



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS ARAPIRACA
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

TAILA MARIA PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO
DE GOIABADA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: UM EXEMPLO PRÁTICO**

Arapiraca- AL
2023

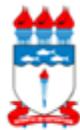
TAILA MARIA PEREIRA

UTILIZAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
GOIABADA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: UM EXEMPLO PRÁTICO

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

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ademária Aparecida de Souza.

Arapiraca-AL
2023



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Biblioteca Setorial *Campus Arapiraca* - BSCA

P436u Pereira, Taila Maria
Utilização do controle estatístico no processo de produção de goiabada na indústria de alimentos [recurso eletrônico]: um exemplo prático / Taila Maria Pereira. – Arapiraca, 2023.
57 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Ademária Aparecida de Souza.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Arapiraca, 2023.
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus Arapiraca*).
Referências: f. 53-57

1. Administração. 2. Controle Estatístico de Processo (CEP). 3. Produção de alimentos. I. Souza, Ademária Aparecida. II. Título.

CDU 658

Folha de Aprovação

TAILA MARIA PEREIRA

Utilização do Controle Estatístico no Processo de produção de goiabada na indústria de alimentos: um exemplo prático

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Administração da Universidade Federal de Alagoas e aprovado em 20 de outubro de 2023.

Documento assinado digitalmente
 ADEMÁRIA APARECIDA DE SOUZA
Data: 20/10/2023 16:33:32-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof.^a. Dr.^a. Ademária Aparecida de Souza
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
(Orientadora)

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ACURCIO CASTELO DAVID
Data: 04/11/2023 16:46:14-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Acúrcio Castelo David
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
(Examinador)

Documento assinado digitalmente
 EMANUELLE DE SALES OLIVEIRA SOUZA
Data: 24/10/2023 15:34:11-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof.^a. Ma. Emanuelle de Sales Oliveira Souza
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
(Examinadora)

Dedico: A Deus e aos meus familiares, amigos e professores, em reconhecimento ao apoio, ensinamento e, acima de tudo, à paciência durante todas as fases da minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre guiar os meus passos e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus familiares, em especial à minha mãe, Cledja Maria Pereira, e aos meus avós, Maria do Socorro Barros Pereira e José Benedito Pereira, minha eterna gratidão. Não apenas pela força na construção deste trabalho, mas também pelo amor, incentivo e apoio incondicional demonstrados durante toda a minha vida. Sem o respaldo de vocês, eu não teria concluído essa jornada magnífica.

A minha orientadora, Dr.^a Ademária Aparecida de Souza, a quem admiro imensamente pela excepcional profissional que é. Sua orientação, ensinamentos e paciência foram primordiais para a conclusão desta monografia. Agradeço pela dedicação e tempo despendido em meu auxílio na realização desta pesquisa.

Estendo meus agradecimentos a todos os professores que me acompanharam ao longo do curso e que, com empenho, se dedicam nobremente à arte de ensinar.

À Indústria Alimentícia, que me concedeu a oportunidade de realizar a referida pesquisa, bem como o apoio e suporte para a realização deste projeto.

Às amigas que construí na universidade - Allan, Bruna, Camila, Crislâne, Ediclécia, Estefane, Felipe, Janaina, Luana, Maiara, Myllena, Ricardo, Riquele e Veruska - que são fontes de luz para meu conhecimento e realização em minha vida.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação, o meu muito eterno e sincero agradecimento.

“Se o desejo de alcançar a meta estiver vigorosamente vivo dentro de nós, não nos faltarão forças para encontrar o meio para alcançar o fim.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Qualidade é fundamental para o sucesso de um negócio, pois envolve produção de bens e serviços que atendam às especificações e às necessidades dos clientes e do mercado. A variabilidade faz parte das matérias-primas, das competências dos operadores e dos equipamentos em qualquer processo. O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma das mais poderosas metodologias desenvolvidas visando auxiliar no controle eficaz da qualidade, assegurando a conformidade com os princípios da organização e da legislação vigente. Esse trabalho foi realizado em uma indústria manufatureira em Arapiraca-AL, com o objetivo de aplicar o controle estatístico de processos em uma linha de produção de alimentos, especificamente na goiabada 300 g. Após a descrição do processo, foi averiguado em conjunto com a gerência um ponto considerado crítico, a saber: o peso. O método de amostragem sistemática foi realizado para coletar as amostras na linha de produção. Para monitorar o ponto crítico foram utilizadas diversas ferramentas de qualidade, como: a carta de controle para a média \bar{X} e amplitude R, teste de normalidade e índices de performance/capacidade (Método Pooled). Para as análises e gráficos foi utilizado o software estatístico Action. Com a análise dos gráficos desenvolvidos, verificou-se que o processo produtivo da goiabada 300g se encontra fora do controle estatístico, haja vista a existência de pontos fora dos limites especificados no gráfico de controle da variável peso, indicando uma instabilidade no processo. Para aprimorar a qualidade de sua produção, a empresa pode empregar o Controle Estatístico de Processo (CEP) para monitorar seu processo. Além disso, é possível reduzir a variabilidade do processo por meio de investimentos em melhorias e ajustes de maquinários, com o objetivo de diminuir os custos e aumentar a produtividade. Dessa forma, o presente trabalho expressa como as ferramentas de qualidade puderam ser utilizadas para detectar causas especiais de variação em uma indústria de alimentos.

