan. 2024.

BENTO, J. A. N.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Biocombustíveis e economia de baixo carbono no Brasil. Brasília, DF: Ipea, jul. 2023. 38 p. (Texto para Discussão, n. 2899).

CAFFYN, S. Development of a continuous improvement self-assessment tool. International Journal of Operations & Production Management, Vol.19, n.11, 1999, p.1138 - 1153.

CAMPOS, V. F. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia. 9ª ed. Nova Lima: INDGTecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARLESSO NETO, O.; VERÍSSIMO, M. P. Expansão da Agricultura Canavieira e a Geração de Energia Alternativa no Brasil. Vol. 5. Nº 1. Julho, 2011.

CASTRO, B. S.; SANTOS, P. M.; SANTOS, S. A.; LIMA, E. A. P. Análise da eficiência do processo de centrifugação de fermento na produção de etanol. In: Encontro de Desenvolvimentos de Processos Agroindustriais, Uberaba, 2020.

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

COUTINHO, T. Entenda o que é e como construir um Diagrama de Ishikawa para identificar problemas. Voitto. 01 out. 2020. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-ishikawa>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

CROPLIFE BRASIL. A cana-de-açúcar e o mercado de energia no Brasil. 17 maio 2023. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/noticias/a-cana-de-acucar-e-o-mercado-de-energia-no-brasil/>>. Acesso em: 06 jan. 2024.

DE ANDRADE, E. T., DE CARVALO, H. S. R. G, DE SOUZA, L. F. Programa do Proálcool e o Etanol no Brasil. ENGEVISTA, V. 11, n. 2. p. 127-136, dezembro 2009.

DE MATOS, S. C. S. Aplicação do ciclo PDCA para redução da perda de estrato na filtração em uma indústria cervejeira. 2022. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

DIAS, M. Simulação do processo de produção de etanol a partir do açúcar e do bagaço, visando a integração do processo e a maximização da produção de energia e excedentes do bagaço. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2023. 2023 Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>>. Acesso em: 06 jan. 2024.

\_\_\_\_\_. Matriz Energética e Elétrica. 2023a. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#:~:text=Enquanto%20a%20matriz%20energ%C3%A9tica%20representa,a%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica.>>>. Acesso em: 05 jan. 2024.

FALCONI, V. Gerenciamento da rotina do Trabalho do dia - a - dia. São Paulo: INDG - Instituto de Desenvolvimento Gerencial, 2004.

FINZER, J. R. D; NUNES, T. S. A importância do tratamento do caldo de cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 11, p.24816 - 24823, nov. 2019.

FONSECA, G. C. Modelagem e simulação de uma destilaria autônoma de produção de etanol de primeira geração (E1G). 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado

em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

FREDO, C. E., CASER, D. V., CAMPAGNUCI, B. C. G. Colheita Mecanizada da Cana-de-açúcar Atinge 95,3% das Áreas Produtivas do Estado de São Paulo na Safra Agrícola 2018/19. Instituto de Economia Agrícola, 2020. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14825>>. Acesso em: 16 mar. 2024.

FURUKITA, A. C. Aplicação do ciclo PDCA para redução do desperdício de embalagens de papelão: estudo de caso em uma indústria alimentícia. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

GODOY, M. H. P. C. Brainstorming. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. Revista USP, n. 72, p. 6-15. São Paulo, 2007.

GONZALEZ, R. V. D.; MARTINS, M. F. Melhoria contínua no ambiente ISO 9001:2000: estudo de caso em duas empresas do setor automobilístico. Revista Produção, v. 17, n. 3, p. 592-603, 2007.

IEA – Energy Statistics Data Browser. 18 ago. 2022. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>>. Acesso em: 05 jan. 2024.

JACOB, A. B.; CAMPOS, R. T. Estudo sobre a viabilidade celular da levedura no processo de fermentação em uma usina de álcool e açúcar. Environmental Science & Technology Innovation, Bauru, v. 1, n.2, p. 108-131, março 2023.

JULIANO. Como garantir a máxima extração de açúcar? NovaCana. 24 jan. 2019.

