

Implementação da carta de controle no processo de secagem de uma fábrica de detergente em pó em Pernambuco

Orientando: Matheus Antonio Barros da Silva

mabs5@discente.ifpe.edu.br

Orientador: Djalma Araújo Rangel

djalma.rangel@igarassu.ifpe.edu.br

RESUMO

Este estudo utiliza cartas de controle para analisar as variações de umidade no processo de secagem de uma fábrica de detergente em pó, visando monitorar a estabilidade do processo ao longo do tempo e verificar sua conformidade com os requisitos estabelecidos. Essa ferramenta fornece uma representação real do processo aos gestores, contribuindo para a busca de estabilidade e aprimoramento na qualidade dos produtos fabricados. Permite o controle de variáveis mensuráveis e atributos que quantificam defeitos nos produtos finais. Gráficos de controle (média e amplitude) foram elaborados, evidenciando a vulnerabilidade do processo devido à falta de acompanhamento dos resultados de umidade (%). Ensaios físico-químicos realizados de janeiro a março de 2022 estabeleceram limites. A proposta deste estudo é a recomendação de um acompanhamento sistemático, com o objetivo de melhoria e padronização do sistema produtivo, impactando diretamente na qualidade dos produtos processados.

Palavras-chave: Detergente em pó; Controle estatístico de processos; Cartas de Shewhart; Processo de secagem.

1 – INTRODUÇÃO

No cenário atual, a qualidade na produção de produtos e serviços tornou-se uma condição essencial para que as organizações se mantenham competitivas em seus respectivos mercados. É crucial que eles busquem constantemente a estabilidade de seus processos e a produção de produtos de alta qualidade, pois quanto menor a variação em um processo, melhor será seu desempenho.

Com o intuito de detectar desvios em parâmetros essenciais do processo, reduzir o número de produtos fora das especificações, entre outros objetivos, a carta de controle ou gráficos de controle se destaca como uma das principais ferramentas no âmbito do Controle Estatístico de Processos (CEP), conforme destaque por Lima (2017). Essas ferramentas revelam dados visuais que podem ser usados para identificar pontos que se encontram fora dos limites, contribuindo assim para a identificação de medidas a serem tomadas no processo monitorado.

Dentro deste contexto, podemos mencionar a indústria de fabricação de detergentes em pó, um produto amplamente utilizado pelos brasileiros em suas atividades domésticas, onde conseqüentemente há um alto número de produção, surgindo a necessidade de controle dos números gerados pelo processo. De acordo com uma pesquisa recente, os brasileiros fazem uso diário de pelo menos oito produtos diferentes, tendo como destaque o detergente líquido, desinfetante e lavapropas em pó, em termos de presença nas residências. (Veja, 2023)

A produção de detergentes em pó envolve duas fases distintas: a fase úmida, que engloba as etapas que precedem a torre de secagem, e a fase seca, que compreende as operações subseqüentes à secagem.

Foi identificado que uma empresa fabricante de detergentes em Pernambuco não possui a implementação do CEP na fase seca de produção. Isso tem gerado resultados que não atendem às especificações condicionais, levando ao descumprimento das especificações internas estabelecidas. Diante do exposto, questiona-se:

Assim, como é possível evitar ou mesmo reduzir a variabilidade nos processos, e fazer alcançar um produto de qualidade que atenda às suas especificações?

Com o intuito de oferecer suporte à empresa na abordagem desses desafios, o presente artigo tem como objetivo empregar as ferramentas de Controle Estatístico

de Processos em uma empresa para o acompanhamento dos resultados de umidade (%) da etapa selecionada para estudo, *spray dryer*.

Logo, este estudo pretende oferecer instrumentos que podem ajudar a empresa a aprimorar a eficiência operacional, e manter a qualidade do processo e do produto, visto que a implementação de cartas de controle possibilita monitorar e gerenciar continuamente o processo, identificando variações e oportunidades de melhoria.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentados conteúdos a respeito do Controle Estatístico do Processo (CEP) e sua origem, bem como de algumas ferramentas utilizadas no estudo. Além disso, é feita uma revisão da literatura a respeito de tópicos contendo importantes definições e teoria para uma melhor interpretação dos cálculos teóricos, procedimentos e execuções empregadas neste trabalho.