Palavras-chave: controle estatístico de processo; qualidade; variabilidade.

ABSTRACT

Quality is fundamental to the success of a business, as it involves producing goods and services that meet the specifications and needs of customers and the market. Variability is part of the raw materials, operator skills and equipment in any process. Statistical Process Control (SPC) is one of the most powerful methodologies developed to assist in effective quality control, ensuring compliance with the principles of the organization and current legislation. This work was carried out in a manufacturing industry in Arapiraca-AL, with the aim of applying statistical process control to a food production line, specifically to 300 g guava. After describing the process, a point considered critical, namely weight, was investigated together with management. The systematic sampling method was used to collect the samples on the production line. Various quality tools were used to monitor the critical point, such as: the control chart for mean \bar{X} and range R, the normality test and performance/capacity indices (Pooled Method). Action statistical software was used for the analysis and graphics. Analysis of the graphs developed showed that the 300g guava production process is out of statistical control, given the existence of points outside the specified limits in the control chart for the weight variable, indicating instability in the process. To improve the quality of its production, the company can use Statistical Process Control (SPC) to monitor its process. It is also possible to reduce process variability by investing in improvements and adjustments to machinery, with the aim of reducing costs and increasing productivity. In this way, this paper expresses how quality tools could be used to detect special causes of variation in a food industry.

Key words: statistical process control; quality; variability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Histograma.....	24
Figura 2 - Histograma x limites de especificação.....	25
Figura 3 - Exemplo de folha para análise da distribuição de parâmetros de controle em um processo produtivo.....	27
Figura 4 - Exemplo de folha de análise de item defeituoso.....	27
Figura 5 - Exemplo de folha de verificação para análise de causas de defeitos.....	28
Figura 6 - Gráfico de Pareto.	29
Figura 7 - Diagrama de Ishikawa e divisão dos 6M'S.	30
Figura 8 - Modelo de diagrama de concentração de defeito.....	31
Figura 9 - Diagrama de dispersão.....	32
Figura 10 - Diagrama de dispersão positiva, negativa e nula.....	33
Figura 11 - Gráfico de controle.	34
Figura 12 - Exemplo de gráfico de controle: a) processo sob controle e b) processo fora do controle.....	35
Figura 13 - Gráfico de Controle X e R.	37
Figura 14 - Pesagem da goiabada tradicional 300g.....	42
Figura 15 - Fluxograma da linha de produção da goiabada tradicional 300g.	46
Figura 16 - Carta de controle para a média X e amplitude R para variável peso da goiabada tradicional de 300g.	47
Figura 17 - Teste de normalidade (QQ-plot). Figura 18 - Método não paramétrico (Kernel).....	48
Figura 19 Histograma da performance do processo para variável peso da goiabada tradicional 300g.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Interpretação do índice de capacidade Cp.....	38
Tabela 2 - Limites de controles da carta para média e para amplitude.	43
Tabela 3 - Índices de Performance (para dados não paramétricos).....	49

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1 - Cálculo do índice de capacidade C_p	38
Equação 2 - Cálculo do índice de capacidade C_{pk}	39
Equação 3 - Cálculo do índice de capacidade $C_p + C_{pk}$	44