Disponível em: <<https://www.novacana.com/noticias/como-garantir-a-maxima-extracao-de-acucar>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

LIKER, J. K.; CONVIS, G. L. O modelo Toyota de Liderança LEAN. Como conquistar e manter a excelência pelo desenvolvimento de Lideranças. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LIMA, A. Metas SMART: O que são? Quais as vantagens? Como aplicar na prática? Mereo. 09 dez. 2022. Disponível em:<<https://mereo.com/blog/metas-smart/>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

LIMA, L. R.; MARCONDES, A. A. Álcool Carburante: uma estratégia brasileira. [S.l.]: Ed. UFPR, 2002.

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

LOPES DE MORAES, M.; RUMENOS, M.; BACCHI, P. Etanol. Do início às fases atuais de produção. Revista da Política Agrícola, ano XXIII, nº 4, out./nov./dez., 2014.

MAGALHÃES, P. S. G. Máquinas e implementos. Embrapa. 21 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/maquinas-e-implementos>>. Acesso em: 06 jan. 2024.

MARQUES, T. A.; SERRA, G. E. Estudo da reciclagem de células na produção biológica de etanol. Ciência e Tecnologia de Alimentos, s. l., v. 24, n. 4, p.532 - 535, 2004.

MELO, C. P.; CARAMORI, E. J. PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura – versão 2.0. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento

Gerencial, 2001.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; GARCIA, J. L. F.; XAVIER, C. E. O. Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, BNDES, n. 31, 2010.

MOURA, L. R. Qualidade simplesmente total: uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

MUNDIM, J. U. C. Uso de simulação de eventos discretos para o dimensionamento de frota para colheita e transporte de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2009.

NASCIMENTO, A. F. G. A utilização da metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento da melhoria contínua. São João Del Rey, 2011. Monografia. Faculdade Pitágoras – Núcleo de Pós-Graduação e Instituto Superior de Tecnologia. São João Del Rey, 2011.

NITSCH, M. O programa de biocombustíveis Proálcool no contexto da estratégia energética brasileira. Brazilian Journal of Political Economy, v. 11, p. 274 - 299, 3 nov. 2023.

NOVACANA (2023). Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas. Disponível em: <<https://www.novacana.com/noticias/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar>>. Acesso em: 07 jan. 2024.

OMIE. 8 ferramentas de melhoria contínua para seu negócio. Dezembro, 2022. Disponível em: <<https://blog.omie.com.br/8-ferramentas-de-melhoria-continua-para-seu-negocio/>>. Acessado: 12 de novembro de 2023.

PAES, A. T. Desvio padrão ou erro padrão: qual utilizar? Einstein: Educ Contin Saúde. 2008.

QUINQUIOLO, J. M. Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas, Universidade de Taubaté. Taubaté, 2002. Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2024.

RODRIGUES, A. L. P.; SANTOS, M. S.; SERRA, M. C.; PINHEIRO, E. M. A utilização do ciclo pdca para melhoria da qualidade na manutenção de shuts. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Santa Catarina, v. 9, n. 18, p. 48-70, 2017.

ROSSETTO, R. Planejamento da colheita. Embrapa. 22 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/planejamento-da-colheita>>. Acesso em: 06 jan. 2024.

SANTOS, F. C. Métodos de Monitoramento de Fermentação Alcoólica. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2022.

SANTOS, O. S.; PEREIRA, J. C. S.; OKANO, M. T. A implantação da ferramenta da qualidade MASP para melhoria contínua em uma indústria vidreira. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 15, 2012. Anais ENIAC 2012, São Paulo, SP: FGV, 2012. Acesso em: 26 fev. 2024.

SILVA, A. R. Viabilidade Econômica da Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás gerado em Estação de Tratamento de Efluente Industrial de Cervejarias. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão. 2014.

SOUZA, R. Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte. 1997. 387 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

São Paulo, 1997. Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2024.

THEODORO, G. S. Análise do ciclo de vida do etanol produzido em uma destilaria autônoma. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

TONON FILHO, R. J. Modelagem e simulação em plantas de etanol: uma abordagem técnico-econômica. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

TUBINO, F. D. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2009.

VALENTE, A. C. C.; AIRES, V. M. Gestão de Projetos e Lean construction: uma abordagem prática e integrada. 1. Ed. – Curitiba: Appris, 2017.

VELOSO, I. I. K. Modelagem e otimização da fermentação alcoólica em batelada alimentada a baixa temperatura. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2019.

VIAN, C. E. F. Manutenção e análise de equipamentos. Embrapa. 23 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pos-producao/gestao-industrial/manutencao-e-analise-de-equipamentos>>. Acesso em: 26 fev. 2024.