2.1 – CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

O Controle Estatístico de Processo, comumente referido pela sigla CEP ou pelo termo em inglês SPC (*Statistical Process Control*), é caracterizado como uma série de ferramentas estatísticas projetadas para estabilizar um processo através da diminuição de sua variabilidade. Tem como propósito conduzir um processo a um estado de controle mais consistente. (DE LIMA, 2019)

O Controle Estatístico de Processo permite monitorar se o processo produtivo ocorre seguindo os preceitos da organização e a legislação vigente e, caso sejam identificados desvios do processo, é possível identificar as causas do problema para em seguida realizar ações de correções na linha de produção. (DANTAS, 2019, p 6)

A base do CEP é a divisão da variação do processo em variação de causa comum e variação de causa especial. Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2018), a variabilidade do processo são as flutuações dos resultados presentes entre os itens produzidos em consonância com as suas causas, ou seja:

- Causa comum: Refere-se à variabilidade natural do processo, causando leves alterações nos produtos finais. Um exemplo é a diferença na quantidade de leite entre sacos produzidos. Essa variação é originada de fatores diversos como variações nas matérias-primas, condições ambientais e métodos de produção, características naturais da fabricação.
- Causas especiais: são flutuações atípicas dos resultados referentes ao processo, ou seja, de resultados largos de um para o outro, como por exemplo, um lote de matéria-prima defeituoso.

2.1.1 Gráfico de controle ou carta de controle

De acordo com Louzada *et al.* (2013), o interesse inicial do CEP está ligado ao monitoramento da variabilidade. No mesmo instante em que se verifica que essa variabilidade é constante no decorrer do tempo, logo, realiza-se então o controle da média do processo.

É fundamental destacar que existem duas categorias principais de gráficos de controle: gráficos ou cartas de controle por variáveis, aquelas que lidam com variáveis contínuas, ou seja, unidades quantitativas de medida (como peso, altura, comprimento). E os gráficos ou cartas por atributos, que tratam de variáveis discretas. São usados para contar características de qualidade que podem ou não atender às especificações (como cor, tipo de acabamento, quantidade de defeitos em peças produzidas). (SOUZA, 2003)

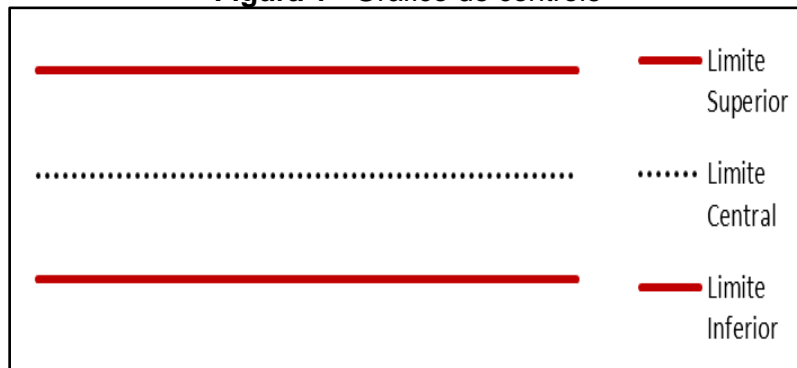
Os mais amplamente empregados para o monitoramento de variáveis quantitativas são aqueles relacionados à média (\bar{X}) e à amplitude (R) originalmente apresentados por Walter A. Shewhart. Um exemplo notável é o gráfico de controle da média, que normalmente inclui duas linhas horizontais, conhecidas como limites superior e inferior, e uma linha central que corresponde ao valor médio do parâmetro quando o processo está sob controle estatístico. (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2018)

Conforme o mesmo autor, no controle estatístico, quando o processo está sob controle, os pontos no gráfico se agrupam próximos ao limite central, sem ultrapassar os limites de variabilidade. No entanto, quando o processo sai do controle, os pontos no gráfico excedem esses limites superior e inferior, indicando problemas no processo.