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral:	14
2.2	Objetivo Específicos:	14
3	ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA	15
4	JUSTIFICATIVA	16
5	REFERENCIAL TEÓRICO	18
5.1	Qualidade	18
5.2	Controle de Qualidade	19
5.3	Processo	20
5.4	Variabilidade	21
5.5	Controle Estatístico do Processo (CEP)	22
5.5.1	Ferramentas do Controle Estatístico do Processo	23
5.5.1.1	Histograma ou Diagrama de Ramos-e-folhas:.....	24
5.5.1.2	Folha de Controle:	26
5.5.1.3	Gráfico de Pareto:.....	28
5.5.1.4	Diagrama de causa-e-efeito:	29
5.5.1.5	Diagrama de concentração de defeito:	31
5.5.1.6	Diagrama de dispersão:	31
5.5.1.7	Gráfico de Controle:	33
5.6	Índice de capacidade do processo	37
5.6.1	Índice Cp	37
5.6.2	Índice Cpk	38
5.7	História da Goiabada	39
5.8	Goiaba	39
6	METODOLOGIA	41
6.1	Limitações da pesquisa	44
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo e cada vez mais globalizado, as organizações como um todo, estão se preocupando, de maneira acentuada, com a qualidade de seus produtos e/ou serviços, uma vez que é evidenciada a exigência por parte dos consumidores ao adquirir produtos que satisfaçam suas necessidades, bem como supra suas expectativas. Em virtude disso, as empresas buscam investir em um processo de melhoria contínua da qualidade de seus produtos e processos para que, conseqüentemente, possam obter o sucesso almejado.

Segundo Maximiano (2004), a qualidade pode ser definida como um conjunto de atributos que tornam um bem ou serviço plenamente adequado ao uso para o qual foi concebido, atendendo a diversos critérios, tais como: operabilidade, segurança, tolerância a falhas, conforto, durabilidade, facilidade de manutenção e outros.

Juran (1991), completa dizendo que a qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto. Assim, o Controle Estatístico do Processo é usualmente o método preferido para controlar a qualidade, porque a qualidade está sendo construída no processo em vez de ser inspecionada no final (SLACK, 1997).

Nesse sentido, o Controle Estatístico do Processo (CEP) visa garantir a estabilidade e a melhoria contínua de um processo de produção.

No entanto, antes de prosseguirmos com a explicação acerca do CEP faz-se necessário que se tenha um conhecimento sobre o conceito de processo, o qual se refere a qualquer sistema operacional ou administrativo que envolva uma sequência de tarefas arranjadas em um procedimento que abarca departamento, máquinas e pessoas, transformando insumos em produtos com valor. Segundo Davenport (1994), seria uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo, um fim, inputs (entradas) e outputs (saídas) claramente identificados, enfim, uma estrutura para ação.

Em suma, o Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma poderosa coleção de ferramentas de resolução de problemas, útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da redução da variabilidade (MONTGOMERY, 2004). Suas sete ferramentas são: Ramo e folhas; Folha de controle; Gráfico de Pareto; Diagrama de causa e efeito; Diagrama de concentração de defeito; Diagrama de dispersão e Gráfico de Controle (MONTGOMERY, 2004).

No Brasil, o CEP vem sendo utilizado cada vez mais pelas empresas de produção, em especial as de produção em massa, como as montadoras de veículos. Isso ocorre porque se torna

inviável do ponto de vista financeiro realizar uma inspeção de qualidade em todos os produtos produzidos. Por meio de técnicas de amostragem, são selecionadas amostras que servem como base de estudo do CEP, e os resultados são generalizados para toda a produção.

Contudo, existem muitas tarefas a serem executadas devido ao fato de o potencial do CEP ainda não ter sido completamente explorado. Novas aplicações aparecem constantemente, demonstrando a sua versatilidade e importância no aumento da competitividade (RAMOS, 2000).

Dada a relevância da aplicação do CEP para possibilitar e uniformizar a excelência exigida pelos clientes, o potencial de progresso da cidade de Arapiraca deve ser considerado. A cidade apresenta o segundo maior Produto Interno Bruto (PIB), entre as cidades alagoanas, composto em mais de 70% pelos setores de Indústria e Serviços (SEPLANDE, 2014). Entretanto, a literatura disponível sobre a utilização do CEP pelos empresários no município é escassa. Portanto, realizou-se uma pesquisa em uma indústria manufatureira em Arapiraca, Alagoas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Aplicar o controle estatístico de processos em uma linha de produção de alimentos, especificamente na goiabada 300 g.