VIDAL, M. F. PRODUÇÃO E USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, ano 6, nº 184, ago. 2021. <[https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/914/1/2021\\_CDS\\_184.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/914/1/2021_CDS_184.pdf)>.

VILAR, D. Colheita de Cana-de-açúcar. Portal Agriconline. 5 nov. 2021. Disponível em: <<https://agriconline.com.br/portal/artigo/colheita-de-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 06 jan.2024.

VILLAREAL, R. O. Glossário de Termos Técnicos Sucroenergéticos. Consecana Paraná. Maringá, Paraná. 2021. Disponível em:

<<https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2022/01/MODULO-2-Glossario-de-Termos-sucroenergeticos-rev.-01.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2024.

VITORINO, G. T. Controle de qualidade da matéria-prima no laboratório do pagamento decana por teor de sacarose – PCTS. Dissertação (Relatório Final de Estágio) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2013.

WANDERLEY, M. T. A tecnologia da recepção e preparação da cana.

Sucroenergético. 2013. Disponível em:

<<https://sucroenergetico.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/2-tecnologia-da-recepcao-e-preparacao-da-cana>>. Acesso em: 06 jan. 2024.

ZOIA, K. A. P. Ciclo PDCA Aplicado na Manutenção de Sistema de Refrigeração. 2018. 34f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

# ANEXOS

## **ANEXO A – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA A OPERAÇÃO DE LIMPEZA DE FILTROS DE VINHO LEVEDURADO**

O POP apresentado neste anexo, foi adaptado de uma cópia sem controle, que foi desenvolvido e é utilizado pela empresa.

Neste anexo, são apresentadas algumas informações que constam no POP, como EPIs que devem ser utilizados durante todas as etapas do POP, descrição do filtro automático “REVERFLUX”, modelo de fluxo do processo de fermentação (fluxograma), ilustração dos equipamentos e ferramentas utilizados na operação de limpeza dos filtros de vinho leveduram, e indicação das etapas para a limpeza dos cartuchos dos filtros.

### **A.1 EPIs QUE DEVEM SER UTILIZADOS DURANTE TODAS AS ETAPAS DO POP**

Todas as etapas da tarefa precisam ser usados os EPIs e Uniforme

#### **EPIs e Uniformes básicos**

- Calçado de Segurança
- Capacete de Segurança
- Óculos de Segurança
- Protetor auricular
- Uniforme refletivo

#### **EPIs específicos**

Devem ser utilizados em determinadas etapas do POP

- Luva impermeável (PVC / Nitrílica)
- Luva Segurança com resistência mecânica
- Bota de Borracha com biqueira de aço

### **A.2 CONHECENDO OS FILTROS DE VINHO**

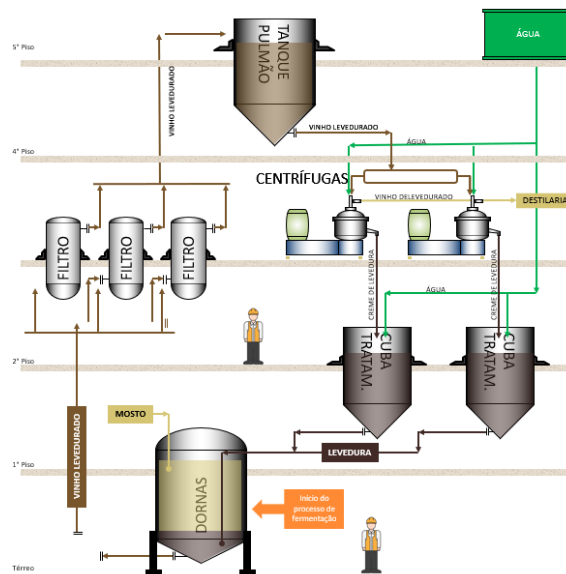
#### **A.2.1 Objetivo: Conhecer O Princípio De Funcionamento Do Equipamento**