Segundo Rocha (2019), durante a construção dos gráficos de controle, a revisão das amostras que apresentam pontos além dos limites (ou seja, aqueles decorrentes de causas especiais) tem como objetivo simular um processo sujeito apenas a causas comuns. Uma vez que tenham sido eliminados os pontos que ultrapassam os limites, torna-se necessário recalcular os limites para um processo que, em teoria, deveria estar sujeito exclusivamente a causas comuns.

Adotando também as sugestões de Costa, Epprecht e Carpinetti (2018), onde é aconselhável iniciar a construção dos gráficos com o gráfico R. Justifica-se, pois o gráfico R é afetado apenas pela dispersão, enquanto o gráfico X foi afetado tanto pela dispersão, como pelo deslocamento da média. E a partir dessa análise, podemos estabelecer limites de controle para monitorar a produção futura.

Figura 1 - Gráfico de controle



Fonte: Autoria própria (2022)

Neste gráfico são introduzidas as médias das amostras, no intuito de controlar os valores médios da variável que está sendo monitorada, portanto, o nível médio do processo a partir da variabilidade das amostras. Segundo Rocha (2019), os gráficos \bar{X} e R devem ser utilizados conjuntamente, com o objetivo de garantir um acompanhamento mais eficiente do processo.

Cada tipo de carta de controle possui cálculos específicos para determinar seus limites superiores, inferiores e centrais. Conforme apontado por Costa, Epprecht e Carpinetti (2018), ao desenvolver uma carta de controle do tipo \bar{X} e R, as equações para estabelecer seus limites são:

$$LM_R = \mu_R \tag{1}$$

$$LM_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} \tag{2}$$

$$LSC_R = \mu_R + 3\sigma_R \quad (3)$$

$$LIC_R = \mu_R - 3\sigma_R \quad (4)$$

$$LSC_{\bar{x}} = \mu_{\bar{x}} + 3\sigma_{\bar{x}} \quad (5)$$

$$LIC_{\bar{x}} = \mu_{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}} \quad (6)$$

Onde:

LSC = Limite Superior de Controle μ = Média

LIC = Limite Inferior de Controle σ = Desvio Padrão

LM = Linha Média

3 – METODOLOGIA

Este trabalho é classificado como aplicado devido a sua aplicabilidade em uma empresa. Usa uma abordagem quantitativa para coletar e analisar dados. Seus objetivos são descritivos, pois descreve as características de uma etapa na produção industrial e as suas relações entre variáveis. Em outras palavras, ela não apenas busca respostas imediatas, mas também se concentra em criar uma base sólida para pesquisas posteriores, explorando novas ideias e possibilidades.

Tornou-se necessário obter-se os dados referentes aos resultados de umidade na etapa estudada na empresa em questão a fim de ter um melhor entendimento a respeito de como estava o comportamento dos resultados. O estudo foi abordado através de amostras coletadas no processo produtivo. Para a aplicação do CEP na empresa, foram seguidas as seguintes ações:

Inicialmente foi feita a definição do projeto, onde a variável definida para análise foi a umidade do pó que se obtém após etapa de secagem com resultados em percentual (%), etapa de número 11 descrito no item 4.1, ou seja, a torre de secagem (*spray dryer*). As análises de ensaios foram realizadas durante os meses de janeiro a março do ano de 2022. Costa, Epprecht e Carpinetti (2018), apresentaram uma lista

dos gráficos de controle, e definiu-se utilizar cartas de controle de variáveis, utilizando-se da média e da amplitude, por se tratar de unidades quantitativas de medida.

Por conseguinte, coletou-se os dados: fez-se necessário o uso de uma balança de umidade (semi-analítica). A balança utilizada foi fornecida pela empresa em estudo e tinha a precisão com 3 casas decimais. As análises foram feitas durante os 3 turnos existentes na empresa: Manhã (T1), Tarde (T2) e Noite (T3).

A coleta de dados abrangeu três meses e utilizou a mesma balança analítica para todas as medições, as quais foram retiradas de um único local. As coletas ocorreram a cada 8 horas, quando o operador verificava a estabilidade do processo de secagem e registrava os valores de umidade. No total, foram realizadas 23 coletas em cada mês, por turno. No final, obteve-se 69 resultados por mês.