2.2 Objetivo Específicos:

- Analisar em conjunto com a gerência a linha do processo produtivo;
- Escolher os pontos críticos do processo produtivo; escolher o tipo de carta de controle;
- Coletar as amostras necessárias à pesquisa;
- Calcular as estatísticas necessárias e calcular os índices de capacidade.

3 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA

O referido trabalho é organizado em cinco (05) seções, as quais fornecem uma análise do conteúdo teórico utilizado no estudo, bem como a interpretação dos dados coletados, resultados e considerações finais.

A primeira seção apresenta a introdução da pesquisa, objetivo geral e específico, e a justificativa.

A segunda seção denota sobre a revisão bibliográfica do Controle Estatístico do Processo (CEP), expondo seus principais conceitos, ferramentas auxiliares para qualidade, uma breve história acerca da indústria alimentícia, assim como do objeto pesquisado (goiabada) e seu principal insumo (goiabada).

A terceira parte discursa a respeito da metodologia, onde apresenta a descrição do processo de produção, o material base utilizado para o estudo, bem como dados da coleta e posterior análise.

A quarta seção contém a análise e resultado dos dados coletados durante a pesquisa. Neste ponto, é mostrado a distribuição dos dados coletados por meio da carta de controle, teste de normalidade, análise da capacidade do processo e aplicação do histograma. Assim como, as limitações encontradas na realização da pesquisa.

E por fim, a quinta seção discorre sobre as considerações finais, onde buscou-se evidenciar a importância da aplicabilidade do CEP para a empresa. Além de apresentar os resultados positivos que a aplicação da pesquisa pode trazer para a empresa.

4 JUSTIFICATIVA

A dinâmica do ambiente competitivo e das necessidades dos consumidores, faz com que as empresas sejam pressionadas a melhorar constantemente a qualidade de seus produtos. Segundo Campos (1992), um serviço ou produto de qualidade é aquele que retrata pontualmente às especificações dos consumidores. Pois, como mostra o Daniel Azevedo, sócio da Boston Consulting Group (BCG), na edição 2020 da pesquisa do *Consumer Sentiment* (sentimento do consumidor), “o consumidor voltou a considerar as suas marcas preferidas ou aquelas que ele julga ter qualidade superior. O desafio para as empresas, agora, é atrair este consumidor com estratégias que reforcem o valor adicional dos seus produtos e marcas”. E, de acordo com Lima et al. (2006), uma das metodologias mais utilizadas para auxiliar no controle da qualidade é o Controle Estatístico de Processo (CEP).

Nessa perspectiva, o tema se torna relevante devido à necessidade de uma compreensão mais profundada do impacto da implementação do CEP em uma organização, especialmente nas empresas alimentícias. Esta ferramenta atua como estratégia de aprimoramento, cujo foco reside na redução da variabilidade nos processos e na obtenção de produtos/serviços de maior qualidade. Portanto, a relevância e justificativa desta pesquisa estão direcionadas à necessidade de eliminar as perdas no processo de envase da goiabada, resultando na redução de custos, aumento da qualidade do produto final e, conseqüentemente, dos lucros. Além disso, implica na implementação de um método de monitoramento em tempo real das etapas da produção. Conseqüentemente, a apresentação dessas informações é de suma importância para que os gestores possam tomar decisões embasadas em conhecimento especializado e orientadas por uma ampla gama de variáveis. Dito isto, o estudo pode inspirar as organizações a adotar ferramentas para aprimorar seus produtos e obter vantagem competitiva diante do mercado.

Outrossim, a contribuição do presente estudo para a formação da autora, bem como para a sua vida, está relacionada com à oportunidade de adquirir experiência prática e aprofundar os conhecimentos na área do estudo. Isso, possibilita a expansão de horizontes em relação à carreira a ser seguida no futuro, como gestão da produção e diretor (a) industrial. Além disso, é possível que a pesquisa abra portas para oportunidades futuras de emprego na indústria alimentícia. Adicionalmente, a possibilidade de publicação da pesquisa em revistas científicas é algo valioso, tanta para a autora quanto para a comunidade acadêmica.

A contribuição para área acadêmica reside na possibilidade de estabelecer uma ponte entre a indústria e a academia, promovendo parcerias de pesquisa. Isso beneficia os colegas

universitários, que podem colaborar em projetos, obter dados relevantes e, posteriormente, receber financiamento para suas pesquisas.