1. O filtro automático “REVERFLUX” é uma unidade totalmente automática, projetado para remoção de sólidos em suspensão nos líquidos de baixa viscosidade, em regime de vazão e fluxo e ininterrupto.
2. Sua operação assim como a qualidade de filtragem independe das variações de vazão ou pressão de linha.
3. O filtro é constituído de múltiplos elementos filtrantes tubulares, com capacidade de retenção de qualquer partícula sólida, granulados ou fibrosos, maior que a abertura da malha, no caso 400 (microns).
4. A filtração se processa de dentro para fora dos elementos filtrantes, com a retenção dos contaminantes em seu interior. O processo de limpeza é automático, dispensando paradas ou interrupções do fluxo principal. Baseando-se na operação de bloquear individual e sucessivamente por alguns segundos, previamente programado (e ajustado conforme a necessidades), a entrada de cada elemento filtrante, justapondo o sifão de descarga embaixo do elemento a ser limpadado e abrindo simultaneamente a válvula do dreno.
5. Aproveitando-se da pressão de linha existente no lado externo dos elementos filtrantes, provoca-se nos mesmos a reversão instantânea do fluxo, sendo os detritos anteriores retidos no septo filtrante, expelidos ao dreno num tempo de 3 a 5 segundos, tempo este ajustado de acordo à necessidade, consumindo o mínimo de produto filtrado para retro-lavagem.
6. Devido à grande área de filtragem e passagem livre do líquido pelo equipamento, a perda de carga introduzida na linha na condição de filtro limpo, é extremamente baixa. (desprezível).
7. Durante o processo normal de filtragem, cria-se o aumento progressivo de perda de carga entre a entrada e saída do filtro devido a colmatação da superfície por sólidos retidos, com conseqüente redução da área livre e acréscimo de pressão diferencial entre a entrada e saída.
8. A um nível pré-determinado de perda de carga admissível, no caso 3,5 mca, entre as câmaras de entrada e saída, um sensor eletrônico de pressão



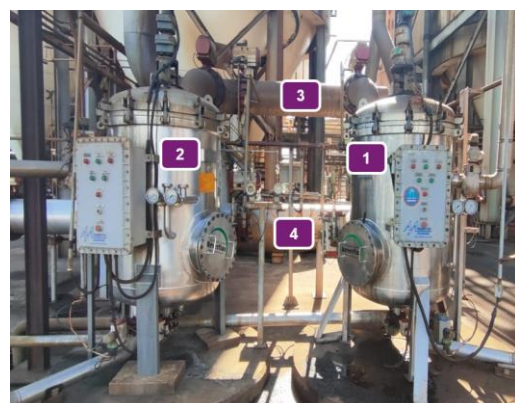
diferencial, (P1) com range de 0,1 à 1,0 atm comanda o processo de contra-lavagem, individual e sequencial de todos os elementos filtrantes, sem interrupção do fluxo principal como acima descrito, repondo o filtro à condição totalmente limpo. O tempo de lavagem completa é de no máximo, aproximadamente 2 minutos

### A.2.2 Conhecendo O Modelo De Fluxo Do Processo De Fermentação

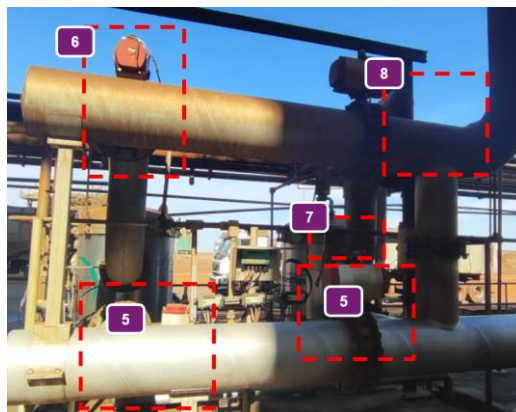


### A.2.3 Objetivo: Conhecer Os Equipamentos E Ferramentas

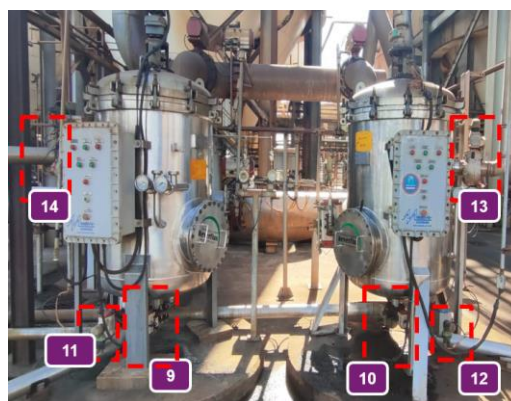
1. Filtro de vinho nº1.
2. Filtro de vinho nº2
3. Tubulação de saída de vinho dos filtros.
4. Tubulação de entrada de vinho dos filtros.



