



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS ARAPIRACA – UNIDADE EDUCACIONAL PENEDO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

THAYNA DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DE FERRAMENTAS DO CONTROLE ESTATÍSTICOS
DE PROCESSOS NA INDÚSTRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

PENEDO - AL

2022

Thayna dos Santos

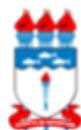
**Análise Comparativa de Ferramentas do Controles Estatísticos de Processos na
Indústria do Setor Sucroalcooleiro**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado à Universidade Federal de Alagoas
– UFAL, Campus Arapiraca – Unidade
Educativa Penedo, como pré-requisito para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
de Produção.

Orientadora: Prof^a Dr^a Tânia Maria Gomes
Voronkoff Carnaúba

PENEDO - AL

2022



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Unidade Educacional Penedo
Biblioteca Setorial Penedo - BSP

S237a Santos, Thayna dos
Análise comparativa de ferramentas do controle estatísticos de processos na indústria do setor sucroalcooleiro / Thayna dos Santos. – Penedo, AL, 2022.
56 f.: il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Tânia Maria Gomes Voronkoff Carnaúba.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) –
Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Unidade Educacional Penedo,
Penedo, AL, 2022.
Referências: f. 52-56.

1. Controle de processos. 2. Setor sucroalcooleiro. 3. Análise comparativa. I.
Carnaúba, Tânia Maria Gomes Voronkoff. II. Título.

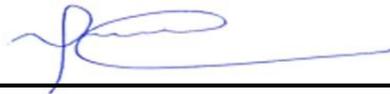
CDU 658.5

Thayna dos Santos

**Análise Comparativa de Ferramentas do Controles Estatísticos de Processos na
Indústria do Setor Sucroalcooleiro**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado à Universidade Federal de Alagoas
– UFAL, Campus Arapiraca – Unidade
Educativa Penedo, como pré-requisito para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
de Produção.

Data de Aprovação: 02/ 12/ 2022.



Prof.ª Dra. Tânia Maria Gomes Voronkoff Carnaúba
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca – Unidade Educativa de Penedo

Banca Examinadora:



Prof.º Dr. Júlio Inácio Holanda Tavares Neto
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Centro de Ciências Agrárias - CECA

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIO GOMES DA SILVA JUNIOR
Data: 02/12/2022 21:46:53-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof.º MSc. Mário Gomes da Silva Júnior
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

“Com extrema gratidão, dedico este trabalho à Deus, o maior orientador da minha vida. Pois tudo que sei e sou devo à Ele.”

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à **Deus**, por sempre estar comigo me capacitando, me dando força e sabedoria durante toda a minha trajetória.

Um agradecimento muito especial à minha mãe **Ivonete dos Santos**, que mesmo não estando mais entre nós e nem ter tido a possibilidade de acompanhar a minha vida acadêmica, sempre estará em meus pensamentos, sei que estaria extremamente orgulhosa e feliz em me ver chegar até aqui.

Gostaria de agradecer ao meu pai **Genésio dos Santos** e aos meus irmãos, por sempre estarem comigo, me encorajando e me incentivando, não apenas na jornada acadêmica, mas na minha vida como um todo. Em especial a minha irmã **Jilvaneide dos Santos**, por sempre acreditar no meu potencial.

Agradeço ao meu namorado, **Geovane Silva de Lima**, que me acompanhou durante todos esses anos. Agradeço por ter me apoiado, me encorajar e acreditar no meu potencial.

Aos meus amigos, **Andrea Montenegro**, **Anny Caroline**, **Caroline Thaís** e **Murilo Kévin**, que contribuíram para deixar essa caminhada mais leve e alegre, por toda parceria e companheirismo.

Aos meus demais **amigos** de classe, pelo companheirismo, grupos de estudos e por cada momento vivido, dentro e fora da graduação.

A minha orientadora, **Tânia Maria Gomes Voronkoff Carnaúba**, por ter me guiado da melhor forma, por toda paciência e compreensão.

Deixo aqui o meu agradecimento à coordenação e aos **professores** do curso de Engenharia de Produção da UFAL – Unidade Educacional de Penedo, que fizeram parte da minha jornada acadêmica, por todos os ensinamentos e por sempre me auxiliarem durante as minhas dificuldades.

A minha banca, **Júlio Holanda Tavares Neto** e **Mário Gomes da Silva Júnior**, pela disponibilidade de tempo.

E por fim, agradeço todas as pessoas e demais **funcionários** da UFAL, por ter contribuído de forma direta ou indireta na minha jornada acadêmica.

RESUMO

O controle estatístico de processos é um conjunto de ferramentas que permitem a avaliação e monitoramento do processo produtivo de forma eficaz, garantindo estabilidade e previsibilidade das variáveis analisadas no processo. O Brasil é considerado o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e ao longo dos anos vem aprimorando técnicas para aumentar a produção em larga escala e manter os índices de qualidade em patamares aceitáveis. O setor sucroalcooleiro é extremamente importante para a economia alagoana, sendo o maior responsável pela geração de empregos e de desenvolvimento para o estado. Levando isso em consideração, o presente trabalho teve como objetivo, realizar uma análise comparativa das ferramentas do controle estatísticos de processos na indústria do setor sucroalcooleiro. O estudo levou em consideração estas quatro ferramentas: Cartas de controle, diagrama de causa e efeito, análise da capacidade, e 5W2H que são utilizadas para implementar o controle estatístico de processos na indústria do setor sucroalcooleiro. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica entre os principais trabalhos disponíveis na literatura, que foram coletados nas bases de dados de periódicos eletrônicos como Catálogo de Teses e Dissertações – Brasil (CAPES). A análise comparativa possibilitou demonstrar quais as ferramentas mais utilizadas pelos autores para controlar os processos, bem como as vantagens e desafios da aplicação dessas ferramentas no setor sucroalcooleiro.

Palavras-chave: Controle Estatístico de Processos; Setor Sucroalcooleiro; Análise comparativa.

ABSTRACT

Statistical process control is a set of tools that allow the evaluation and monitoring of the production process effectively, ensuring stability and predictability of the variables analyzed in the process. Brazil is considered the largest producer of sugarcane in the world and over the years has been improving techniques to increase large-scale production and maintain quality indices at acceptable levels. The sugar and ethanol sector is extremely important for the economy of Alagoas, being the main responsible for the generation of jobs and development for the state, taking this into account, the present work aimed to carry out a comparative analysis of the various statistical control of processes in the industry. of the sugar-alcohol sector. The study considered these four tools: Control charts; Cause and Effect Diagram; capability analysis; and 5W2H, which are used to implement statistical process control in the sugar and ethanol industry. For this, a bibliographic review was carried out among the main works available in the literature, which were collected in the databases of electronic journals such as Catalog of Theses and Dissertations - Brazil (CAPES), the comparative analysis made it possible to demonstrate, which tools are most used by the authors to control the processes, as well as the advantages and challenges of applying these tools in the sugar and ethanol sector.

Keywords: Statistical Process Control; Sugar and Alcohol Sector; Comparative analysis.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização das Usinas Sucroalcooleiras em Alagoas..... | 17 |
| Figura 2 - Fluxograma de Processos | 18 |
| Figura 3 – Fluxograma do Processo Produtivo do Açúcar e Etanol..... | 21 |
| Figura 4 - Capabilidade do Processo (Cp)..... | 25 |
| Figura 5 - Diagrama de Causa e Efeito | 27 |
| Figura 6 - 5W2H | 27 |
| Figura 7 – Fluxograma das Etapas da Pesquisa..... | 30 |
| Figura 8 – Fluxograma das Etapas da Produção do Açúcar e Etanol..... | 34 |
| Figura 9 - Controle Estatístico de Processos..... | 38 |
| Figura 10 – Análise Estatística da Capacidade | 39 |
| Figura 11 – Análise Estatística da Capacidade Pós Melhorias | 40 |
| Figura 12 – Gráfico de Controle para Analisar o Setor de Geração de Energia da Usina..... | 40 |
| Figura 13 – Gráfico de Controle Após Remoção das Causas Especiais..... | 41 |
| Figura 14 – Diagrama de Causa e Efeito para Constatar Paradas Excessivas na Linha de Produção..... | 42 |
| Figura 15 – 5W2H para Constatar Paradas Excessivas na Produção..... | 43 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Plano de Ação 5W2H..... | 28 |
| Quadro 2 - Etapas da Revisão Bibliográfica..... | 32 |
| Quadro 3 – Utilização das Ferramentas do CEP..... | 37 |
| Quadro 4 – Análise comparativa entre as ferramentas..... | 43 |
| Quadro 5 – Frequência de Utilização das Ferramentas..... | 44 |
| Quadro 6 – Comparativo entre a Utilização das Ferramentas nas Publicações por Ano..... | 46 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Exemplo de gráfico de controle | 23 |
| Gráfico 2 – Publicações por ano..... | 36 |
| Gráfico 3 – Gráfico de utilização das ferramentas..... | 47 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|---|
| CEP | Controle Estatístico de Processos |
| LC | Linha Central |
| LIC | Limite Inferior de Controle |
| LSC | Limite Superior de Controle |
| TQM | <i>Total Quality Management</i> (Gestão da Qualidade Total) |
| CP | Índice da Capacidade Potencial |
| CPK | Índice de Capacidade Relativo à Localização |
| CPM | Índice de Capacidade Relativo à Localização e à Dispersão |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| SEPLAG | Secretária de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Objetivos | 13 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 13 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 13 |
| 1.2 Justificativa e importância do trabalho..... | 14 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 15 |
| 2.1 Setor Sucroalcooleiro em Alagoas..... | 16 |
| 2.2 Processo Produtivo..... | 17 |
| 2.2.1 Processo de fabricação do açúcar e etanol..... | 18 |
| 2.3 Histórico do Controle Estatístico de Processo | 21 |
| 2.4 Cartas de Controle..... | 22 |
| 2.5 Análise da Capabilidade | 24 |
| 2.6 Diagrama de Causa e Efeito | 25 |
| 2.7 5W2H..... | 27 |
| 3.METODOLOGIA..... | 29 |
| 3.1 Classificação da Pesquisa | 29 |
| 3.3 Técnica e Instrumento de Coleta de Dados | 31 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 33 |
| 4.1 Análise dos dados..... | 35 |
| 4.2 Análise comparativa entre as ferramentas utilizadas..... | 43 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 49 |
| REFERÊNCIAS..... | 52 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e ao longo dos anos vem aprimorando técnicas para aumentar a produção em larga escala e manter os índices de qualidade em patamares aceitáveis. De acordo com Conab (2017), o setor sucroalcooleiro no país possui características próprias, que as diferenciam de outros países.

No entanto, o setor industrial encontra-se na atualidade, imerso em um cenário mercadológico extremamente competitivo atrelado não somente as inúmeras exigências do mercado consumidor, mas também às mudanças tecnológicas e socioeconômicas do ambiente em que a indústria opera. Desse modo tem-se a necessidade de aprimorar e garantir um bom nível de qualidade dos seus produtos, que se faz necessária para a sua sobrevivência.

De acordo com Lima (2021) no decorrer da sua história, o setor sucroalcooleiro foi marcado por inúmeros movimentos que se materializam em expansão e desenvolvimento da produtividade. Conforme Gregori et al. (2004), “as empresas estão em busca de ferramentas que as auxiliem a gerir e controlar seus processos, trazendo um volume de informações que realmente contribuam na tomada de decisão”. E uma dessas ferramentas é o controle estatístico de processos (CEP), objeto de estudo deste trabalho.

Com o objetivo de oferecer produtos/serviços de qualidade, a melhoria e controle dos processos se tornou um ponto crucial para a tomada de decisão. O consumidor não está disposto a adquirir produtos defeituosos ou com confiabilidade reduzida. Nesse sentido, para garantir maiores vantagens competitivas e atender às necessidades dos clientes, as indústrias precisam adotar práticas de qualidade em seu processo produtivo, monitorando-o de forma eficaz, para reduzir perdas e custos de produção através do controle das variabilidades existentes no processo produtivo.

O controle estatístico de processo (CEP) é composto por um conjunto de ferramentas que permitem a avaliação e monitoramento do processo produtivo de forma eficaz, garantindo estabilidade e previsibilidade das variáveis analisadas no processo. De acordo com Oliveira *et al* (2017) o CEP vem sendo implantado em um número crescente de indústrias no Brasil, seja por exigências do mercado consumidor ou por iniciativa da própria indústria para aumentar a produtividade e qualidade dos produtos e processos e garantir vantagens competitivas. MONTGOMERY (2013) enfatiza em seu trabalho que o CEP é um método preventivo de extrema importância para a identificação de variações significativas no processo, com o objetivo de evitar que itens da produção possuam qualidade insatisfatória, garantindo a

confiabilidade do produto final, pois possibilita a identificação de possíveis falhas no produto durante a produção. Dessa forma serão aplicadas medidas corretivas antes que tais falhas cheguem na etapa de inspeção ou no cliente final.

Segundo Soriano *et al.*, (2020), o emprego das ferramentas do CEP, quando bem estabelecidas possibilitam compreender, monitorar, controlar e melhorar o desempenho dos processos produtivos ao longo do tempo. Dessa forma, possibilita o melhoramento do processo, uma vez que, ao se identificar os problemas, é gerado um plano de ação para reduzir os fatores que causam variabilidade. Além disso, o CEP auxilia os gestores na tomada de decisão, tendo em vista que, as tomadas de decisões são baseadas nas informações de avaliação de desempenho no processo produtivo. Para Lima et al (2006, p. 117) agir no processo é, antes de tudo, evitar defeitos, independentemente de onde eles possam manifestar-se.

De acordo com Silva e Manzi (2021) O CEP é uma ferramenta ou estratégia da qualidade, utilizada para se atingir alguns resultados importantes para uma organização. Tendo como objetivo principal, permitir que o controle da qualidade seja realizado de forma eficaz pelos próprios colaboradores envolvidos no processo, aumentando o comprometimento do operador com a qualidade do que está sendo produzido e libera a gerência para as tarefas de melhoria.

Desta forma, o presente trabalho expõe a seguinte questão de pesquisa: Quais as principais vantagens e dificuldades em utilizar as ferramentas do CEP para realizar o controle estatístico de processos em indústrias do setor sucroalcooleiro?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Realizar uma análise comparativa entre as diversas ferramentas que são utilizadas para implementar o controle estatístico de processos na indústria do setor sucroalcooleiro.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a aplicabilidade das ferramentas carta de controle, diagrama de causa e efeito, análise da capacidade e 5W2H no controle da qualidade no processo produtivo do açúcar e etanol;

- Identificar, analisar e comparar, tanto as vantagens quanto os desafios de se utilizar essas quatro ferramentas para o controle do processo no setor selecionado.

1.2 Justificativa e importância do trabalho

O setor sucroalcooleiro é de grande importância social, econômica e ambiental. O Brasil possui destaque mundial, como produtor de cana-de-açúcar que são remetidas à produção de açúcar e etanol. Com o objetivo de se inserir no mercado internacional, segundo Oliveira (*apud FEROLDI et al.*, 2014), o setor vem sendo incentivado para que busquem a certificação de qualidade dos produtos e processos, mediante fiscalização, pois ainda existem usinas que apresentam de certo modo resistência quanto à adequação de seus produtos.