No que diz respeito à contribuição para a sociedade, esta pesquisa abre oportunidades para empresários adquirirem uma compreensão mais abrangente do conteúdo que abarca o estudo. Isso ocorre porque a pesquisa oferece informações relevantes que podem ser utilizadas na implementação de uma gestão de qualidade eficaz, independentemente do setor em que atuam. Além disso, esse conhecimento estimula a realização de pesquisas similares para avaliar a qualidade dos processos de produção de outros produtos disponibilizados pela indústria.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção, apresenta-se um embasamento bibliográfico acerca dos principais conceitos do Controle Estatístico do Processo (CEP), utilizados como base teórica da pesquisa.

5.1 Qualidade

A palavra qualidade vem do latim *qualitate*, e está associada às percepções de cada indivíduo, assim como inúmeros fatores, como cultura, produtos e serviços prestados. Segundo a ISO (International Standardization Organization), a definição de qualidade está relacionada ao quão adequado algo está com relação à sua conformidade e seus requisitos estabelecidos pela própria norma e clientes. Em outras palavras, pode-se entender a qualidade como o grau de excelência de um processo, serviço ou produto de acordo com as exigências e/ou expectativas de cada pessoa.

Montgomery (2009) define a qualidade como um conjunto de características que tornam um bem ou serviço plenamente adequado ao uso para o qual foi concebido. É obtida por meio de práticas associadas entre si ao que se denomina de Gestão da Qualidade (TOLEDO *et al.* 2013). A aplicação da Gestão da Qualidade envolve alta conformidade com as especificações, aparência do produto, baixas taxas de defeitos, tempo curto de manufatura e aspectos tecnológicos (MARINO, 2006).

No ambiente empresarial a palavra qualidade é utilizada constantemente, pois seu conceito remete diretamente nos produtos e serviços prestados por cada organização, além de se tornar um diferencial estratégico que contribui no desenvolvimento da imagem da marca perante ao mercado e da permanência da empresa no mesmo, dado que atualmente a concorrência se encontra acirrada, cada detalhe, e diferencial pode significar a distância entre o sucesso e o fracasso organizacional.

Garvin (1984, 1987, 2002) fornece um excelente ensaio acerca das dimensões da qualidade, as quais são classificadas em 08 (Oito) dimensões e descritas abaixo:

- Desempenho: A primeira dimensão faz referência às características operacionais básicas do produto, ou seja, o quão bem o produto consegue desempenhar a tarefa para qual foi desenvolvido, porém, a realização dessa análise ainda é difícil, pois muitas vezes as preferências pessoais refletem no resultado;
- Característica: A segunda dimensão refere-se aos adereços ou características secundárias, e pode também sofrer influência acerca das preferências pessoais dos

consumidores;

- **Confiabilidade:** Já a terceira dimensão está relacionada com a probabilidade de um produto ser falho ou possuir um mau funcionamento;
- **Conformidade:** Entende-se que a conformidade está relacionada com o grau que um produto atende aos padrões preestabelecidos.
- **Durabilidade:** A quinta dimensão está relacionada com a vida útil de um produto.
- **Atendimento:** A dimensão intitulada de atendimento refere-se a rapidez e facilidade de reparo de um produto;
- **Estética e Qualidade Percebida:** As duas últimas dimensões estão ligadas, já que sofre fortemente com a percepção individual de cada consumidor, assim é preciso lidar com a subjetividade.

As 08 (oito) dimensões de Garvin podem ser utilizadas pelas empresas como fins estratégicos. Contudo, é de suma importância que as organizações definam, de acordo com o seu tipo/ramo de produto, qual das dimensões merecem um investimento maior, pois competir por meio da qualidade pelas 08 (oito) dimensões, na maioria dos casos, não é possível, haja vista a existência de restrições e trade-offs.

5.2 Controle de Qualidade

A preocupação com o controle da qualidade surgiu após as iniciativas de maximizar a produção e com a segmentação do trabalho, pois o ritmo de produção acelerado gerou problemas de qualidade nos produtos. Para corrigir tais problemas, surgiu uma nova atividade chamada inspeção. O intuito era utilizar a inspeção após a produção para, desta forma, evitar que produtos inadequados fossem enviados aos clientes, ou seja, separar o que estava ruim do que estava bom para comercialização e uso (PALADINI, 1994).