Construiu-se os gráficos de controle: utilizou-se para o processamento dos dados do Software da Microsoft Office Home and Business, Excel, na versão 2016. Neste software foram lançados todos os dados levantados da pesquisa, que foram coletados durante certo tempo pela empresa em estudo. Com as facilidades que o software nos dá, a princípio buscou-se definir os valores máximos e mínimos, onde estes seriam utilizados no cálculo da amplitude, como também foi definida a média dos dados amostrais, baseando-se nas equações de 1 a 6 da fundamentação teórica.

Por fim, neste sentido, pode-se obter os gráficos de controle das amplitudes (R), e, subsequentemente, o gráfico de controle da média (\bar{X}) visto que são dados quantitativos, para compreender variabilidade do processo. Além de ter feito um estudo para demonstrar com base nos gráficos criados a relevância desta oportunidade de melhoria dentro do processo produtivo, que é a utilização das cartas antes mencionadas.

4 – ESTUDO DE CASO

Nesta seção são apresentados a descrição da empresa, o processo produtivo de detergente em pó e a metodologia que será seguida para aplicação do controle estatístico de processos na etapa de secagem (*spray dryer*).

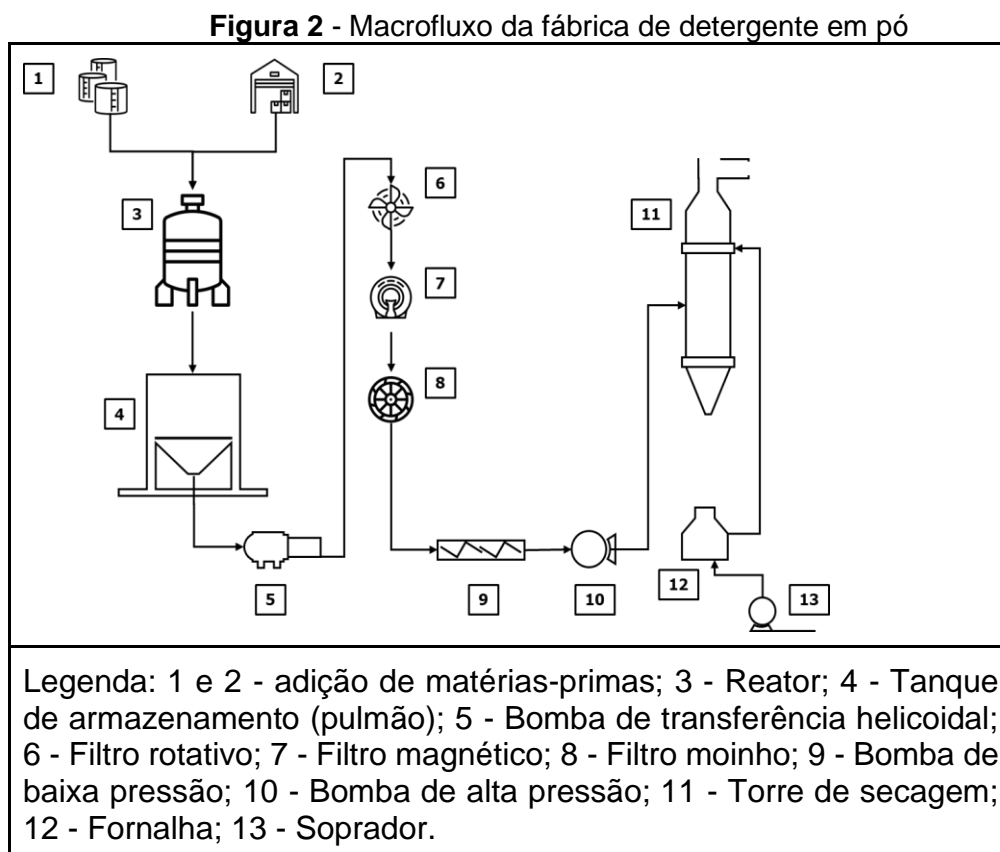
4.1 – DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa de estudo é uma indústria fabricante de produtos de higiene pessoal e de limpeza, com unidade de produção localizada em Pernambuco. A planta é formada por quatro polos fabris, e cada uma é responsável por um tipo de produto, e um desses polos fabris é responsável pela produção de detergente em pó, produto este envasado em sacos de plásticos e cartuchos de papelão.