Alagoas é um estado com forte tradição na produção de cana-de-açúcar, desde a sua formação e até mesmo após sua independência de Pernambuco, constituindo, assim, na sua formação econômica até os dias atuais. Mesmo após diversas crises que afetaram o setor sucroalcooleiro no estado, a cana-de-açúcar continua sendo o termômetro que baliza a economia agrícola de Alagoas, em especial, a sua produção para exportação (SEPLAG, 2017).

Dessa forma, o presente trabalho justifica-se pela importância da utilização do controle estatístico de processo (CEP) no âmbito industrial como uma ferramenta de tomada de decisão e garantia da qualidade, proporcionando o gerenciamento de processos na busca de menos variabilidade, minimizando custo e perdas de forma a garantir a qualidade e confiabilidade no produto final.

As cartas de controle são fundamentais para o setor industrial. ESPADA (2018) acredita que as cartas de controle são ferramentas usadas para permitirem o controle e melhoria de um processo através do monitoramento do mesmo. Ainda segundo o autor, é através deste monitoramento que é possível fazer uma análise estatística do processo, para saber se o processo está fora de controle ou com que frequência existem ocorrências fora da conformidade.

De acordo com SILVA (2018), o CEP caracteriza-se como um método preventivo que atua sobre o processo produtivo, utilizando técnicas e análises estatísticas para verificar o andamento do processo de fabricação e as variações ocorridas, podendo aplicar ações corretivas para a melhoria, com o intuito de mantê-lo dentro de condições iniciais estabelecidas pela organização.

As usinas, portanto, passam a se modernizar e aumentar suas capacidades produtivas, exigindo de seus gestores cada vez mais atenção ao planejamento e o controle da produção e do cenário agrícola (GIOVANNI, FREITAS e FRÓES, 2019). Desse modo, Wu *et al* (*apud*, SILVA, 2020, p. 31) afirma que “a análise da capacidade do processo tem contribuído fortemente no processo de melhoria contínua da qualidade e produtividade”.

Diante das exigências do mercado competitivo e da busca por melhoria contínua, a necessidade de utilizar ferramentas que proporcionem estabilidade no processo e controle das variabilidades se tornou de extrema importância para as indústrias. Isso faz com que mais organizações invistam cada vez mais em processos de melhoria da qualidade para proporcionar maior satisfação aos seus clientes e entregar produtos sem falhas (JÚNIOR, 2021).

Mediante esses fatores, a aplicação do controle estatístico de processos nas indústrias se faz necessário. De acordo com Rocha (2019, p. 10): “O Controle da Qualidade faz parte, então, de um ciclo em que se monitoram as atividades relacionadas com o atendimento de necessidades dos clientes e da sociedade, garantido que tudo o que for necessário à adequação dos produtos e serviços ocorre da forma esperada.”

Todavia, trabalhar com o CEP não é uma tarefa trivial, devido ao grande número de dados que precisam ser coletados, além do número de cálculos e gráficos que precisam ser gerados para as análises dos dados dos processos (JÚNIOR, 2021).

Portanto será desenvolvido um estudo comparativo entre algumas das principais ferramentas do controle estatístico de processos (CEP), para analisar a aplicabilidade do CEP na melhoria da qualidade produtiva no setor sucroalcooleiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será apresentado uma breve revisão da literatura com os principais conceitos do Controle Estatístico de Processos e suas ferramentas, bem como a sua aplicabilidade no setor industrial.

2.1 Setor Sucroalcooleiro em Alagoas

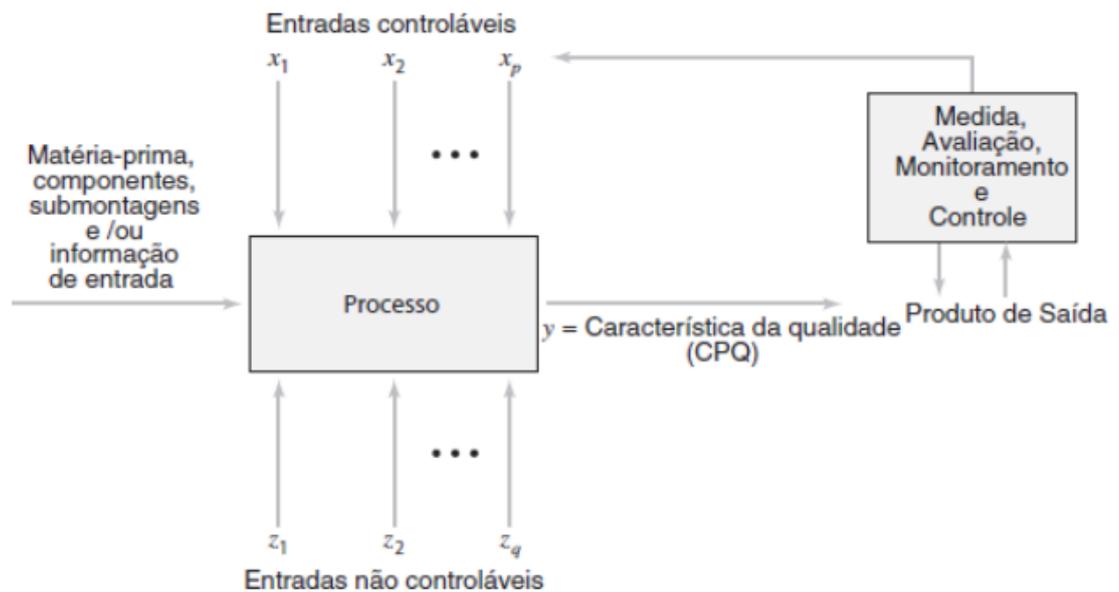
Com a globalização, o Brasil se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e o maior produtor de etanol de cana-de-açúcar. Atualmente, São Paulo está em primeiro lugar na produção de açúcar e foi capaz de superar Pernambuco apenas na crise do café, acentuada pela turbulência americana em 1929, produzindo cerca de 55% de área plantada no país, baseado na União da Indústria de Cana de Açúcar (ÚNICA, s/d, *apud* Pereira et al., 2019). O setor sucroalcooleiro se tornou extremamente importante para a economia alagoana, sendo o maior responsável pela geração de empregos e de desenvolvimento para o estado.

A cana-de-açúcar continua sendo a principal atividade agrícola do leste alagoano, mesmo perdendo força para a pecuária de corte, que vem crescendo vertiginosamente ao longo dos últimos anos (SEPLAG, 2017).

A localização das usinas em Alagoas engloba principalmente a Zona da Mata, devido à proximidade com a matéria prima, a cana-de-açúcar, como se observa na Figura 1. De acordo com o site da NOVACANA 2022, Alagoas conta com funcionamento de 25 unidades produtoras de açúcar e álcool, são elas: Cachoeira (Maceió), Caeté (São Miguel dos Campos), Marituba (Igreja Nova), Copervalles (Atalaia), Triunfo (Boca da Mata), Sinimbu (Jequiá da Praia), Utinga (Rio Largo), Bioflex (São Miguel dos Campos), Seresta (Teotônio Vilela), Guaxuma (Coruripe), Laginha (União dos Palmares), Uruba (Atalaia), Roçadinho (São Miguel dos Campos), Porto Alegre (Colônia Leopoldina), Porto Rico (Campo Alegre), Pindorama (Coruripe), Santo Clotilde (Rio Largo), Santa Maria (Porto Calvo), Camaragibe (Matriz de Camaragibe), Santo Antônio (São Luiz do Quitunde), Serra Grande (São José da Laje), Taquara (Colônia Leopoldina), Cururipe (Coruripe), Sumaúma (Marechal Deodoro), Capricho (Cajueiro), Penedo Agroindustrial – Paisa (Penedo).

p. 42). Como pode-se observar na Figura 2, o fluxo de processo é uma sequência de atividades, que transforma e agrega valor as entradas, que podem ser de informações e matéria-prima dos fornecedores, em saídas de produtos para os clientes, aplicando medidas de controle ao processo, será possível identificar e monitorar variáveis que causam variabilidade e aplicar medidas de controle.

Figura 2 – Fluxo de Processos.



Fonte: Montgomery (2016b)

Para identificar, monitorar e controlar as variáveis que podem causar impactos negativos na produção, o controle estatístico de processo utiliza algumas ferramentas, dentre as mais importantes, temos: Histograma, Carta de Controle, Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Concentração de Defeito, Diagrama de Dispersão e Folha de Verificação. No entanto, a Carta de controle é conhecida como a mais poderosa ferramenta do CEP (JUNIOR, 2021 *apud* MONTGOMERY e RUNGER, 2017). No presente trabalho, serão utilizadas quatro ferramentas citadas anteriormente, Cartas de Controle, Análise da Capacidade, Diagrama de Causa e Efeito e o 5W2H.

2.2.1 Processo de fabricação do açúcar e etanol

A indústria que realiza o processo de fabricação do açúcar e álcool, a partir do processamento da cana-de-açúcar é denominada como indústria do setor sucroalcooleiro. O processo produtivo se inicia no campo na etapa de colheita da cana-de-açúcar, onde será

destinada para a indústria com o objetivo de cumprir as etapas posteriores de processamento que originará os produtos finais.

A principal matéria-prima a ser processada para produção do açúcar e álcool é a cana-de-açúcar, de forma a ser extraída para ser tratada e cristalizada, ou fermentada e destilada para a produção do açúcar e do etanol, respectivamente (Zarzatto, 2012).

Após a colheita, a cana será transportada para a indústria onde será pesada, coletada amostras e seguirá para o setor de extração do caldo. Já dentro da usina a cana-de-açúcar já começa a ser processada para a produção do açúcar e do etanol.

O processo de preparo da cana para extração do caldo inicia-se nas mesas alimentadoras, onde a cana inteira ou picada é tombada em uma esteira metálica. Nesta fase, a matéria-prima passa por um nivelador, picador, desfibrador e espalhador, o produto obtido é uma cana desfibrada pronta para a moagem. O caldo será extraído da cana-de-açúcar através dos ternos de moenda, que se constituem em grandes rolos que esmagam a cana a fim de obter o caldo (CASTRO, *apud* Leite, 2019; Zarzatto, 2012). Após o processo de extração do caldo, surgem dois produtos: o caldo misto e o bagaço.

O caldo seguirá o processo de fabricação de açúcar e etanol, já o bagaço caminhará como combustível para as caldeiras de geração de vapor, que é usado no processo industrial e também para acionar turbo-geradores de energia elétrica. O caldo extraído recebe tratamento para poder seguir o processo, que se constitui em (Zarzatto, 2012):

- Adição de sulfito e ozônio para clareamento do caldo;
- Adição de cal virgem para controle de acidez;
- Aquecimento para se eliminar possíveis bactérias e ajudar na decantação;
- Decantação para eliminação de impurezas.

Dessa forma, o caldo segue para produção do açúcar ou do etanol, em usinas em que a produção de etanol está associada a produção de açúcar, Flausinio (*apud* Pereira *et al.*, 2019) afirma que os primeiros caldos são levados para a produção do açúcar, passando por tratamento químico para coagular, flocular, precipitar as impurezas por decantação e a filtração. O caldo que sai da decantação é chamado caldo clarificado, e tem aqui distinções quando se trata dos dois produtos finais a que se destina.

A decantação do caldo faz surgir o lodo, que é retirado dos decantadores como produto da decantação, será adicionado bagaço para atuar como ajuda filtrante, logo após será encaminhado para o processo de filtração, dando origem à Torta, que é utilizada na lavoura de cana-de-açúcar como adubo orgânico (ALBUQUERQUE, *apud* LEITE, 2019; ZARZATTO, 2012).

O caldo clarificado é então, submetido à uma concentração gradativa. Primeiro, o caldo toma consistência de xarope nos evaporadores (CASTRO, 2013). Já concentrado, o xarope (com grande parte da água separada na evaporação) segue novamente para um processo de tratamento, passando por um flotor e depois por um filtro (Zarzatto, 2012).

O produto final do processo de evaporação é o chamado Xarope, o qual é direcionado para o processo de Cozimento e Cristalização (ALBUQUERQUE, *apud* LEITE, 2019).

A massa que foi cozida é homogeneizada e centrifugada, pois a massa é uma mistura do açúcar cristal e os méis inconcentráveis, e a centrífuga tem o objetivo de separá-los. O mel final será utilizado na produção de etanol, e o açúcar cristal úmido, segue para um secador, de onde já sairá o açúcar cristal que conhecemos, e pronto para ensaque e/ou carregamento à granel. (Zarzatto, 2012).

Para produção do etanol, o caldo clarificado é pré-evaporado e segue para o setor de diluição, onde se transformará em mosto com a adição de água e do mel final da fábrica de açúcar.

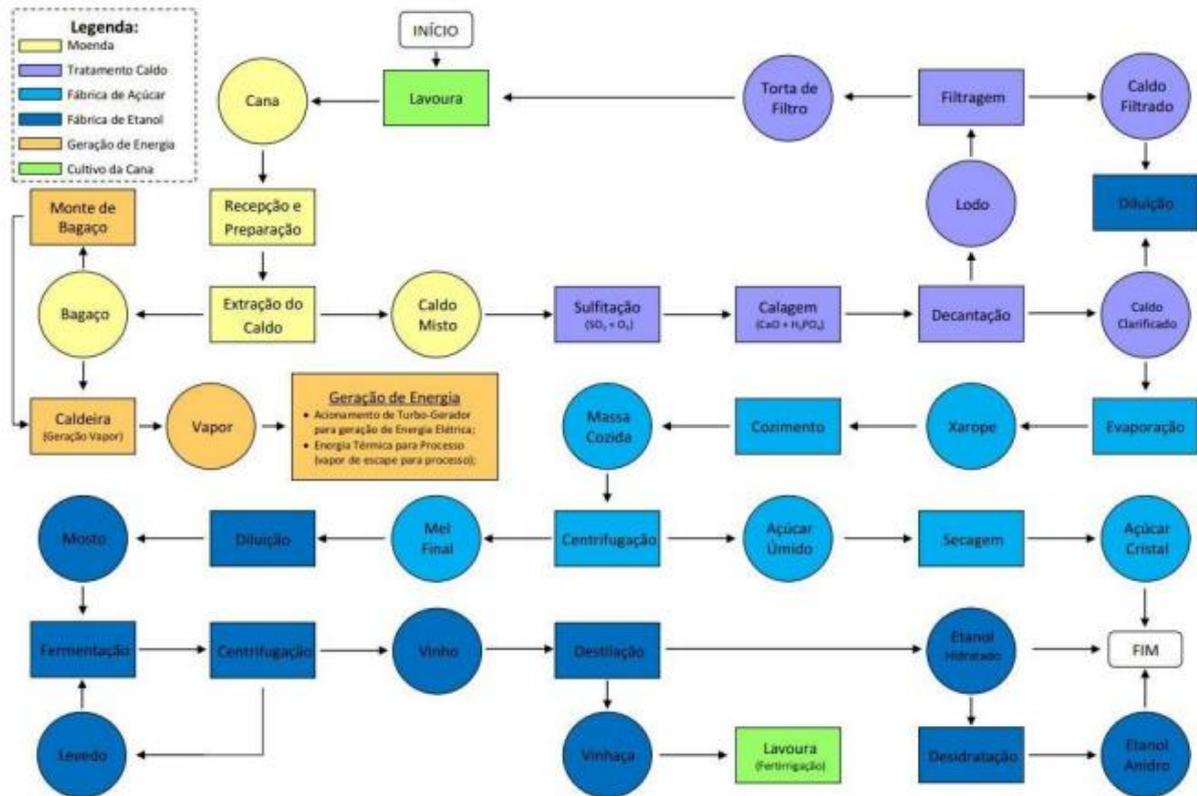
O processo de fermentação inicia-se quando existe o contato entre o melaço e as leveduras, onde caracteriza-se pela grande multiplicação celular (um organismo vivo, do tipo *Saccharomyces Cerevisiae*, que se alimenta do açúcar para transformá-lo em etanol), que se encontrara armazenado nas cubas (Gonçalves *et al.*, 2015; Zarzatto, 2012).