Em 1924, a Western Electronic criou o Departamento de Engenharia e Inspeção, que mais tarde se tornou o Departamento de Garantia da Qualidade da Bell Telephone Laboratories. Esse departamento contou com a participação de Walter Andrew Shewhart, William Edwards Deming e Joseph Moses Juran, conhecidos como "gurus da qualidade". Foi também em 1924 que Shewhart propôs o uso do gráfico de controle para a análise de dados resultantes de inspeção (RAMOS et al. 2013).

O ano de 1931 marcou uma virada importante para o movimento da qualidade. A obra *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, de W. A. Shewhart, foi publicada naquele ano, conferindo pela primeira vez um caráter científico à disciplina. Grande parte do

moderno controle da qualidade pode ser atribuída àquele livro. Nele, Shewhart fornece uma definição precisa e mensurável de gerenciamento de produção, estabelece uma técnica robusta para rastrear e avaliar a produção diária e sugere diversas maneiras de melhorar a qualidade (GARVIN, 2002).

Nesse sentido, a introdução científica no método de inspeção permitiu o monitoramento do “produto” durante sua elaboração, que passou a ser feito com o auxílio de ferramentas estatísticas. O desenvolvimento dos conceitos básicos de amostragem para aceitação no controle estatístico de qualidade mostrou que não é necessário inspecionar 100% do processo para identificar mudanças, pois amostras estruturadas definidas estatisticamente são suficientes para identificar variações e estabelecer o controle do processo com base na probabilidade estatística.

Em suma, o controle de qualidade é um sistema que visa a melhoria e padronização dos processos, uma vez que esse sistema permite atender o padrão de qualidade predefinidos. A qualidade de um produto ou serviço é definido quando ocorre um atendimento total das expectativas, confiável, seguro e no tempo correto às necessidades do cliente (CAMPOS, 2004).

Outrossim, o controle de qualidade é o processo para assegurar o cumprimento dos objetivos da qualidade durante as operações, o controle consiste em avaliar o desempenho da qualidade total, comparar o desempenho real com as metas da qualidade e atuar a partir das diferenças (MARSHALL, 2003). Dessa forma, com o auxílio da avaliação em forma de dados, é possível identificar as falhas dentro de um processo e corrigi-las antes da finalização do mesmo.

Portanto, no cenário atual o controle de qualidade denomina-se por Controle Estatístico de Qualidade e é uma metodologia essencial para obtenção da melhoria e manutenção de produtos e/ou serviços produzidos por uma empresa (MONTGOMERY, 2013).

5.3 Processo

No ramo da indústria o processo é definido como conjunto de atividade que possui o intuito de transformar matéria-prima em um determinado produto. Segundo Davenport (1994), um processo é simplesmente um conjunto de atividades estruturadas e medidas destinadas a resultar num produto especificado para um determinado cliente ou mercado. Já para Campos (1992), processo é definido simplesmente como um conjunto de causas (máquinas, matérias-primas, pessoas) que provocam um ou mais efeitos (produtos, serviços). Harrington (1993) completa essa visão, afirmando que o processo é qualquer atividade que recebe uma entrada

(input), agrega-lhe valor e gera uma saída (output), para um cliente interno ou externo. Os processos fazem uso dos recursos da empresa para gerar resultados concretos.

Chiavenato (2006), aprofunda essa definição ao expor que um processo é como uma sequência lógica de tarefas, uma sequência estruturada de atividades iniciadas com um input, de vários elementos possíveis, tendo como meio o processamento destes inputs, e tendo como fim, a saída o output.

Apesar das várias definições de processo dada por cada autor, é notável que exista algo em comum entre elas, uma vez que, todas se referem à elaboração de algo no final do processo, seja um produto, um serviço, uma causa ou efeito. Independentemente do que seja, todo processo existe com uma finalidade, a de produzir, de criar algo.

5.4 Variabilidade

Para compreender o conceito e a funcionalidade do Controle Estatístico do Processo (CEP), é importante, antes de tudo, compreender a variabilidade, uma vez que esta é presente em todas as etapas da produção e está diretamente ligada a qualidade do processo.

Na esteira de Juran e Gryna (1992), todos os processos exibem variabilidade. Shewhart classificou a variabilidade em aceitável - gerada do acaso - e inaceitável-gerada de falhas de equipamentos e gestão (GARVIN, 1992). E, Montgomery (1997) completou expondo que quanto maior for à variabilidade, maior será o descontrole em relação aos resultados produzidos e os resultados desejados. Portanto, a gestão eficaz da variabilidade é essencial para garantir resultados consistentes e desejados em processos organizacionais.