O portfólio da fábrica chega a ter, em torno de, mais de 30 versões de produto distintas, dispostas em 3 linhas de produção, que se subdivide em produtos de fragrâncias e dimensões de embalagens variadas. A mesma unidade também é responsável pela maior parte do faturamento da empresa, onde sua produção chega a aproximadamente 330 toneladas de produto/dia.

4.2 – PROCESSO PRODUTIVO DA FÁBRICA EM ESTUDO

A figura 2 apresenta o macrofluxo do processo para produção de detergente em pó:



Fonte: Autoria própria (2022)

O início do processo se dá com a chegada das matérias-primas líquidas nos tanques (1) e das matérias-primas sólidas nos silos (2) de armazenamento. Em seguida, essas matérias-primas são transportadas para o reator de mistura (3), onde se efetua a adição programada dos reagentes na quantidade e no tempo determinado programaticamente. É nesse reator que a pasta de detergente com alto grau de umidade é formada e posteriormente reservada em um tanque pulmão (4). O tanque pulmão tem a tarefa de fazer o processo ser contínuo, fornecendo pasta de acordo com a necessidade do processo.

Logo após, a pasta de detergente passa por uma bomba de transferência (5), seguindo para um filtro rotativo (6), onde grumos e pedras são retirados, e depois para o filtro magnético (7) que tem como objetivo a retenção de possíveis materiais ferrosos. A pasta formada tem viscosidade extremamente elevada, e grande facilidade para formar grumos, portanto, é extremamente importante o trabalho do moinho (8), pois desmancha quaisquer nódulos de material formado e dá as condições necessárias para o produto ser pulverizado pelos bicos da torre de secagem (11), sem que haja entupimento.

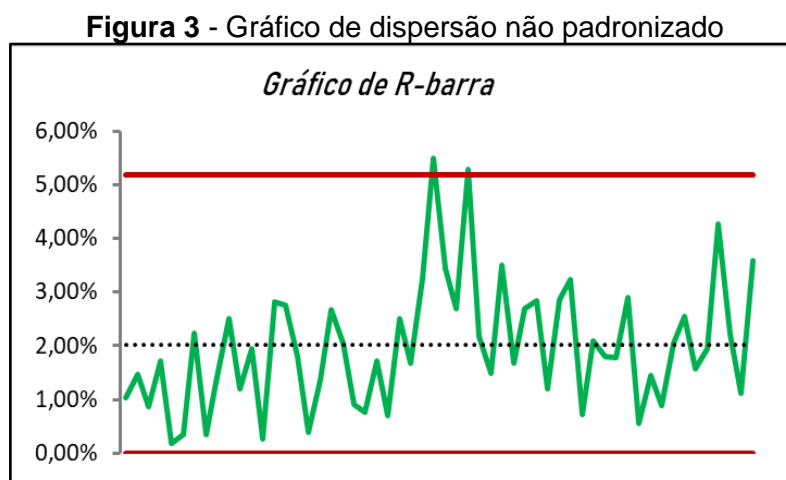
Dessa forma, após o pó ser pulverizado e desidratado, é fundamental realizar uma inspeção físico-química para determinar a quantidade final de umidade (%) presente imediatamente após o processo. Essa etapa do processo, que está sendo objeto de estudo, desempenha um papel crucial na verificação e garantia da qualidade do produto final. A análise físico-química permite avaliar se o nível de umidade está em conformidade com as especificações e requisitos estabelecidos, tendo como parâmetros, sendo eles: umidade mínima, 4,3%, e máxima, 6,3%.

4.3 CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO

Nesta seção, abordaremos a aplicação dos conceitos estatísticos com a elaboração de gráficos de Controle Estatístico do Processo (CEP) e a apresentação dos resultados dos limites obtidos por meio dos cálculos.

4.3.1 Construção do Gráfico R

Para tanto, calculou-se a média das três medidas em cada amostra e utilizamos tais médias para compor o gráfico apresentado na Figura 3.