Após verificar que a dorna já se encontra fermentada, seu conteúdo (o vinho levedurado) é enviado para centrífugas de vinho, onde ocorre a separação do vinho e o levedo, que retorna para as cubas (Zarzatto, 2012).

O vinho separado na centrífuga segue para o processo de destilação, onde através de altas temperaturas, o etanol, com ponto de ebulição menor do que os outros elementos que compõem o vinho, sai pelo topo da coluna de destilação, e segue para os tanques de armazenamento de etanol, estando assim pronto para carregamento. Deste processo temos a vinhaça como resíduo, a qual é utilizada como elemento de fertirrigação da lavoura de cana,

enriquecendo o solo com nutrientes essenciais para o crescimento da cana (Zarzatto, 2012). Na Figura 3, pode se observar o fluxograma de processos para produção do açúcar e álcool.

Figura 3 – Fluxograma de processo da produção do açúcar e etanol.



Fonte: Zarzatto, 2012

2.3 Histórico do Controle Estatístico de Processo

O conceito de qualidade é um termo bastante antigo, não é de hoje que a preocupação com a qualidade de bens/serviços se tornou evidente. Para Rocha (2019) “O conceito de qualidade é empírico”, nos primórdios os homens das cavernas tinham a necessidade de terem ferramentas adequadas, pois sabiam que o sucesso das suas atividades de caça dependia de tais ferramentas.

Machado (2012, p. 35) afirma que “No início a qualidade era vista sob a ótica da inspeção, na qual, através de instrumentos de medição, tentava-se alcançar a uniformidade do produto”. Ainda segundo o autor, a preocupação dos consumidores em obter produtos/serviços de qualidade era cada vez mais notória, e essas exigências caracterizou a era da inspeção. No

entanto, a prática de inspecionar a qualidade do produto em lotes produzidos, gerou aumentos nos custos operacionais e tempo de entrega do produto final.

Em 1924, nos Estados Unidos, Shewhart recomendou analisar o processo de acordo com o Controle Estatístico, com o uso das Cartas de Controle criada pelo mesmo, na análise de inspeção, possibilitando a separação entre as causas de variações nos processos fabris, classificando-as em duas categorias, causas comuns e causas aleatórias, propiciando dessa forma, definir ações de correção para tais variações. “Ele foi o pioneiro da área de Controle Estatístico de Processo (CEP), e até nos dias atuais, não há fábrica no mundo que não aplica pelo menos algumas ferramentas simples de CEP para a melhoria dos processos industriais.” (Samohyl, 2006).

A partir da década de 50 no Japão, o CEP ganha destaque com a adaptação do sistema de Cartas de Controle desenvolvido por Shewhart e desenvolvendo assim o Controle da Qualidade Total (TQC). De acordo com Carvalho (2017, p. 15) “Após a Segunda Guerra Mundial, as exigências mais rígidas dos consumidores e o cenário socioeconômico mundial fizeram com que as empresas buscassem alternativas para atender a essas mudanças”.

O surgimento da Revolução Industrial, exigia um ritmo acelerado ao longo da cadeia produtiva, para alcançar a produção em massa. Esses fatores eram fontes de variabilidades e problemas de qualidade. Para Santos (2017, p. 14) “Foi na era do controle estatístico que surgiram novos elementos da qualidade, como a quantificação dos custos da qualidade, o controle total da qualidade, a engenharia da confiabilidade e o zero defeito.”

2.4 Cartas de Controle

Montgomery (2016) citado por Nascimento *et al* (2018) afirma que “o gráfico de controle é uma das técnicas para monitoramento on-line de processo largamente utilizadas na atualidade.” Pois, compreende as causas das variações que tem potencial para causar falhas nas operações.

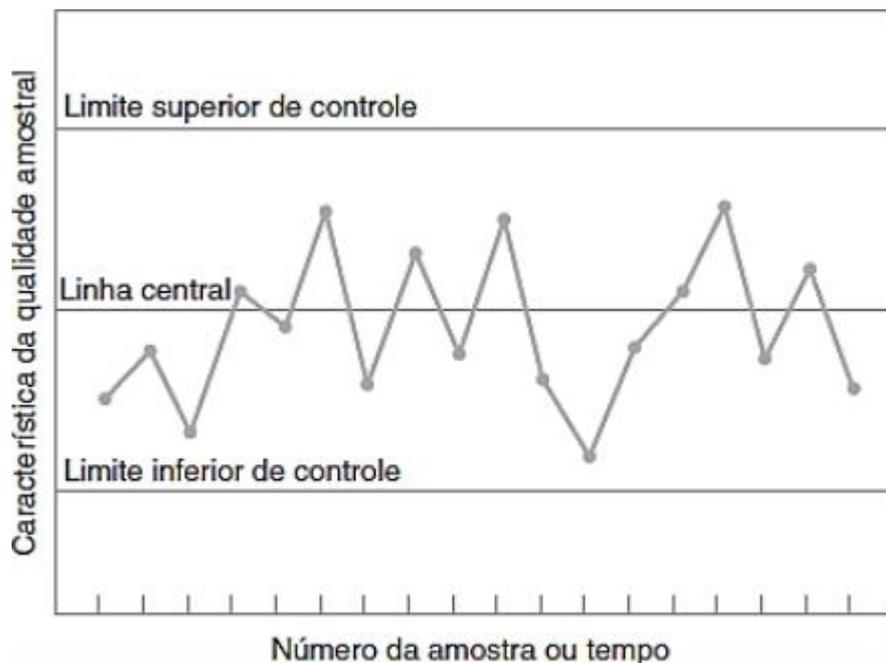
Taconeli (2017) acredita que as cartas de controles ou gráfico de controle são utilizadas para monitorar as tendências dos pontos de observação a produção ao longo do tempo. As causas de alterações que ocorrem em um processo produtivo podem ser divididas em dois modos: causas aleatórias, que já são inerentes da produção, são pequenas perturbações que não possui um padrão e a princípio não apresentam impacto negativo para o processo, já as causas

atribuíveis são variações identificáveis e de maior proporção, que podem causar impacto negativo na produção, como falhas e queda na qualidade.

De acordo com Leite (2019, p. 2) “As cartas de controle são representações gráficas. Seus benefícios podem ser descritos em: servem aos operadores para o controle contínuo de um processo; ajudam o processo a ter desempenho consistente e previsível”. Esses gráficos tem como objetivo verificar e calcular os parâmetros do processo ao decorrer do tempo.

Os Gráficos de controle, definem de modo estatístico os limites de controles através de linhas superiores e inferiores que caracterizam respectivamente os limites superiores de controle (LSC) e limites inferiores de controle (LIC), bem como uma linha central (LC) para calcular os parâmetros do processo. Quando praticamente todos os pontos dos parâmetros analisados estão dentro dos limites de controle mencionados anteriormente, o processo é tido como sob controle e não serão necessárias medidas corretivas, como demonstrado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Exemplo de gráfico de controle



Fonte: Montgomery (2016, *apud* Nascimento *et al*, 2018)

A norma ISO 8258 Shewhart Control Charts estabelece os seguintes critérios de decisão em cartas de controle:

- a) 1 ou mais pontos acima do LSC ou abaixo do LIC;
- b) 9 pontos consecutivos na zona C ou no mesmo lado do LC;
- c) 6 pontos consecutivos, todos aumentando ou todos diminuindo;

- d) 14 pontos consecutivos alternando para cima e para baixo;
- e) 2 de 3 pontos consecutivos na zona A ou além dela;
- f) 4 de 5 pontos consecutivos na zona B ou além dela;
- g) 15 pontos consecutivos na zona C (tanto acima quanto abaixo do LC);
- h) 8 pontos consecutivos na zona B.

Desse modo, caso a análise dos dados obtidos através das cartas de controle demonstre pontos fora das linhas de controle dos limites superiores e inferiores para os parâmetros estabelecidos, significa que o processo possui falhas a serem minimizadas, otimizadas ou corrigidas no processo. De acordo com Ribeiro e Caten (2017), o emprego correto das cartas de controle:

- a) permite que o monitoramento do processo seja executado pelos próprios operadores,
- b) fornece uma distinção clara entre causas comuns e causas especiais, servindo de guia para ações locais ou gerenciais,
- c) fornece uma linguagem comum para discutir o desempenho do processo, possibilitando a alocação ótima dos investimentos em melhoria da qualidade e
- d) auxilia o processo a atingir alta qualidade, baixo custo unitário, consistência e previsibilidade.

Uma vez que, esta ferramenta descrita pelos autores citados, for aplicada de forma assertiva, o gráfico de controle garantirá um melhor gerenciamento do processo, possibilitando eliminar possíveis desvios e minimizar os custos de retrabalhos ou perdas de produtos finais por falhas inerentes de tais variações, garantindo o aumento da qualidade do produto e satisfação do cliente final.

2.5 Análise da Capabilidade

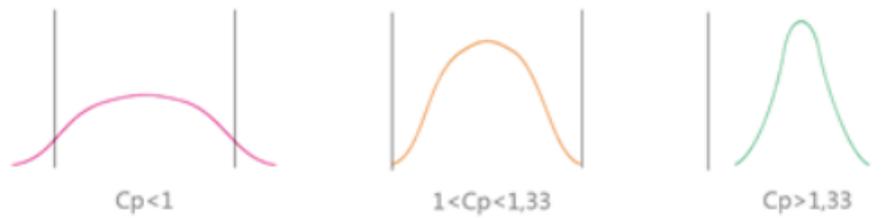
A capabilidade pode ser descrita através de índices capazes de qualificar os níveis de desempenho do processo e atender os níveis de especificação aceitáveis dos produtos e, é por meio desses índices que é possível comparar diferentes processos e classificá-los de acordo com a capabilidade.

Com a capabilidade é possível produzir produtos de acordo com as exigências da empresa e/ou clientes. Portanto, Alves *et al.*, (2022) destaca que, “um estudo de capabilidade do processo é feito comparando a faixa característica (mostrando como ele se comporta na prática) com a faixa de especificação dada pelos limites inferior e superior.”

Para Gripp (2021, p. 19) os índices mais comumente utilizados são C_p (índice de capacidade potencial), C_{pk} (índice de capacidade relativo à localização) e C_{pm} (índice de capacidade relativo à localização e à dispersão).

De acordo com Alves *et al.*, (2022) na indústria, geralmente o valor exigido para C_p e C_{pk} é $\geq 1,33$, conforme Figura 4 a seguir:

Figura 4: Capabilidade do Processo (C_p)



Fonte: Coutinho apud (Alves *et al.*, 2022)

Como mostrado na Figura 4, quando a curva do gráfico é mais estreita, maiores serão os índices de C_p e C_{pk} e menores são as variações, sendo assim o processo está com desempenho satisfatório (Alves *et al.*, 2022).

O índice C_{pk} , é sensível aos deslocamentos dos dados e considera a distância da média do processo aos limites de especificação, ele é calculado através das equações (I), (II) e (III).

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{ps}) \quad (\text{I})$$

$$C_{pl} = \frac{x_{50} - LIE}{x_{50} - x_{0,135}} \quad (\text{II})$$

$$C_{ps} = \frac{LSE - x_{50}}{x_{99,865} - x_{50}} \quad (\text{III})$$

Onde: LIE é o limite inferior de especificação, LSE é o limite superior de especificação e x_a é o percentil referente à α -ésima posição do processo. Nota-se que o x_{50} é a mediana dos dados e é utilizada como medida central por ser mais robustas a valores discrepantes.

2.6 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama “espinha de peixe”, também denominado como diagrama de causa e efeito de Ishikawa, foi desenvolvido pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, que teve grande influência no desenvolvimento da gestão da qualidade e na melhoria de processos. De acordo

com Corrêa (2019. P, 163), “é uma das ferramentas mais eficazes e mais utilizadas nas ações de melhoria e controle de qualidade nas organizações”. Pois, possibilita reunir e avaliar as diversas causas raízes de problemas, bem como auxilia na criação de medidas corretivas para a melhoria das mesmas.

Quanto aos benefícios, Priebe (2022) destaca em seu artigo que “a aplicação adequada permite melhor visibilidade dos problemas e motivos, a partir disso, pode-se analisar isoladamente os elementos relacionados ao problema”, ainda segundo o autor a ferramenta permite também a identificação das principais raízes da questão, possibilitando assim, que a empresa colha informação e consiga agir de forma assertiva, melhorando processos e/ou setores.

A criação do diagrama deve ser realizada por um grupo de pessoas que estão ligadas diretamente com processo que deverá ser analisado. Através de um levantamento de ideias (*brainstorming*), a equipe irá identificar e listar todas as possíveis causas do problema analisado, para se construir um diagrama completo é de extrema importância que não haja omissão de causas relevantes.

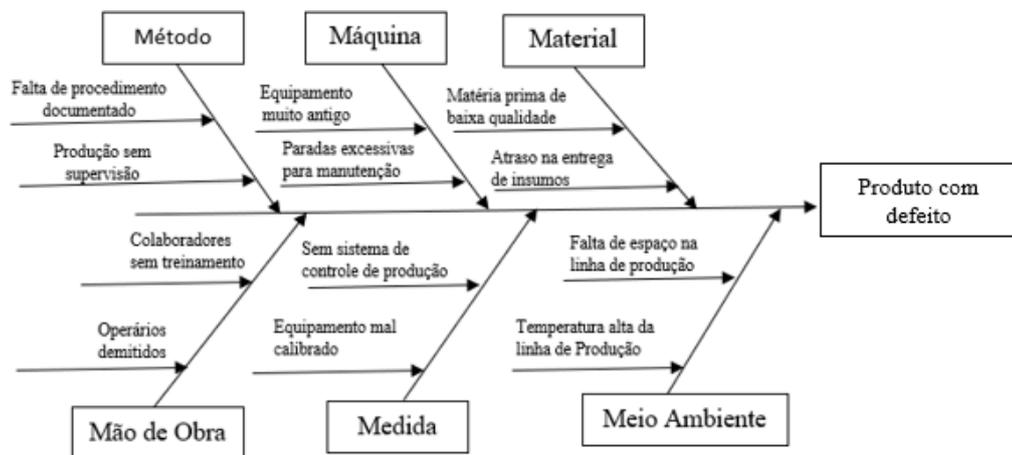
As causas podem ser destrinchadas em seis qualificações diferentes, aplicando o conceito dos 6M, que de acordo com Galvão (2022), “a sua aplicabilidade visa auxiliar as organizações a encontrar a causa principal de um problema”. De maneira simplificada, cada “M” é definido como:

- Método: Aqui devem ser analisados se os métodos utilizados no processo foram os mais adequados;
- Máquina: Nessa etapa serão analisadas as causas das falhas relacionadas às máquinas (analisar a manutenção e forma que está sendo operada);
- Material: Todas as causas provenientes da matéria-prima devem ser listadas nesse momento (se matéria prima está de acordo com as especificações, se houve atraso na entrega e etc.);
- Mão de obra: Aqui serão listadas as causas relacionadas às ações realizadas pelos colaboradores (colaboradores com despreparo técnico e imprudência);
- Meio ambiente: São as causas relacionadas com o ambiente, como as vibrações, iluminação, temperatura, umidade, que podem influenciar de forma direta na qualidade do produto/serviço final; e

- Medida: São os instrumentos que foram utilizados para realizar as medições, por exemplo: se foram calibrados da forma correta, se o medidor utilizado era o adequado e exaustão do equipamento.