Em vista disso, Montgomery (2013) afirma que sempre haverá variabilidade entre um produto e outro da mesma linha, pois todo o processo é influenciado por causas naturais de produção que são inerentes a ele. Essa variação geralmente é muito baixa e não afeta diretamente a qualidade do produto final. No entanto, quando existem causas especiais (indesejáveis) atuando no processo, a variação apresenta níveis mais altos em comparação com um processo que apenas sofre a influência de causas naturais.

De acordo com Martins (2002), a variabilidade do processo pode ser classificada em dois grupos: causas não assinaláveis (variação comum) ou causas assinaláveis (variações especiais).

Segundo Martins (2002), as causas não assinaláveis (variação comum) são inevitáveis e esperadas no processo, acontecem de forma aleatória. Portanto, as causas comuns são as junções de inúmeras causas pequenas, inevitáveis que não deixarão o processo fora de controle,

são variáveis naturais ou “ruído de fundo” que sempre existirá, classificando o processo como sob controle estatístico (MONTGOMERY, 2004).

As causas especiais são as variações do processo considerados maiores que as causas comuns ou o “ruído de fundo”, apresentam defeitos no processo o que o tornam fora de controle estatístico (MONTGOMERY, 2004). Dessa forma, somente após a eliminação das causas especiais, é possível avaliar se um processo é capaz de atender às especificações de uma determinada característica de qualidade (FALCÃO, 2001).

Para Kume (1993), quando se considera o processo de fabricação sob o ponto de vista da variação de qualidade, pode-se entender o processo como um agregado das causas de variação. O mesmo ainda afirma que a explicação das mudanças nas características da qualidade dos produtos, originando produtos defeituosos ou não defeituosos, está exatamente na variabilidade.

Em suma, a compreensão e gerenciamento da variabilidade são cruciais para garantir a qualidade desejada. Isso envolve identificar e eliminar causas especiais para restaurar o controle estatístico do processo. A qualidade dos produtos e a capacidade de atender às expectativas do cliente dependem do controle e compreensão da variabilidade. O Controle Estatístico de Processo (CEP) é um método valioso para alcançar excelência na produção e garantir a consistência e qualidade dos produtos.

5.5 Controle Estatístico do Processo (CEP)

O Controle Estatístico do Processo (CEP), se bem aplicado, é capaz de promover qualidade, produtividade e a confiabilidade de produtos e de processos, além de ser capaz de reduzir as perdas por má qualidade e diminuir custos com a produção, por meio da eliminação das variabilidades, e conseqüentemente promover a melhoria da qualidade do produto/serviço. Com isso, Souza et al. (2009) asseguram que a aplicação do CEP é a alternativa mais eficiente para detectar e facilitar a identificação de problemas dentro de um processo produtivo, e através disso, diminuir a variabilidade do processo.

Segundo Ribeiro e Ten Caten (2012), o Controle Estatístico do Processo (CEP) é um sistema de inspeção por amostragem, que atua ao longo do processo, com o objetivo de verificar a presença de causas que não são naturais e que podem interferir na qualidade do produto final. O CEP permite monitorar, analisar, prever, controlar e melhorar a variabilidade de certa característica de qualidade do produto (SANCHO et al. 2013), e visa melhorar a qualidade, a

produtividade e a confiabilidade do que está sendo produzido ou fornecido (HENNINGET et al. 2014).

O CEP conta com um conjunto de sete ferramentas, a saber: Ramos e folhas; Folha de controle; Gráfico de Pareto; Diagrama de causa e efeito; Diagrama de concentração de defeito; Diagrama de dispersão e Gráfico de Controle (MONTGOMERY, 2004), que auxilia os gestores a estabelecer métodos mais elaborados de resolução baseados em dados, por meio da identificação das variações existentes dentro do processo, as quais podem ser classificadas como: causas comuns de variações, são aquelas que derivam de diversas fontes afetando todos os valores de forma individual, mas nenhum tem predominância sobre a outra, são aquelas corriqueiras e inerentes ao processo, são relativamente previsíveis e esperadas, pois fazem parte do projeto de planejamento do processo e para excluí-las é necessário modificar o mesmo; e as causas especiais de variações, são aquelas imprevisíveis e esporádicas, capaz de provocar variações que afetam o comportamento do processo, na maioria das vezes, negativamente.