Fonte: Autoria própria (2022)

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 3, há 2 pontos fora dos limites de controle, fazendo com que seja necessário a correção dos dados. E com a exclusão desses pontos fora mostrado, obteve-se o gráfico padrão para a dispersão, sem a presença de causas especiais.

Com a elaboração do gráfico de dispersão para acompanhamento dos resultados de umidade, os seguintes valores de limite foram estabelecidos:

- Limite superior (LSC_R): 4,78%
- Linha médio (LM_R): 1,86%,
- Limite inferior (LIC_R): 0,00%.

4.3.3 Construção do Gráfico \bar{X}

Foi utilizado a mesma abordagem metodológica para a construção dos gráficos de dispersão quando lidamos com os resultados médios das análises. Ao observar atentamente os gráficos, notamos a presença de três pontos que estão situados além dos limites superior e inferior previamente estabelecidos. Isso sinaliza uma situação em que o processo não se encontra sob controle, o que significa que não está meramente sujeito a causas normais ou rotineiras.

Figura 4 - Gráfico das médias não padronizado



Fonte: Autoria própria (2022)

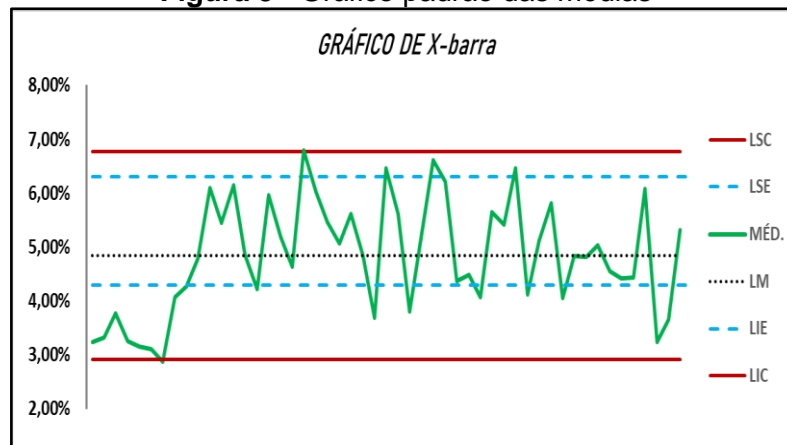
Após remover o ponto discrepante identificado na figura 4, foi possível obter um gráfico de controle padrão para a média. O resultado obtido foi o seguinte: o Limite Superior (LS) foi estabelecido em 6,72%. A média dos resultados foi definida em 4,82%, atuando como o valor central de referência para o processo. E o Limite Inferior (LI) foi definido em 2,92%.

5 – RESULTADOS

Os dados coletados na empresa foram utilizados para calcular os limites de controle em busca de formar o gráfico de controle das médias (X-barra), onde, com os dados lançados, apresentam o comportamento existente entre as médias dos pesos das amostras estudadas. Como já observado, o CEP traz uma análise mais visual e com maior alcance nas causas, por demonstrar com uma maior eficiência o andamento do processo. A utilização desses gráficos em paralelo com os valores de especificação do produto interna da fábrica em estudo, que tem os valores para Limite Superior de Especificação (LSE) em 6,30%, e Limite Inferior de Especificação (LIE), determinado em 4,30%, tornam-se mais fácil a visualização do comportamento entre os resultados obtidos após ensaio de umidade (%).

Após o levantamento dos dados, o gráfico com os valores médios de umidade de cada amostra coletada de acordo com a leitura da balança, é apresentado na figura 5:

Figura 5 - Gráfico padrão das médias



Fonte: Autoria própria (2022)

O resultado é dado no visor da balança, calculado da seguinte maneira:

$$\% \text{ de umidade} = \left[\frac{m_i - m_f}{m_i} \right] \times 100 \quad (7)$$

Onde m_i representa a massa inicial, isto é, a massa que passará pelo processo de desidratação na balança. Enquanto m_f corresponde à massa final da amostra, obtida imediatamente após estar completamente desidratada, multiplicada por 100 para a conversão da unidade para percentual.