As causas potenciais devem ser indicadas e, mantendo a lógica da representação gráfica, é importante tê-las de forma facilmente visualizável (Rocha, 2019). Na Figura 5, pode-se observar o exemplo de um diagrama preenchido:

Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito.

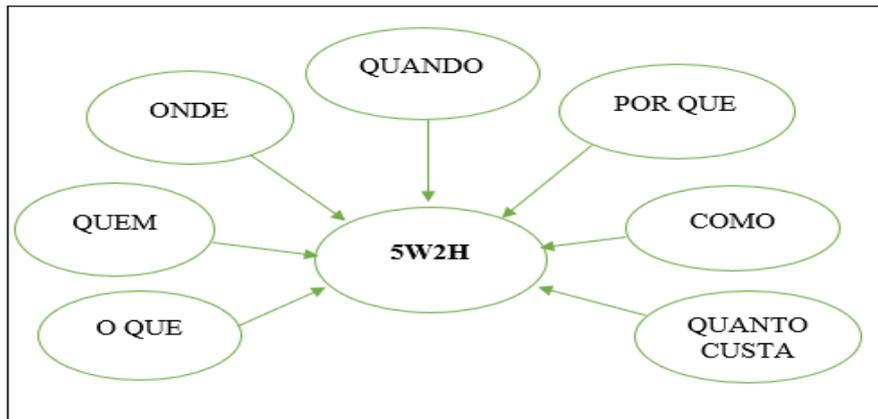


Fonte: Adaptado de Côrrea (2019)

No exemplo da Figura 5, pode-se observar que a partir do problema selecionado (produto com defeito), as causas-raízes foram posicionadas nas ramificações (espinhas) das categorias (6Ms) que representa a causa, criando uma aparência de espinha de peixe e por este motivo, o diagrama também leva esse nome.

2.7 5W2H

O 5W2H, é uma ferramenta bastante utilizada para gerenciar projetos, pois compõe planos de ação de forma simples e eficiente. Para Grosbelli (2014), o objetivo básico desta fase do procedimento técnico é permitir que todas as atividades planejadas possam ser discutidas em grupo, antes da sua configuração no cronograma de ações administrativas de uma empresa ou instituição.

Figura 6 – 5W2H

Fonte: Autora (2022).

A ferramenta 5W2H geralmente é descrita em forma de tabela e de acordo com SEBRAE (2017), a mesma deve ser composta por sete campos constando as seguintes informações:

- 1) Ação ou atividade que deve ser executada ou o problema ou o desafio que deve ser solucionado (what);
- 2) Justificativa dos motivos e objetivos daquilo estar sendo executado ou solucionado (why);
- 3) Definição de quem será (serão) o(s) responsável(eis) pela execução do que foi planejado (who);
- 4) Informação sobre onde cada um dos procedimentos será executado (where);
- 5) Cronograma sobre quando ocorrerão os procedimentos (when);
- 6) Explicação sobre como serão executados os procedimentos para atingir os objetivos pré-estabelecidos (how);
- 7) Limitação de quanto custará cada procedimento e o custo total do que será feito (how much)?

O preenchimento dos campos pode ser feito em forma de tabela, como mostrado no Quadro 1, de maneira impressa ou como documentos eletrônicos com acesso de toda a equipe que utiliza a ferramenta.

Quadro 1. Plano de Ação 5W2H.

| 5W | | | | | 2H | |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| What (o que) | Who (quem) | Where (onde) | When (quando) | Why (por que) | How (como) | How Much (quanto custa) |
| Que ação será executada? | Quem irá executar/participar da ação? | Onde será executada a ação? | Quando a ação será executada? | Por que a ação será executada? | Como será executada essa ação? | Quanto custará para executar a ação? |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fonte: Autora (2022)

3.METODOLOGIA

Este capítulo visa apresentar as principais características metodológicas empregadas para o desenvolvimento do trabalho, bem como procedimentos adotados. Desse modo, inicialmente é apresentada a caracterização da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. O estudo se atenta em uma análise comparativa das principais ferramentas do CEP utilizadas para realizar o controle estatístico do processo no setor sucroalcooleiro.

3.1 Classificação da Pesquisa

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, utilizou-se o método de revisão bibliográfica do tipo exploratória e descritiva. Tal método tem como base, pesquisa feita através de conteúdo já divulgado. Seja da internet, de livros, revistas, teses, artigos, dissertações, em meio físico ou digital. Trata-se da pesquisa mais comumente utilizada pela facilidade do acesso às informações sobre diversos assuntos (SILVA *et. al.*, 2021, p. 13).

No que diz respeito a tipologia, esta pesquisa se caracteriza como de natureza descritiva e exploratória, pois está fundamentada em analisar e sintetizar uma gama de dados disponíveis na literatura acerca do assunto em questão. Abordagens exploratórias e descritivas proporcionam familiaridade inicial da humanidade a problemas e fenômenos, através da observação dos fatos, registrados, classificados e interpretados, sem interferência do pesquisador (GOMES. A e GOMES C., 2019, p. 16).

3.2 Etapas da Pesquisa

A Revisão da literatura, forneceu todo o suporte teórico para a pesquisa, e para dar início a construção do trabalho, foi realizado um levantamento da literatura disponível, a fim de obter familiaridade e conhecimento técnico acerca do assunto estudado, propiciando a demarcação e avanço sobre o tema.

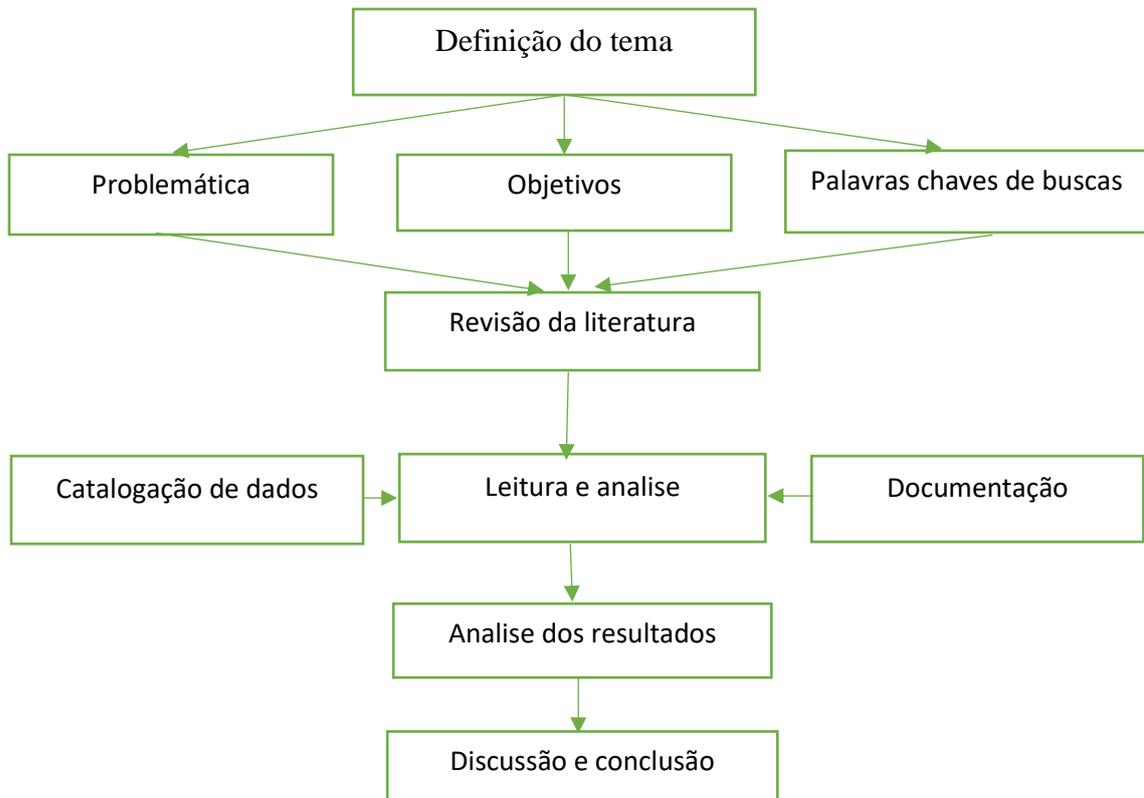
A revisão bibliográfica será feita de forma comparativa entre os objetos de estudo, que nesse trabalho, são as ferramentas do controle da qualidade citadas anteriormente. Elas serão comparadas quanto às suas características e aplicabilidade. Permitindo assim que se obtenha conclusões referentes as vantagens e desafios em utilizar tais ferramentas na produção de álcool e açúcar.

A escolha das ferramentas, se deu pela importância das mesmas para verificar, acompanhar e manter um processo produtivo em controle estatístico, possibilitando uma radiografia da qualidade do processo, bem como manter os índices de qualidade do produto aceitáveis.

Para o levantamento bibliográfico, foi realizado uma seleção de livros, artigos e publicações nos sites dos periódicos eletrônicos, que tinham relação com o tema proposto sobre o CEP desse modo foi definido então, a trajetória de resolução das questões que envolve o estudo.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foram definidas diversas etapas que permitiram o avanço gradativo para conclusão do mesmo. Diante disto, na figura 7 é possível visualizar o passo a passo das etapas de desenvolvimento.

Figura 7: Fluxograma das Etapas da Pesquisa



Fonte: Autora (2022).

3.3 Técnica e Instrumento de Coleta de Dados

Após o planejamento e escolha do tema, definiu-se a problemática, os objetivos e as palavras chaves que seriam utilizadas nas buscas da literatura, levando à etapa de localização de trabalhos acadêmicos no tema proposto.

As bibliografias foram coletadas através da base de dados dos sites de buscas das bibliotecas on-line: *Scientific Electronic library online* (SciELO), Portal de Periódicos (CAPES) e Google Acadêmico.

Para realizar a coleta dos artigos, foram utilizadas as seguintes palavras chaves nos sites de pesquisas para realizar as buscas dos artigos científicos: “Controle estatístico de processos”, “ferramentas do controle estatístico” e “controle estatístico de processos no setor sucroalcooleiro”, a base de dados retornou cerca de 2.470 artigos científicos.

Em seguida, aplicou-se um critério de inclusão e exclusão (ver quadro 2), para refinar as buscas, com o objetivo de identificar os trabalhos que possuíam qualidade e relevância para o andamento da pesquisa e eliminar os que não comungam com os objetivos propostos. Dessa forma, dos 2.470 artigos encontrados, apenas 92 artigos elegíveis para compor o trabalho de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos nesta metodologia. No total foram utilizados na elaboração, 48 trabalhos, entre artigos científicos, dissertação, teses e livros.

Quadro 2 – Etapas da Revisão Bibliográfica.

| Planejamento | |
|--|--|
| Questão da pesquisa | Principais ferramentas do CEP utilizadas para realizar o controle estatístico do processo no setor sucroalcooleiro? |
| Palavras chaves de busca | “Controle estatístico de processos”, “ferramentas do controle estatístico” e “controle estatístico de processos no setor sucroalcooleiro”. |
| Base de dados | <i>Scientific Eletronic library online</i> (SciELO), Portal de Periódicos CAPES e Google Acadêmico. |
| Critério de inclusão | Trabalhos que apresentem a utilização das ferramentas do CEP na indústria de produção de álcool e açúcar. |
| Critério de exclusão | Trabalhos que não apresentam as ferramentas do CEP; Trabalhos em indústrias que não fazem parte do setor sucroalcooleiro. |
| Execução | |
| Número de trabalhos retornados | 2.470 |
| Número de trabalhos selecionados após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão | 92 |
| Número de trabalhos utilizados | 48 |

Fonte: Autora (2022).

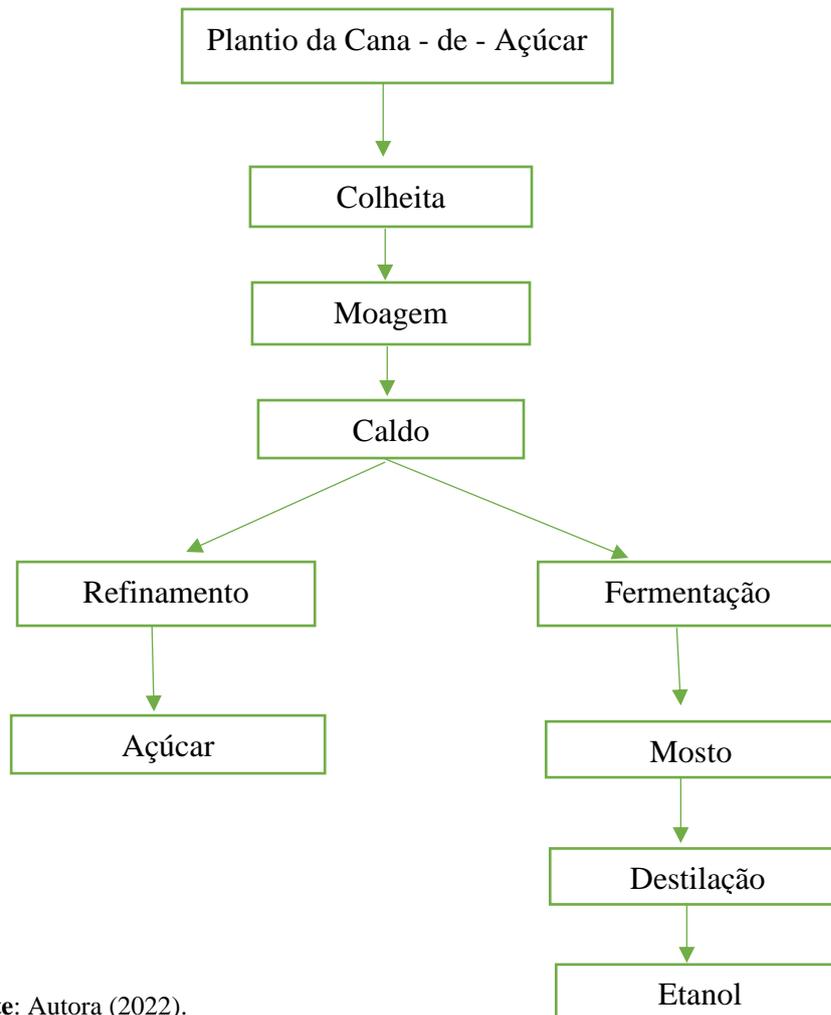
Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: (I) utilização das ferramentas de controle estatístico de processo (Carta de controle; Análise da Capabilidade; Diagrama de Causa e efeito e; 5W2H); (II) ter sido realizado em processos de produção de álcool e/ou açúcar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises comparativas realizadas entre as ferramentas do CEP no setor sucroalcooleiro. Levando em consideração as seguintes questões: (a) autores que contribuíram com estudos para a área analisada; (b) trabalhos científicos que contribuíram para o avanço da pesquisa e utilizaram as ferramentas do CEP: Cartas de Controle, Análise da Capabilidade, Diagrama de causa e efeito, 5W2H.