5. Válvula de entrada de vinho filtro 1.
6. Válvula de saída de vinho filtro 1.
7. Válvula de entrada de vinho filtro 2.
8. Válvula de saída de vinho filtro 2.



9. Válvula de dreno retrolavagem Filtro 02.
10. Válvula de dreno retrolavagem Filtro 01
11. Válvula de saída de flegmaça filtro 02
12. Válvula de saída de flegmaça filtro 01
13. Válvula de entrada de flegmaça filtro 01
14. Válvula de entrada de flegmaça filtro 01
15. Válvula de entrada de flegmaça filtro 02



No POP, após a indicação dos equipamentos, foram apresentadas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento da atividade.

#### A.2.4 Objetivo: Operação e Limpeza de Filtros de Vinho Levedurado

As etapas envolvidadas na limpeza dos cartuchos dos filtros são:

- Etapa 1: Parando filtro de vinho para limpeza dos cartuchos
- Etapa 2: Realizar abertura do filtro de vinho
- Etapa 3: Realizar fechamento do filtro de vinho
- Etapa 4: Conferir o momento para limpeza do filtro
- Etapa 5: Limpeza com flegmaça do filtro de vinho

No POP, foi realizada a descrição de cada etapa passo a passo, com as imagens do equipamento e descrição da ação que deverá ser executada.

## ANEXO B – CHECKLIST DAS CENTRÍFUGAS DE VINHO A SER REALIZADO PELO OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO

O Checklist apresentado neste anexo, foi adaptado de uma cópia sem controle do documento que foi desenvolvido e é utilizado pela empresa.

### CHECKLIST - CENTRÍFUGAS DE VINHO

<b>Data</b>	/ /
<b>Documento</b>	
<b>Unidade</b>	



Ação					TURNO (X em caso de Não Conformidade)		
Sistema	Descrição do Componente	Método de Inspeção	Verificar se os Componentes Estão Operando em Conformidade	Nº do Item	A	B	C
Estrutura	Estrutura	Medidor de vibração	Vibração	1			
	Tampa	Visão	Fixação	2			
	Lubrificação	Visão	Nível de óleo	3			
			Temperatura de óleo	4			
			Aspecto do óleo	5			
	Mangote	Visão	Condições de desgaste/ aperto/vazamento	6			
	Válvulas	Visão	Vazamento/travada/ danificado	7			
Acionamento	Painel	Visão	Amperagem de motor	8			
		Visão	Rotação da centrífuga (RPM)	9			
	Motor	Visão	Fixação	10			
		Audição	Ruídos	11			
	Rotor/ Rolamento	Audição	Ruídos	12			
5S	Organização/ Limpeza	Visão	Materiais desnecessários no local	13			
		Visão	Condições de limpeza do local	14			
SSMA	Segurança	Visão	Locais demarcados	15			
		Visão	Atividade de risco/crítica	16			

## ANEXO C – CONTROLE OPERACIONAL DA CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO A SER REALIZADO PELO OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO

O Controle Operacional apresentado neste anexo, foi adaptado de uma cópia sem controle, que foi desenvolvido e é utilizado pela empresa.

### CONTROLE OPERACIONAL DA CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO - OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO

<b>Data</b>	/ /	<b>Documento</b>		<b>Unidade</b>							
	<b>Parâmetro</b>	<b>Valor Padrão</b>	<b>00:00</b>	<b>02:00</b>	<b>06:00</b>	<b>09:00</b>	<b>11:00</b>	<b>14:00</b>	<b>17:00</b>	<b>20:00</b>	
CENTRÍFUGA —	V. Dec. Ferm	--									
	V.Cubeta	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
	Concentração levedo na centrífuga	Maior que 67 %									
	Perda de Levedo no Vinho	Máximo 0,5%									
	Corrente Operação Centrífuga	--									
CENTRÍFUGA —	Avertura Válvula de Vinho	--									
	V. Dec. Ferm	--									
	V.Cubeta	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
	Concentração levedo na centrífuga	Maior que 67 %									
	Perda de Levedo no Vinho	Máximo 0,5%									
CENTRÍFUGA —	Corrente Operação Centrífuga	--									
	Avertura Válvula de Vinho	--									
	Volume Dec. Ferm	--									
	Volume Cubeta	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
	Concentração levedo na centrífuga	Maior que 67 %									
CENTRÍFUGA —	Perda de Levedo no Vinho	Máximo 0,5%									
	Corrente Operação Centrífuga	--									
	Abertura Válvula de Vinho	--									
	<b>Limpeza das Centrífugas</b>			<b>Registros</b>							
	Nº da centrífuga										
Horário parada											
Horário retorno											
Diâmetro do bico na parada da máquina											
Diâmetro do bico após limpeza da máquina											
Responsável											

#### Legenda

(PP) Parado por controle de processo; (PM) Parado por manutenção; (PC) Parado por chuva ou parada de produção.