No gráfico X-barra, pode-se notar que as medidas estão dentro dos limites superiores e inferiores de controle. A apuração das análises da característica físico-química na fase de representação gráfica X-barra indicou um processo estável, pois não foram identificados pontos fora dos limites de controle.

Levando em consideração a figura 5, observa-se que se tem um processo em que há uma tendência de ter valores mais próximos do LIE, levando em consideração o Limite Médio (LM), que inclusive existem alguns pontos que estão abaixo do LIE estabelecido.

Torna-se necessário que seja realizada uma análise minuciosa no processo para identificar a causa raiz do desvio e tratá-la. Sugere-se também que sejam novamente geradas as cartas de controle para validação das melhorias, e em seguida realizar análise da capacidade do processo.

6 – CONCLUSÃO

O artigo discutiu a aplicação do Controle Estatístico do Processo (CEP) em uma empresa de saneantes localizada em Pernambuco. Esta aplicação envolve a elaboração de ferramentas conhecidas como Carta de Shewhart.

Esses limites estabelecidos no gráfico de controle de umidade são essenciais para monitorar e controlar a variação da umidade ao longo do tempo. Eles servem como referência para garantir que os resultados se mantenham dentro de limites aceitáveis e podem ajudar a identificar desvios ou tendências indesejadas. Isso é fundamental para garantir a qualidade e consistência do processo, bem como a qualidade do produto final.

A aplicação tradicional do CEP, que envolve a utilização de uma carta de controle para cada variável com média e variabilidade diferentes, pode se tornar inviável em situações onde há uma ampla diversidade de variáveis no processo em estudo. Isso ocorre devido ao tempo prolongado necessário para analisar e gerenciar um grande número de cartas de controle, o que pode tornar as avaliações de estabilidade e capacidade do processo excessivamente demoradas e complexas.

No entanto, o presente trabalho alcançou um marco significativo ao compilar um banco de dados abrangente por meio da coleta de dados. Esse banco de dados serviu como a base sólida para a elaboração dos limites superior e inferior, os quais desempenham um papel crucial na determinação do intervalo dentro do qual o processo deve manter seus resultados.

Nesse contexto, a realização desse estudo conduz à conclusão de que o processo em questão não demonstrou capacidade para produzir dentro dos limites estabelecidos pelas especificações. Diante dessa constatação, torna-se necessário ajustes no processo produtivo, como uma medida essencial para mitigar a variabilidade observada. Essa necessidade de intervenção sugere a implementação de melhorias, que contribuirá de forma a tornar todo o processo mais eficiente e alinhado com os padrões de qualidade desejados.

REFERÊNCIAS

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 20018.

DANTAS, ÉRICA JANAINA DE MORAES. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo em uma Indústria de Bebidas: estudo de caso**. / Érica Janaina de Moraes Dantas. – 2019.

DE LIMA, KARINA GONÇALVES. **Controle Estatístico de Qualidade Aplicado em uma Indústria de Bebidas** / Karina Gonçalves de Lima; orientadora Mariana Pereira de Melo. - Lorena, 2019.

LIMA, DIESLEY VICTOR CARVALHO. **Análise Da Capacidade Do Processo De Fabricação De Frascos De Plásticos: Um Estudo De Caso Em Uma Empresa De Embalagens**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia De Produção) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná.

LOUZADA, Francisco, DINIZ, Carlos A.R., FERREIRA, Paulo H., FERREIRA, Edil L. **Controle Estatístico de Processos - Uma Abordagem Prática para Cursos de Engenharia e Administração**. LTC, 05/2013.

ROCHA, H. M. **Controle Estatístico de Qualidade**. Volume único / Henrique Martins Rocha – Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2019. Disponível em: <<https://canal.cecierj.edu.br/012020/63a9404ee3148a7b0f32cd5a04340ffc.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

SOUZA, Rosely Antunes de. **Análise da qualidade do processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo**. Rosely Antunes de Souza. – Florianópolis: [s.n.], 2003.

VEJA. **A maior mania de limpeza dos brasileiros, segundo pesquisa**. (2023) Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/coluna/veja-gente/a-maior-mania-de-limpeza-dos-brasileiros-segundo-pesquisa>>. Acesso em: 27 de setembro de 2022.