Algumas das sete magníficas ferramentas já descritas são bastante úteis para a equipe de implementação e melhoria, incluindo diagramas de causa e efeito, cartas de controle, análise da capacidade e 5W2H (OLIVEIRA; ANUNCIACÃO; LOPES, 2017).

A Figura 8 apresenta o fluxograma simplificado das etapas de produção de açúcar e etanol, onde através dessas etapas serão apresentados, a aplicabilidade das ferramentas do CEP nas etapas de investigar e solucionar problemas na produção, de acordo com as informações encontradas na literatura.

Figura 8: Fluxograma das etapas de produção de açúcar e etanol.

Fonte: Autora (2022).

Embora essas ferramentas sejam uma parte muito importante do CEP, elas compreendem apenas os seus aspectos técnicos. O controle estatístico de processos envolve a formação de um ambiente em que ele seja realmente o desejo de todos os indivíduos em uma organização para melhoria contínua em qualidade e produtividade (SORIANO; OPRIME; LIZARELLI, 2020).

Desse modo, para a implantação assertiva das ferramentas para o controle do processo produtivo, deve haver engajamento, treinamento e colaboração entre a alta gestão e todos os colaboradores envolvidos.

Os métodos de controle estatístico de processo podem prover um retorno significativo para as empresas, quando bem implementado. Apesar do CEP demonstrar ser uma coleção de ferramentas para solução de problemas com base estatística, o êxito de sua utilização exige mais

do que o conhecimento e uso dessas ferramentas (OLIVEIRA; ANUNCIACÃO; LOPES, 2017).

A aplicação das ferramentas do controle estatístico de processos nas indústrias sucroalcooleiras possibilita demonstrar para os seus administradores onde o processo produtivo deverá receber alterações e como tais alterações deverão ocorrer para a melhoria de cada processo produtivo dentro da usina.

A implantação do CEP é satisfatória para a detecção prévia de desvios, possibilitando rápidas intervenções corretivas no processo, comprovando a eficácia da ferramenta de Controle Estatístico do Processo. (LEITE, 2019).

4.1. Análise dos dados

Para realizar o controle estatístico de processos, planejamentos, ações e decisões são constantemente tomadas para prevenir que indicadores importantes variem em relação aos seus valores preestabelecidos, com o objetivo de assegurar estabilidade e confiabilidade do processo. Estas ações podem compreender: Planejamento e/ou mudança nas operações, alteração nos processos e equipamentos e treinamento dos operadores.

O plantio e colheita da cana - de - açúcar, são as etapas iniciais do processo de produção, por muitos anos essas atividades foram realizadas de forma manual, mas com o avanço da tecnologia e aumento da demanda produtiva, a utilização de máquinas para desenvolver tais atividades se fez necessária.

O processo de planejamento e controle da produção se inicia na elaboração do cenário agrícola. Este cenário é que define prioritariamente o que poderá ser produzido. Esse é um grande desafio para os gerentes, já que esse cenário é tradicionalmente dinâmico e muito difícil de prever em longo prazo, sendo comum haver grandes margens de erro (GIOVANNI, FREITAS E FRÓES, 2019). Nesse sentido, para a etapa de planejamento, as ferramentas da qualidade são de extrema importância.

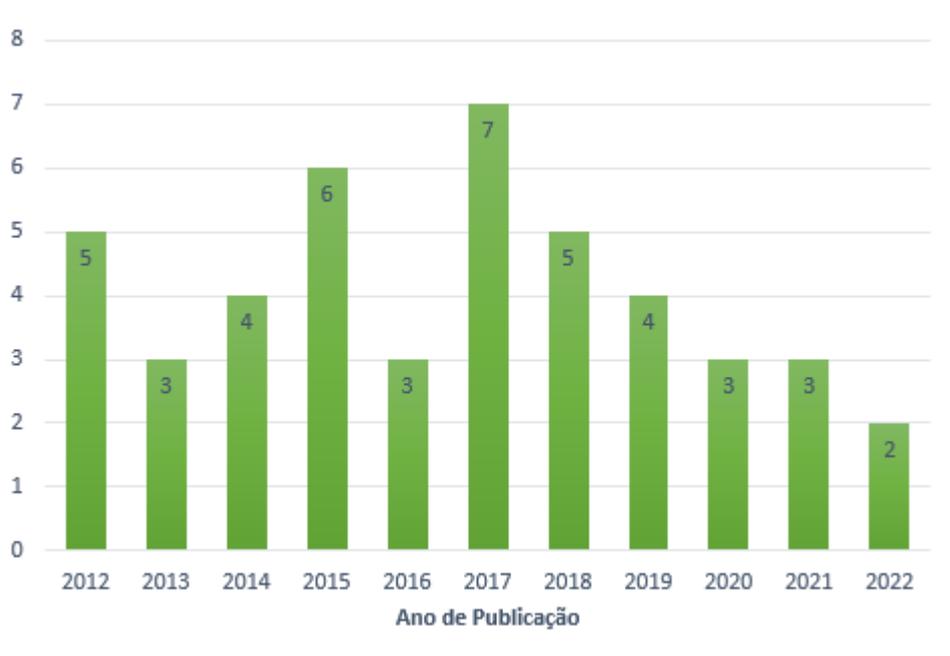
Manter as etapas de moagem, tratamento do caldo, refinamento e fermentação, sob controle e dentro dos parâmetros aceitáveis, é um ponto crucial para manter o processo produtivo capaz de produzir produtos de qualidade são várias as características que devem ser analisadas, fatores físicos, químicos e microbiológicos, que podem afetar diretamente a

qualidade dos produtos. Dessa forma, existe a necessidade de controle constante das variáveis que podem causar impactos negativos na produção para auxiliar os gestores nas tomadas de decisões e garantir um melhor rendimento da indústria e uma maior confiabilidade dos produtos (açúcar e etanol).

Um adequado planejamento da produção, compreende desde o dimensionamento de recursos humanos, máquinas e logísticas a serem empregadas e realizadas com critérios para que haja otimização econômica dos investimentos até a obtenção do resultado esperado que é a lucratividade da empresa (Pereira; Cavichioli, 2021).

Todo e qualquer processo produtivo estará sujeito a perdas e variações nos índices de qualidade, sejam elas na matéria-prima, processo ou produto final. Os métodos estatísticos de qualidade, são estudos recentes no setor sucroalcooleiro, (Gráfico 2) todavia com o auxílio das ferramentas de qualidade, têm se obtido avanços no monitoramento de práticas agrícolas mecanizáveis, obtendo resultados mais acurados, de modo que o processo seja realizado com maior eficiência (Pereira e Cavichioli, 2021).

Gráfico 2 – Publicações por ano sobre o controle estatístico de processos no setor sucroalcooleiro.



Fonte: Autora (2022).

O Gráfico 2 apresenta a distribuição de 45 trabalhos que realizaram estudos sobre a implementação das ferramentas do controle estatístico de processos no setor sucroalcooleiro,

nos últimos 10 anos. O maior índice de publicação foi no período de 2017 com 7 publicações, com estudos sobre a implantação das ferramentas do CEP no setor sucroalcooleiro. Em 2022 obteve-se o menor índice de publicações. Vale ressaltar que, nem todos os estudos publicados sobre o controle estatístico de processos no setor sucroalcooleiro foram realizados com base nas ferramentas cartas de controle, diagrama de causa e efeito, análise da capacidade e 5W2H.

Quadro 3 – Utilização das Ferramentas do CEP.

| Utilização da ferramenta | Fontes |
|--|--|
| Diagrama de causa e efeito | |
| Controle de variações no produto | SILVA, ALCAIDE E SANTOS, 2018; LEITE, 2019; Thomazini, 2012. |
| Controle da baixa produtividade | GIMENEZ, MACRI, 2021; |
| Causa de reclamações sobre o produto final | CREPALD, CATTELAN, 2022; SILVA, ALCAIDE E SANTOS, 2018. |
| Causas de impurezas no processo | ALMEIDA. <i>et. al</i> , 2021 |
| Perdas na produção | LOPES. <i>et al</i> , 2019. |
| Carta de controle | |
| Controle da colheita | SALVI, 2006; NORONHA. <i>et al</i> , 2011; |
| Controle do Plantio da cana | RAVELI, 2013. |
| Tratamento do caldo da cana | CHESCA, LEITE e LIMA, 2018; LEITE, 2019; SILVA, 2017. |
| Fermentação | SILVA, 2018. |
| Análise da capacidade | |
| Perdas na colheita | REIS, 2009. |
| Controle do plantio mecanizado | NORONHA, 2012. |
| Controle do BRIX° | ZORZATTO, 2012 |
| 5W2H | |
| Perdas na produção | LOPES. <i>et al</i> , 2019. |
| Qualidade do caldo | LEITE, 2019. |

Fonte: Autora (2022).

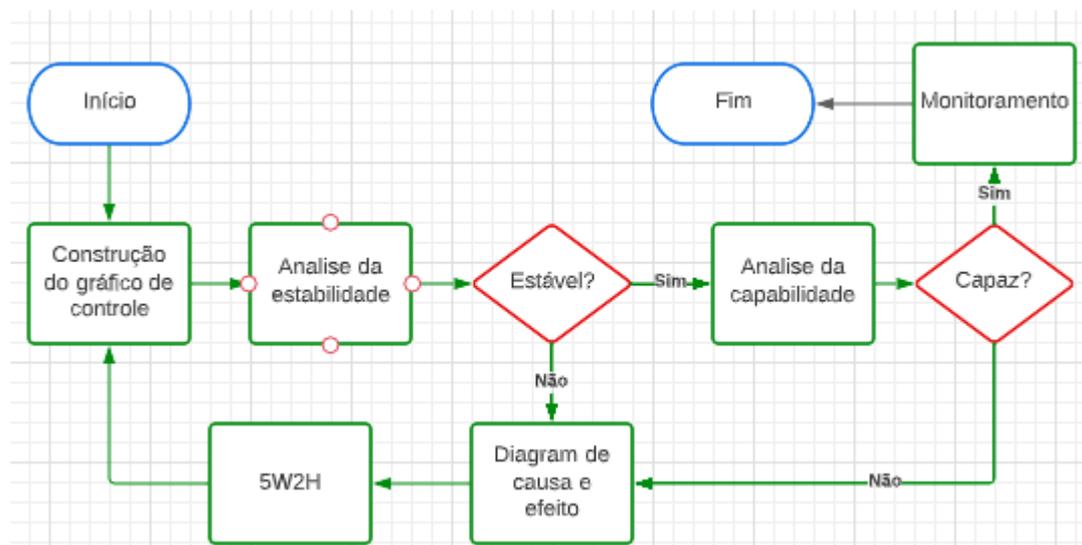
No Quadro 3, é possível observar que as ferramentas foram utilizadas nas usinas para realizar diversos tipos de controle, da etapa de planejamento do plantio até a entrega do produto final.

A aplicação das ferramentas de qualidade dentro da indústria sucroalcooleira, mostraria para seus administradores onde e como deverá haver alterações e melhoramento de cada área dentro da usina (SILVA, 2017).

Como pode-se observar no fluxograma da Figura 9, a utilização das ferramentas do CEP deve seguir uma ordem lógica na sua aplicação, para um melhor entendimento e controle das

variáveis, bem como na aplicação de medidas corretivas. Após identificar o setor na usina que deseja realizar o controle estatístico de processos, inicia-se o processo de análise através da construção do gráfico de controle e verificação de estabilidade do processo, se o estiver estável, realiza-se a análise da capacidade do processo, caso contrário, aplicasse a ferramenta “diagrama de causa e efeito” para identificar as possíveis causas da instabilidade e elabora-se o plano de ação através da ferramenta 5W2H. Após esta análise, será necessário construir um novo gráfico de controle e analisar a estabilidade e capacidade do processo caso estejam estável e capaz, respectivamente, realiza-se o monitoramento constante do processo.

Figura 9 – Controle estatístico de Processos.

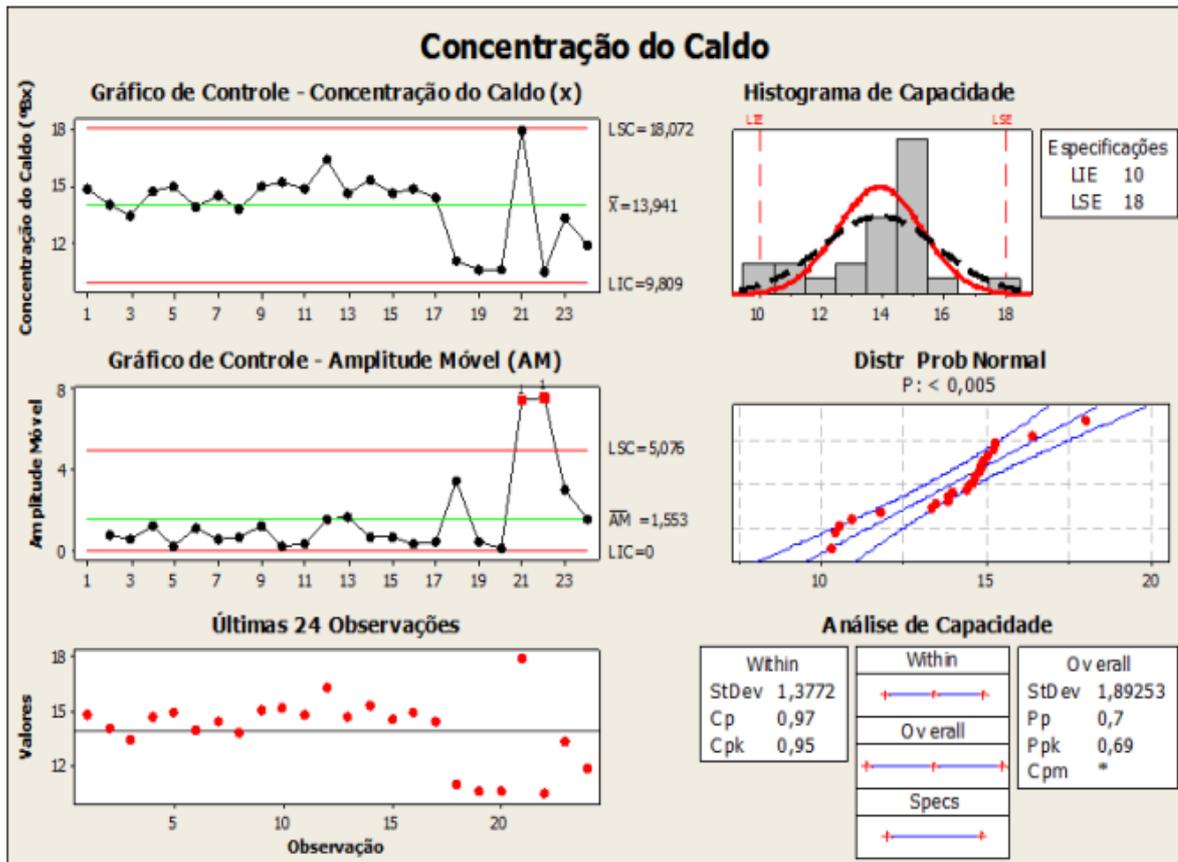


Fonte: Autora, 2022

A seguir, serão apresentados alguns exemplos práticos da utilização das ferramentas citadas em diferentes setores produtivos da usina sucroalcooleira.