**Determinando a concentração de levedo:**  $Concentração (\%) = [(Vol. Dec. Ferm.)/(Vol. Cubeta)] \cdot 100$

## ANEXO D – CONTROLE OPERACIONAL – TROCA DE TURNO – OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO

O Controle Operacional apresentado neste anexo, foi adaptado de uma cópia sem controle, que foi desenvolvido e é utilizado pela empresa.

TROCA DE TURNO - OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO				
Data	Documento	Unidade		
		Turno A	Turno B	Turno C
		Descreva		
Qual foi o tema do <b>DDS</b> de hoje?				
Realizou <b>AAS</b> (autoavaliação de segurança) hoje?				
Houve alguma <b>ocorrência de SSMA/ Intervenção</b> ? Se sim, descrever o motivo nos comentários				
Tive alguma <b>ação de 5S</b> nos meus ambientes de trabalho? Qual?				
Quais <b>centrífugas</b> estão em operação?				
Houve algum <b>desarme</b> de centrífugas? Qual? Qual o motivo?				
A <b>corrente de operação do motor</b> está adequada? (Ideal 75 - 95%)				
A <b>vazão/pressão</b> de vinho para as centrífugas permaneceu de acordo com o setpoint durante o turno?				
As <b>análises de % de Creme e Perdas</b> nas centrífugas estão dentro da meta? Se não, descrever o motivo nos comentários.				
Foi realizada a <b>limpeza</b> de alguma centrífuga? Qual o motivo? Existe alguma pendente? Descrever motivo nos comentários				
Foi colocado <b>diâmetro de bico</b> diferente em alguma centrífuga? Detalhar o motivo nos comentários.				
Como está a <b>qualidade do fermento</b> ? Existe presença de <b>floculação</b> ?				
Dosou <b>antibiótico</b> em alguma cuba? Caso sim, comentar qual a dosagem e qual o antibiótico.				
Qual o nível da <b>dorna volante</b> ?				
Qual o nível do <b>tanque pulmão de vinho</b> ?				
Ocorreu alguma <b>parada</b> (programada ou não programada) das centrífugas?				
Foi realizada alguma <b>manutenção</b> ?				
Alguma <b>manutenção</b> em andamento?				
Os <b>filtros de vinho</b> estão em operação? A <b>retrolavagem</b> está em automático? Se não, detalhar motivos nos comentários.				
Foi realizado o check-list diário de <b>5S</b> ? Existiu alguma não conformidade?				
Os <b>processos</b> e as <b>áreas</b> estão em boas condições?		Bom/Médio/Ruim	Bom/Médio/Ruim	Bom/Médio/Ruim

## ANEXO E – OBSERVAÇÕES DO TURNO – OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO

O Controle Operacional apresentado neste anexo, foi adaptado de uma cópia sem controle, que foi desenvolvido e é utilizado pela empresa.

OBSERVAÇÕES DO TURNO - OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO			
Data	/ /	Documento	Unidade
Turno	N° Item	Observações e Anotações do Turno	
A			
B			
C			
Obs. Gerais			

Operador Turno A
------------------

Operador Turno B
------------------

Operador Turno C
------------------

Responsável Turno A
---------------------

Responsável Turno B
---------------------

Responsável Turno C
---------------------

## ANEXO F – REGISTRO DAS NÃO CONFORMIDADES – OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO

O Registro das não-conformidades operacionais apresentado neste anexo, foi adaptado de uma cópia sem controle, que foi desenvolvido e é utilizado pela empresa.

<b>TRATATIVA DAS NÃO CONFORMIDADES - OPERADOR DE CENTRIFUGAÇÃO DE VINHO</b>					
			<b>Documento</b>		
			<b>Unidade</b>		
Data	Horário	Parâmetro	Descrição Da Não Conformidade	Ação Tomada	Responsável
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					
__/__/__					