A carta de controle é uma ferramenta importante para a melhoria do processo. Os processos não operam naturalmente em um estado sob controle, e o uso das cartas de controle é um importante passo inicial a ser tomado para eliminar causas especiais, reduzir a variabilidade do processo, e estabilizar o desempenho do mesmo (OLIVEIRA; ANUNCIAÇÃO; LOPES, 2017). Na Figura 10, pode-se observar a utilização das cartas de controle para identificar e analisar as normalidades no processo de extração do caldo da cana.

Figura 10 - Análise estatística de capacidade – concentração do caldo (°Bx).

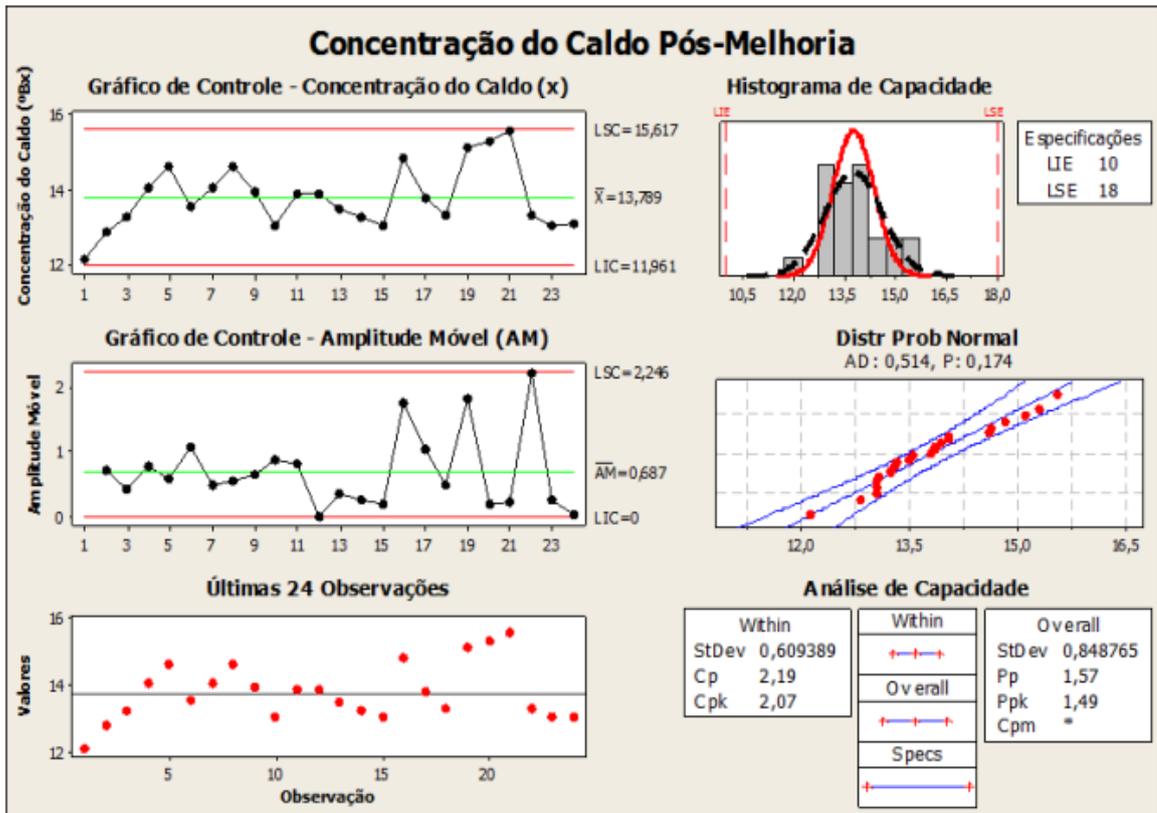


Fonte: Zarzatto, 2012.

A Figura 11, mostra a análise estatística de capacidade do processo em relação a concentração do caldo, e através do gráfico de controle x, constata-se que há uma variabilidade das amostras em relação ao processo normal, assumindo-se o controle de variáveis contínuas. Dessa forma, constatou-se que há anormalidades no processo de extração que estão prejudicando os parâmetros de concentração do caldo, e a busca por causas especiais deverem ser tomada, a fim de aplicar-se ações corretivas (Zarzatto, 2012).

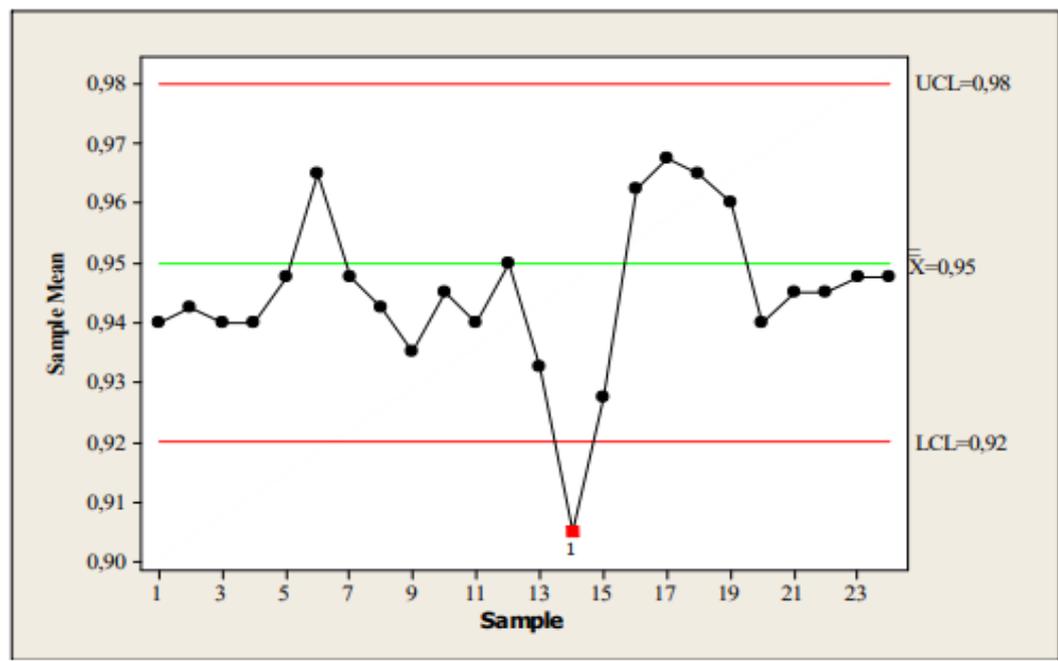
Após a identificação das causas que estavam impactando de forma negativa na produção e aplicando medidas corretivas, observou-se melhorias no processo, como mostra a (Figura 11).

Figura 11 - Análise estatística de capacidade pós-melhoria – concentração do caldo.



Fonte: Zarzatto, 2012.

Figura 12 – Gráfico de Controle para Analisar o Setor de Geração de Energia da Usina.

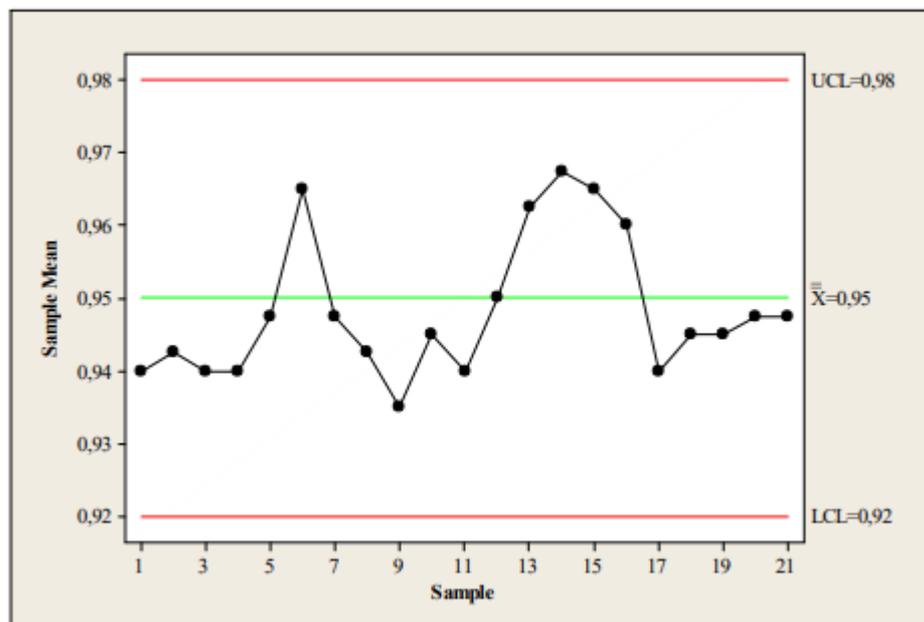


SOUZA, et al., 2015

Na Figura 12 primeiramente procedeu-se com a avaliação da estabilidade do processo em estudo. O processo não se encontra estável, tendo problemas entre os subgrupos na amostra 14 na carta de monitoramento da média e dentro dos subgrupos nos subgrupos 13 e 15 na carta de monitoramento do desvio-padrão. Dessa forma, deve-se aplicar o diagrama de Causa e Efeito para identificar as causas raízes de instabilidade do processo. Sendo identificada uma queda de tensão no gerador responsável pela distribuição de energia elétrica para a recepção, eliminando as amostras que tiveram o efeito da causa especial.

Após a identificação e aplicação de medidas corretivas, será necessário gerar um novo gráfico de controle, como podemos observar na Figura 13 todos os pontos encontram-se entre os limites superiores e inferiores de controle o que demonstra estabilidade no processo.

Figura 13 – Gráfico de Controle Após Remoção das Causas Especiais.



SOUZA, et al., 2015

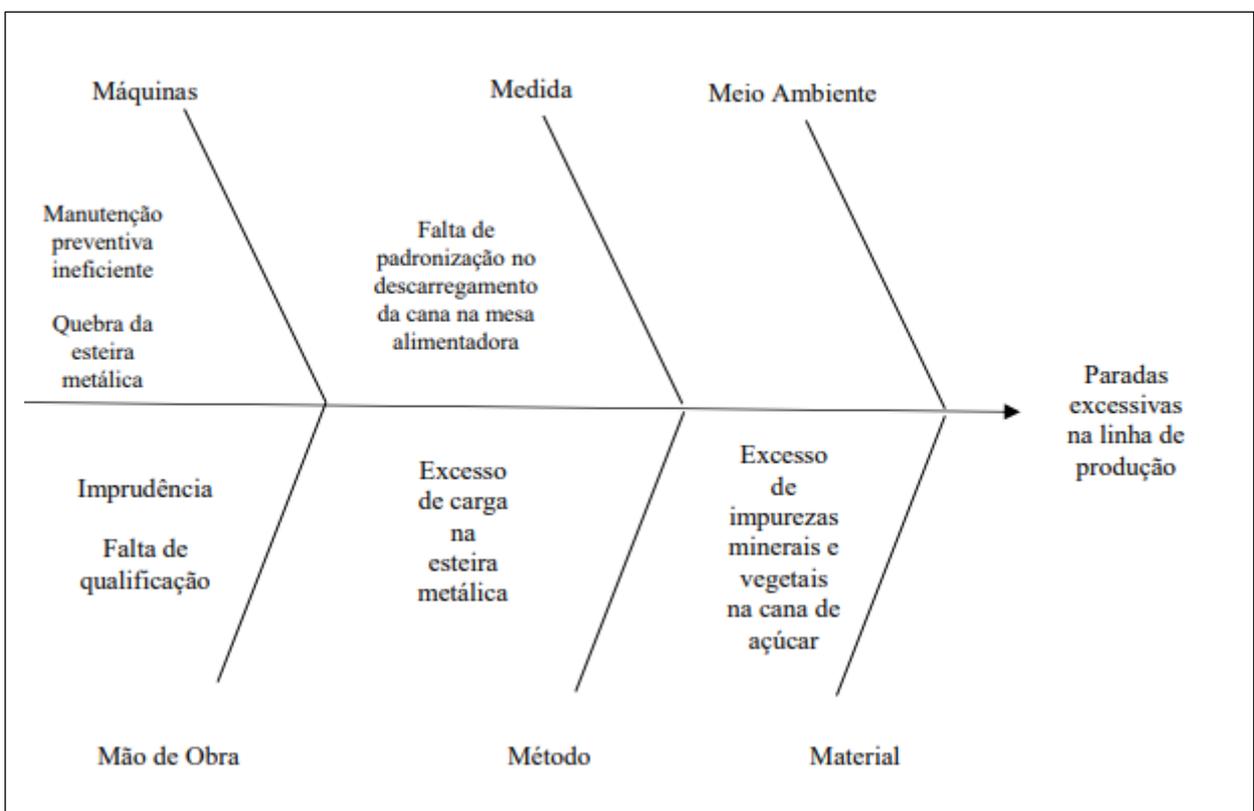
Nesse sentido, as cartas de controle possibilitaram, de acordo com REIS (2009), observar o processo fora de controle para perdas, indicando a ocorrência de causas especiais de variação interferindo no processo. Para esses atributos, verifica-se alta variabilidade dos dados, visualizada pelos pontos em vermelho ultrapassando os limites superiores de controle especificados nas cartas de amplitude.

O diagrama de Ishikawa elaborado, busca explorar e identificar as principais causas do problema identificado, que no caso, nos estudos analisados são as excessivas paradas na linha

de produção, impureza nos processos, controle da produtividade e reclamações nos produtos finais.

O Diagrama contribui para a identificação das causas raízes de defeitos ou atrasos no processo. A parada na linha de produção da moagem da cana por exemplo, pode ocorrer por diversos fatores, e o diagrama de causa e efeito ajuda na identificação dos mesmos, tais como a quebra da esteira metálica que pode ter ocorrido devido ao excesso de peso, excesso de impurezas vegetais e minerais na cana de açúcar e a falta de padronização no descarregamento na mesa alimentadora (LOPES, KONISHI e PESCUOMO, 2019).

Figura 14– Diagrama de causa e efeito para constatar paradas excessivas na produção.



Fonte: Lopes, *et al.*, 2019

Na Figura 14, pode-se observar diversos fatores que influenciam nas paradas excessivas na linha de produção. O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta extremamente eficaz em deduzir esses fatores.

Pelo diagrama pode-se identificar os erros que ocasionam os problemas como a falta de qualificação, imprudência dos funcionários e manutenção inadequada que propiciam falhas que podem ser evitadas se tais atividades forem executadas como previstas (Lopes, *et al.*, 2019).

Constatado as principais causas de falhas no processo de produção, a ferramenta 5W2H (Figura 15) é utilizada para propor melhorias a fim de solucionar os problemas identificados. Pois, tem como objetivo traçar ações e metas necessárias para alcançar os objetivos ou solucionar o problema. Embora os resultados não sejam definitivos, a importância desta ferramenta está no desdobramento de planos e de projetos, realizados de forma contínua e cada vez mais operacionalmente (VIEIRA e PASSOS, 2018; MEIRELES, 2001).

Figura 15 – 5W2H para constatar paradas excessivas na produção.

| What (O que?) | Why (Por que?) | How (Como?) | Where (Onde?) | Who (Quem?) |
|---|--|---|---|---|
| Padronizar o descarregamento da cana-de-açúcar na mesa alimentadora | Garantir que a linha de produção não pare devido à quebra da esteira metálica | Padronização no peso da carga depositada na esteira | Mesa alimentadora Esteira metálica | Engenharia de Planejamento e Processo |
| Reciclagem de treinamento operacional | Garantir segurança a equipe Evitar falhas operacionais | Oferecendo EPI's Oferecendo treinamento de qualificação | Setor do COI (Centro de operação integrado) Setor de moenda (onde a cana é recebida, preparada e processada) | Equipe do RH responsável pelo treinamento |
| Limpeza adequada da matéria-prima | Para evitar danos aos equipamentos devido ao excesso de impurezas minerais e vegetais | Adotando um novo sistema de limpeza | Mesa alimentadora | Engenharia de Planejamento e Processo |
| Manutenções preventivas e preditivas | Garantira a funcionalidade dos equipamentos Garantir a otimização do tempo de produção e recursos | Marcando paradas programadas Efetuando inspeções regulares | Setor de moenda (onde a cana é recebida, preparada e processada) | Equipe de PCM (Planejamento e controle de manutenção) |

Fonte: Lopes et al., 2019.

Para que o controle estatístico seja eficaz, é preciso que a gestão esteja fortemente engajada na proposta de atuação instantânea no processo no momento em que as regras suplementares são evidenciadas, empenhando a operação na investigação e resolução de desvios no processo. (LEITE, 2019).

4.2. Análise comparativa entre as ferramentas utilizadas

O Quadro 4 mostra a finalidade de uso das ferramentas para controlar os processos de fabricação do açúcar e etanol e os desafios de implementação, de acordo com os estudos analisados. Que em sua maior parte utilizaram as ferramentas para controlar as matérias primas, o processo de fermentação e entrega dos produtos

Quadro 4 – Comparativo entre as ferramentas.

| | Utilização | Vantagens | Desafios |
|----------------------------|---|--|---|
| Carta de Controle | Processo de controle do açúcar desde a colheita até a entrega do produto final. | Conhecer as causas raízes de variabilidade no processo; possibilita que os operadores tenham uma maior autonomia e controle. | Comprometimento da alta administração; Desconhecimento sobre as ferramentas; Falta de sincronia entre os colaboradores. |
| Análise da Capabilidade | Controle da matéria-prima e processo de fermentação. | Avalia o desempenho do processo. | Necessidade de treinamento gerencial; Equipe de implantação altamente capacitada. |
| Diagrama de Causa e Efeito | Controle das causas de reclamações nas especificações do açúcar e etanol; paradas excessivas na produção. | Encontrar as causas fundamentais do problema. | Alto comprometimento da equipe; Falta de planejamento. |
| 5W2H | Projeção de plano ação para o controle da matéria prima e perdas na produção. | Melhora a produtividade e gestão de projetos e tarefas. | Comprometimento da equipe e treinamento dos colaboradores. |

Fonte: Autora, 2022.

São inúmeras as vantagens da aplicação das ferramentas do CEP para as usinas, dentre elas a principal vantagem observada na aplicação do Controle Estatístico do Processo foi a possibilidade de detecção rápida do descontrole do processo para operação e gestão, agregando agilidade na atuação (LEITE, 2019).

Os desafios que as indústrias do setor sucroalcooleiro enfrentam na aplicação das ferramentas, são importantes para os engenheiros aplicá-las, destas formas, alguns desafios puderam ser observados:

- Comprometimento da alta administração;

- Desconhecimento sobre as ferramentas;
- Necessidade de treinamento dos colaboradores para compreender e aplicar as ferramentas;
- Alto comprometimento da equipe como um todo, para executar o plano de ação elaborados para a melhoria do processo;
- Equipe de implantação altamente capacitada;
- Condições das estruturas dos parques industriais;
- Comprometimento da equipe e treinamento dos colaboradores.

Um dos maiores desafios na implantação do CEP, é o desconhecimento das ferramentas, muita das vezes, os próprios operadores desconhecem os conceitos básico de estatística e aplicabilidade dos mesmos, na maioria dos casos os funcionários que trabalham no chão de fábrica são pessoas pouco instruídas, necessitando assim, de treinamento para conseguir aplicar as ferramentas de forma assertiva.

Quando se vai realizar a implantação controle estatístico de processo, é necessário que exista uma forte sincronia entre as equipes de operadores das máquinas do setor analisado, pois, normalmente em algumas usinas não existem uma ligação entre as trocas de turnos dos operários, fazendo com que haja uma falta de comunicação e dificulte a aplicação do CEP.

A resistência em aplicar algo novo também é um desafio bastante encontrado, quando a indústria ainda não trabalha com o controle estatístico de processos, e deseja realizar a implantação do CEP, à uma certa resistência natural dos colaboradores as mudanças, nesse caso, apenas uma equipe de implantação muito dedicada e instruída é capaz de quebrar essa resistência para a implantação das ferramentas. Para isso, os níveis estratégicos, operacionais e táticos necessitam de uma plena sincronia, todavia isso nem sempre acontece.

Além disso, as condições em que o parque industrial se encontra é um grande desafio, caso as instalações e maquinários sejam defasados e apresentem problemas frequentes por serem velhos demais, fica difícil para os colaboradores identificarem e separarem as causas comuns e especiais, que causam variações e defeitos nos produtos.

O Quadro 5 teve como objetivo investigar a frequência em que os autores utilizaram as ferramentas para controlar os processos, sendo: (0) não utilizado, (1) baixo nível de utilização, (2) nível mediano de utilização e (3) altamente utilizada.

Quadro 5 – Frequência de utilização das ferramentas do CEP

| | Controle do plantio e colheita da cana | Tratamento do caldo | Destilaria | Produto final |
|----------------------------|--|---------------------|------------|---------------|
| Carta de controle | 3 | 2 | 3 | 1 |
| Diagrama de causa e efeito | 3 | 2 | 2 | 3 |
| Análise da capacidade | 1 | 3 | 3 | 0 |
| 5W2H | 2 | 1 | 0 | 3 |

Fonte: Autora 2022.

No quadro 5 pode-se notar a frequência de utilização das ferramentas pelos autores. vale ressaltar que alguns autores utilizaram mais de uma ferramenta na análise dos processos produtivos para realizar os seus estudos. Pode-se notar também que, na maioria dos casos, as ferramentas “diagrama de causa e efeito” e “Cartas de controle” eram quase sempre utilizadas em um mesmo trabalho.

Quadro 6 – Comparativo entre a utilização das ferramentas nas publicações por ano.

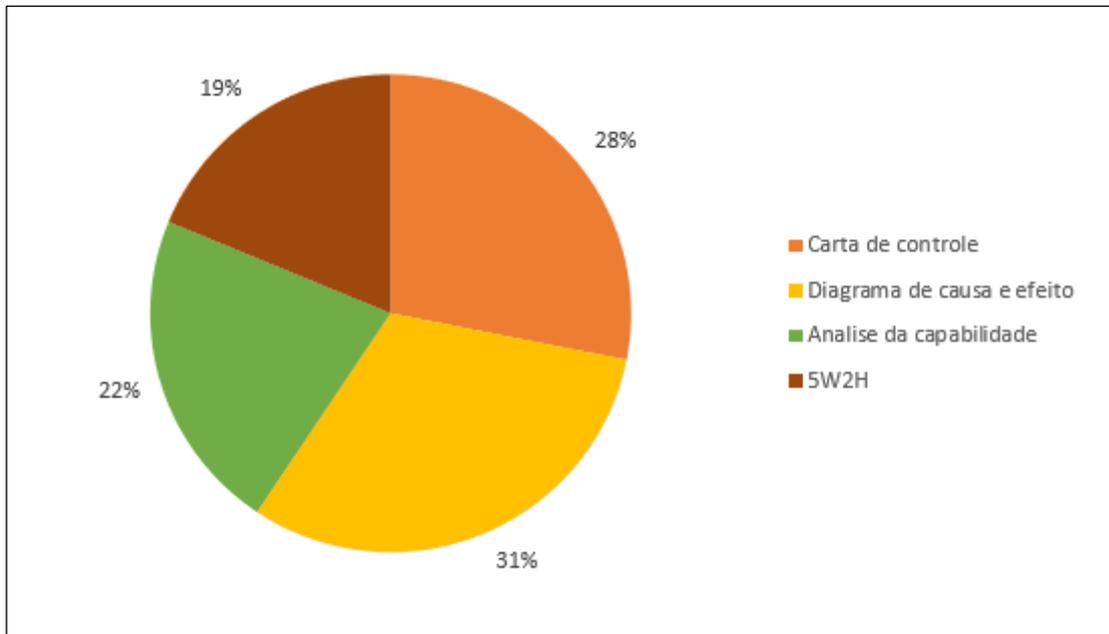
| | Cartas de Controle | Diagrama de Causa e efeito | Análise da Capacidade | 5W2H |
|--------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|----------|
| 2022 | | 2 | | 1 |
| 2021 | 1 | 1 | | |
| 2020 | | 2 | | 1 |
| 2019 | 1 | 3 | | 1 |
| 2018 | 2 | 1 | | |
| 2017 | 1 | | 1 | |
| 2016 | | 1 | | |
| 2015 | 1 | 1 | | |
| 2014 | 2 | | 2 | |
| 2013 | 1 | | | |
| 2012 | 1 | 1 | 1 | |
| Total | 10 | 12 | 4 | 3 |

Fonte: Autora, 2022.

No Quadro 6 evidenciapode ser observado a quantidade de vezes em que cada uma das ferramentas foram utilizadas em trabalho distintos. Para uma análise final, optou-se

por realizar um gráfico afim de demonstrar a porcentagem de utilização das ferramentas (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Gráfico de utilização das ferramentas.



Fonte: Autora, 2022

O Gráfico 3 teve como objetivo quais das ferramentas analisadas teve a maior porcentagem de utilização de acordo com a bibliografia coletada. Evidenciando assim, que o diagrama de causa e efeito, seguido pelas cartas de controle, obtiveram os maiores índices.

A análise comparativa entre as ferramentas do CEP mostrou que os autores dos estudos analisados, tem uma maior preferência em utilizar as ferramentas, “cartas de controle”, “diagrama de causa e efeito” e a ferramenta “5W2H” para realizar o controle da matéria prima.

A ferramenta de “Análise da capacidade” teve seu nível mais alto de utilização para controlar problemas relacionados aos setores de tratamento do caldo para a produção de açúcar e na destilaria para produção do etanol.

O Diagrama de Causa e Efeito destacou-se em quase todos os setores de acordo com os estudos analisados. Isso se dá pela forma simples de aplicar a ferramenta e pela capacidade de identificação de causas de problemas que é comum a todos os setores.

No que diz respeito à utilização das cartas de controle, na pesquisa ela possui importância equivalente ao “diagrama de causa e efeito”, pelo seu grande potencial em controlar processos produtivos, podendo identificar variações de especificações nos produtos.

Além disso, as cartas de controle são fundamentais para realizar a utilização de outras ferramentas, como no caso da análise da capacidade do processo, que de acordo com SOUZA *et al.*, (2014), para analisar os índices de capacidade do processo, como já mencionado, é necessário que o processo esteja estável. Dessa forma, deve-se investigar as causas especiais que ocorreram no processo.

Apesar da ferramenta 5W2H ter sido a ferramenta menos utilizada pelos autores, isso não quer dizer em hipótese alguma que a ferramenta é menos adequada, pois, cada Engenheiro de produção ou Gestor de Operações, podem utilizar as ferramentas que melhor se adequa no momento analisado, podendo escolher utilizar apenas uma ou várias ferramentas, a depender das informações ou processo que deseja analisar. Cada uma das ferramentas citadas neste trabalho, possuem grande importância para o controle estatístico de processos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle estatístico de processos é composto, sobretudo, do monitoramento *online* dos processos. Neste trabalho foi realizado uma análise comparativa por meio de gráficos de controle, diagramas de causa e efeito, 5W2H e da análise da capacidade de processos. Todas estas ferramentas citadas anteriormente, são baseadas em estimativas de parâmetros de processos tais como: variáveis de controle, média e desvio padrão.

O controle estatístico de processos tem como objetivo assegurar a qualidade dos produtos e garantir a satisfação dos clientes. Na indústria, as ferramentas visam administrar os processos, para reduzir as perdas, minimizar os custos e prover a padronização das linhas produtivas, afim de aumentar a produtividade com produtos dentro das especificações.

As ferramentas do controle da qualidade (Cartas de Controle; Diagrama de Causa e efeito; Análise da Capacidade; e 5W2H), têm a capacidade de diagnosticar problemas na produção e produtos, bem como auxiliar nos processos de aplicações de melhorias. Dessa forma possibilita o controle do processo como um todo.

Analisando os trabalhos estudados, foi possível constatar que também existem algumas dificuldades para a utilização das ferramentas pelas indústrias. Como falta de comprometimento e treinamento das equipes para realizar o plano de ação para implantar as melhorias dos processos.

Foi possível constatar que as ferramentas: “Diagrama de Causa e efeito” e “Cartas de Controle” possuem um maior índice de utilização para realizar o controle de processos, enquanto a ferramenta “5W2H”, foi pouco utilizada. As “cartas de controle e análise da capacidade”, teve uma incidência maior de utilização nos processos de destilaria e controle do caldo da cana.

Notou-se que a ferramenta diagrama de causa e efeito e 5W2H quando aplicadas de modo assertivo, proporcionam uma visão ampla e melhor entendimento dos problemas,

propiciando a formulação de estratégias que possibilitam agir diretamente no problema, trazendo melhorias nos resultados finais.

A análise comparativa entre as ferramentas possibilitou demonstrar as diversas utilidades das mesmas, para identificar diversos tipos de problemas e aplicar soluções em setores diferentes nas indústrias.

O estudo e aplicação do CEP nas indústrias se mostrou fundamental para constatar e analisar se um definido processo estar capaz e eficiente para produzir itens na qualidade esperada. Essa análise é feita tanto nos requisitos quantitativos quanto qualitativo, tendo como objetivo, diminuir ou zerar (quando possível) as variáveis que influenciam de forma direta no custo produtivo, aumentando assim, a qualidade dos produtos (açúcar e álcool) fazendo com que a usina se garanta no mercado competitivo e aumente a satisfação dos seus clientes.

Apesar da importância do setor sucroalcooleiro para a economia do país, o número de artigos científicos que trata do controle da qualidade nesse setor, foi relativamente baixo. Sendo encontrado em posição de destaque 48 artigos relacionados ao tema no período de 10 anos. Vale ressaltar que este trabalho foi elaborado com relação às quatro ferramentas do CEP, “cartas de controle”, “análise da capacidade”, “diagrama de causa e efeito” e “5W2H”. Para trabalhos futuros, aconselha-se que a análise comparativa seja realizada abordando as demais ferramentas do CEP.

Verificou-se também, a carência de estudos que mostrem de forma efetiva os principais desafios de implementar as ferramentas do CEP mencionadas tendo isso em mente, há uma necessidade de explorar questões relacionadas ao tema. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se incluir as demais ferramentas do controle estatístico de processos e realizar a revisão de literatura em outros idiomas, para aumentar a população de amostras e demonstrar resultados mais completos.

Como limitações deste trabalho, destacam-se que, apesar da importância das ferramentas do CEP para o controle e melhoria dos processos no setor sucroalcooleiro, o número de trabalhos publicados utilizando as ferramentas: Cartas de controle, diagrama de causa e efeito, análise da capacidade e 5W2H, é relativamente baixo, o que impossibilita realizar uma análise completa sobre a utilização dos mesmos. Também existem situações onde os autores não citam os desafios de implantação das ferramentas de forma direta, o que apenas com uma leitura mais criteriosa pode-se identificar os desafios.

O importante no CEP é escolher um tipo de dado para mensurar. Este processo envolve coleta, análise e interpretação de resultados baseados nas informações contidas em dados estratégicos da empresa.

Esses dados podem ser do tipo variável, relativos a características específicas do processo ou ser algo atribuído, voltada para o lado qualitativo da análise. Essa escolha inicial interfere nas próximas etapas e permite que as ferramentas de apoio utilizadas sejam adequadas para o tipo de informação analisado.

Checar a confiabilidade dos dados avaliando a forma como os dados foi coletado. Quais as ferramentas estão sendo utilizadas que permitam dados sólidos a serem utilizados com o envolvimento da equipe e distribuição do trabalho garantindo otimizar as conferências. Os dados corretos vão levar o CEP para o objetivo esperado de corrigir as variações e melhorar os processos.

Após a definição do tipo de dado e realização da checagem de confiança feita se faz necessário realizar a coleta das informações para o CEP. Fato decisivo: organizar a equipe em pequenos grupos para fazer a coleta e identificar as principais ocorrências que estão gerando variações.

Para que o trabalho do controle estatístico de processo ter resultados válidos é preciso criar planos de ação para corrigir as variações detectadas pela equipe. Assim, o controle acontece de maneira completa com a detecção e a correção das variações encontradas. Para orientar as mudanças podem ser criados Mapas Conceituais com as etapas para correção. Essa ação pode ajudar a equipe a conduzir as correções.

Fazendo a coleta, análise e implementando planos de ação é possível verificar quais os benefícios que o controle estatístico está trazendo para a empresa. É importante anotar todos os procedimentos que deram certo e realmente corrigiram as falhas identificadas. Os líderes das equipes devem repassar entre si essas informações para que todos fiquem cientes das melhorias realizadas e possam segui-las. Criar relatórios periódicos pode facilitar esse repasse.

Para fechar o controle estatístico de processo é obrigatório estabelecer os parâmetros para monitorar as correções implementadas. Esse acompanhamento pode acontecer de forma mais frequente após a aplicação e depois ser mais espaçado. Desta forma a equipe garante que implementou uma mudança efetiva e pode focar na correção da próxima prioridade da lista.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. B.; BONINI, L. M. de M.; MAIELLARO, J. R.. **Análise da Capabilidade do Processo de Extrusão**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 320–334, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i6.5833. Disponível em: <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/5833>. Acesso em: 20 set. 2022.
- CASTRO, H. F. **Indústria Açucareira**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena – EEL. 2013.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do Setor do Açúcar e do Etanol no Brasil. Edição para a safra 2014/15**. Brasília, 2017.
- CORRÊA, F. R. **Gestão da qualidade**. Volume Único – Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2019.
- CARVALHO, M. V. **Aplicação Do Controle Estatístico Do Processo No Envase De Líquido Em Saquinhos**. Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica. 2017.
- CRUZ, R. D. **GESTÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS: Mapeamento E Proposta De Melhorias De Processos Em Uma Secretaria Acadêmica De Uma Instituição De Ensino Superior Da Cidade De Palmas-TO**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Faculdade Católica do Tocantins. PALMAS – 2018.
- ESPADA, C. S. T. **Normalização de um Processo Produtivo Numa Cadeia Com Fluxo Não Balanceado: Caso Equipar**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto, 2018.
- FEROLDI, M.; URIO, M. B.; CREMONEZ, P. A.; ARAÚJO, A. V. de; TELEKEN, J. G. Gestão e Controle de Qualidade da Produção de Bioetanol. **Revista Monografias Ambientais**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 3377–3387, 2014. DOI: 10.5902/2236130813419. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/13419>. Acesso em: 28 out. 2022.
- GALVÃO, L. S. **Aplicação das ferramentas da qualidade diagrama de Ishikawa e ciclo PDCA na Agricultura familiar de Itinga do Maranhão**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção, Faculdade Vale do Aço, Açailândia, 2022. 31 f. Acessado em: 29 set. 2022. Disponível em: < <http://repositorio.favale.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/86> >.
- GONÇALVES, K. Y; BLOCK, N. C. S; CORRÊA, E. G; NEGRÃO, P. H. B; COSTA, G. S. A. **Processo produtivo do etanol hidratado a partir da cana de açúcar**. IX Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial – 2015.
- GOMES, A. S; GOMES, C. R. A. **Classificação dos tipos de pesquisa em Informática na Educação**. Jaques, Patrícia Augustin, 2019.
- GREGORI, D. R; LOPES, L. F. D; CARETTA, P. S. **CUSTOS DA QUALIDADE: UMA FERRAMENTA PARA A GESTÃO DAS EMPRESAS**. XI Congresso Brasileiro de Custos – Porto Seguro, BA, Brasil, 27 a 30 de outubro de 2004.

GRIPP, H. S. **Aplicação do controle estatístico de processo para avaliar o coeficiente de fricção em embalagens flexíveis**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021. Disponível em:

< <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25594>> Acessado em: 20 set. 2022.

GROSBELLI, A. C. **Proposta de Melhoria Contínua Em Um Almoarifado Utilizando A Ferramenta 5w2h**. TCC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Coordenação de Engenharia de Produção Curso de Graduação Em Engenharia de Produção. Medianeira, P. 52. 2014.

ISO 8258:1991. **Shewhart control charts**. International Organization for Standardization, Switzerland, 1991.

GIOVANNI, D. H; FREITAS, T. P; FRÓES, N. J. M. **O planejamento e controle da produção em uma usina de açúcar e álcool - 2019**

JÚNIOR. M. P. S. **Um Sistema Para Monitorar E Controlar A Qualidade De Processos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia - ICET.

Itacoatiara – Amazonas, 2021. Disponível em:

<http://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/5883>. Acesse em: 28 out. 2022.

LIMA, A. A. N. at al. **Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica**. In: REVISTA DE CIENCIA FARMACEUTICAS BÁSICA E APLICADA, 177., 2006, Recife: Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl., v. 27, n.3, p.177-187.

LIMA, J. R. T. (2021). **A Realidade Produtiva Do Setor Sucroalcooleiro Alagoano No Período de 2008 a 2018**. *Revista Contexto Geográfico*, 6(11), 01–18.

<https://doi.org/10.28998/contegeo.v6i11.11416>.

LEITE, L. M. F. **Implantação Do Controle Estatístico No Processo De Caleação Da Fabricação De Açúcar**. Tese de Mestrado em Engenharia Química – Mestrado Profissional da Universidade de Uberaba (PPGEQ-MP/UNIUBE), (2019). Acesse < <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/1108> >.

LOPES, J. A; KONISHI, I. C. S. F; PESCUOMO, L. O. B. **Aplicação Das Ferramentas De Gestão Da Qualidade No Processo Produtivo Do Etanol: Um Estudo De Caso**. Humanidades & Tecnologia Em Revista (Finom) - Issn: 1809-1628. Ano Xiii, Vol. 18- Jandez 2019.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4ªed. LTC, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade** / Douglas C. Montgomery ; tradução e revisão técnica Ana Maria Lima de Farias, Vera Regina Lima de Farias e Flores. 7. ed. [Reimpr.]. Rio de Janeiro : LTC, 2016b.

MACHADO, S. S. **Gestão da Qualidade**. – Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

NASCIMENTO, T. D. S. et al. **Controle Estatístico Do Processo Aplicado A Uma Empresa De Confeções De Pequeno Porte: Estudo De Caso.** XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018.

NOVACANA. **Usinas de Açúcar e Álcool no Estado: Alagoas.** Acessado em 9 Nov. 2022. Disponível em: https://www.novacana.com/usinas_brasil/estados/alagoas.

OLIVEIRA, H. P. *at al.* **Proposta de Modelo Simplificado Para Implantação do Controle Estatístico de Processo (CEP) Na Indústria Química/Petroquímica de Processo Contínuo.** Revista Acadêmica Universo Salvador, Vol. 3, No 5 (2018). Acessado em 14/09/22. Acesse em <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1UNIVERSOSALVADOR2&page=article&op=view&path%5B%5D=5462&path%5B%5D=03> >.

OLIVEIRA. H. P; ANUNCIACÃO. W. R; LOPES. M. F. S. **Proposta de Modelo Simplificado Para Implementação do Controle Estatístico de Processo (Cep) Na Indústria Química / Petroquímica de Processo Contínuo.** Revista Acadêmica Universo Salvador, Vol. 3, No 5 (2017). Acessado em 28. Out. 2022. Acesse em < <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1UNIVERSOSALVADOR2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=5462&path%5B%5D=2977> >.

PEREIRA, D. N.; CAVICHIOLI, F. A. . **A Importância Da Qualidade No Processo Do Plantio Da Cultura Da Cana-De-Açúcar.** Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 844–856, 2021. DOI: 10.31510/inf.v18i2.1335.

PEREIRA, I. Z; SANTOS, I. F. S; SILVA, H. L. C; BARROS, R. M. **Uma Breve Revisão Sobre A Indústria Sucroalcooleira No Brasil Com Enfoque No Potencial De Geração De Energia.** Revista Brasileira de Energia | Vol. 25, Nº 2, 2º Trimestre de 2019. Acessado em 9 Nov de 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47168/rbe.v25i2.477>.

PRIEBE, Dieni Cristine. Diagrama de Ishikawa: Proposta para identificação de causas de evasão. **Saber Humano: Revista Científica da Faculdade Antonio Meneghetti**, [S.l.], v. 12, n. 20, jul. 2022. ISSN 2446-6298. Disponível em: <https://saberhumano.emnuvens.com.br/sh/article/view/540/527>>. Acesso em: 29 set. 2022. doi:<https://doi.org/10.18815/sh.2022v12n20.540>.

ROCHA, H. M. **Controle Estatístico de Qualidade.** Volume – Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2019.

REIS, G. N. **Perdas Na Colheita Mecanizada Da Cana-De-Açúcar Crua Em Função Do Desgaste Das Facas Do Corte De Base.** Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal. São Paulo, 2009.

RAVELI, M. B. **CONTROLE DE QUALIDADE NO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR.** Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal – SÃO PAULO – BRASIL, Fevereiro de 2013.

RIBEIRO, J. L. D; CATEN, C. S. T. **Controle Estatístico do Processo Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de controle para Atributos, Função de Perdas Quadráticas, Análise de Sistemas de Medição.** 2012. 171f. Pós-Graduação da UFRGS. Porto Alegre.

SEBRAE. Ferramenta: 5w2h – Plano De Ação Para Empreendedores. 2017. Acessado Em 11/09/22. Acesse Em <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/5W2H.pdf>>.

Alagoas. Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. **Diversificação Produtiva como Alternativa para a área Canavieira de Alagoas /Alagoas**. Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. – Maceió: SEPLAG, 2017. 29p.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico de Processo e Ferramentas da Qualidade**. In: MONTEIRO, M. (coord). *Gestão da Qualidade, teoria e casos*. Rio de Janeiro: Editora Elsevier/Campus, 2006.

SANTOS, P. S. **Estudo Da Gestão Da Qualidade Total E Sua Influência Na Produtividade Industrial**. Monografia Apresentada ao curso de Engenharia de produção - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa – 2017.

SILVA, D. F. *et al.* **METODOLOGIA DE PESQUISA**. 2. ed. Três Corações: Escola de Sargentos das Armas, 2021.

SORIANO, F. R; Oprime, CARLOS. P; LIZARELLI, F. L. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. Bauru Vol. 15, Ed. 1, (2020): 71. DOI:10.15675/gepros.v15i1.2259.

SOUZA, R. O; YAMASHITA, G. H; WERNER, L. **Análise Da Eficiência No Uso Da Energia Elétrica Em Uma Usina Sucroalcooleira Por Meio Dos Índices De Capacidade Do Processo Para Dados Não-Normais**. XXI Simpósio De Engenharia De Produção. Bauru, SP. 2014.

SILVA, Gonçalo Vítor dos Santos. **Controle estatístico do teor alcóolico na aguardente**. 2018. 55f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Produção, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/5053>.

SILVA, G. K. N. **Aplicação Das Ferramentas De Qualidade Na Produção Do Açúcar**. Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2018.

SILVA, C. O; MANZI, D. **Implementação do Controle Estatístico do Processo (Cep) na Análise de Controle da Vazão Mínima Noturna em Sistema de Distribuição de Água**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de São Paulo – Creasp. 2021. Acessado em 27 Out. 2022. Acesse em < https://www.creasp.org.br/arquivos/revista/revista4_artigo7_-_implementacao_do_controle_estatistico_do_processo_na_analise_de_controle_da_vazao_mima_noturna_em_sistema_de_distribuicao_de_agua.pdf >.

TACONELI, C. A. **CE219 - Controle Estatístico de Qualidade**. Universidade Federal do Paraná. 2017.

VIEIRA, K. T. PASSOS, C. A. **A utilização das ferramentas da qualidade para diminuir avarias no processo de distribuição de peças automotiva**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.12, n.2, p. 62-83, TRI II 2018. ISSN 1980-7031.

ZORZATTO, D. Proposição De Uma Metodologia De Implantação Do Controle Estatístico De Processo Em Uma Indústria Do Setor Sucroenergético. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Fundação Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados/MS 2012.