Diante do exposto, vale registrar a importância da aplicação das ferramentas supracitadas por períodos, seja bimestral, trimestral ou semestral, pois de acordo com Montgomery (2016), o CEP não é um programa de uma só vez, a ser aplicado quando a empresa está com problemas, e depois abandonado. A melhoria da qualidade que se concentra na redução da variabilidade deve se tornar parte da cultura da organização.

Dessa forma, pode-se concluir que o CEP é um sistema de inspeção por amostragem, atuando ao longo do processo, com o objetivo de averiguar a presença de causas especiais, ou seja, causas que não são naturais do processo e que possam lesar a qualidade do produto/serviço manufaturado. Uma vez que identifique as causas especiais, é possível atuar sobre elas, aperfeiçoando continuamente os processos de produção e, por conseguinte, a qualidade do produto final. Assim, a implantação do CEP pode auxiliar os gestores na tomada de decisão, podendo trazer grandes benefícios para a organização como a satisfação de seus clientes, menor custo de produção, melhor relação com seus funcionários e lucratividade.

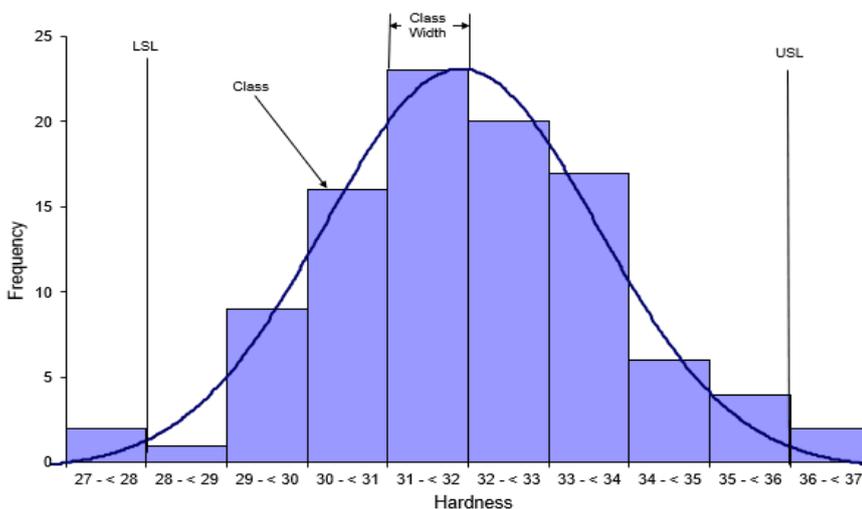
5.5.1 Ferramentas do Controle Estatístico do Processo

Neste tópico, teremos uma breve explicação acerca das 07 ferramentas estatísticas do CEP.

5.5.1.1 Histograma ou Diagrama de Ramos-e-folhas:

Considerado uma das 07 (sete) ferramentas de qualidade (figura 1), o histograma é uma representação gráfica de dados que são separados em conjuntos ou intervalos e exibidos em formas geométricas de acordo com a frequência de ocorrência de cada um desses grupos em uma população (FREUND, 2006). Kume (1993) também descreve o histograma como uma ferramenta de visualização de uma grande quantidade de dados de uma amostra de uma população, sendo um método rápido para exame, que por meio da organização eficiente dos dados, permite o conhecimento objetivo da população em questão. Através do histograma, é possível identificar padrões, tendências e anomalias nos dados, fornecendo insights valiosos.

Figura 1 - Histograma.



Fonte: Labone, 2023.

Neste contexto, o histograma é uma ferramenta estatística que mostra a distribuição de amostras ao longo de um espectro. Pode representar grandezas físicas como peso, comprimento, temperatura, volume, entre outros, assim como ocorrências gerais, como número de ligações por dia, reclamações, leads e nível de satisfação. Essa representação visual permite avaliar o comportamento de um processo.

Cada amostra coletada é atribuída a uma classe, compreendendo uma faixa na escala, e sua soma forma barras no gráfico que indicam a quantidade de amostras pertencentes àquela classe. Para análise, os parâmetros devem estar alinhados com os requisitos de desempenho predefinidos.

O histograma é essencial para análises, revelando informações cruciais, como:

- Amplitude:

Quantas amostras representam um comportamento específico?

A distribuição é homogênea entre as classes ou concentra-se em uma região?

- Mediana:

Onde está o ponto central com o maior número de ocorrências estatisticamente?

- Dispersão:

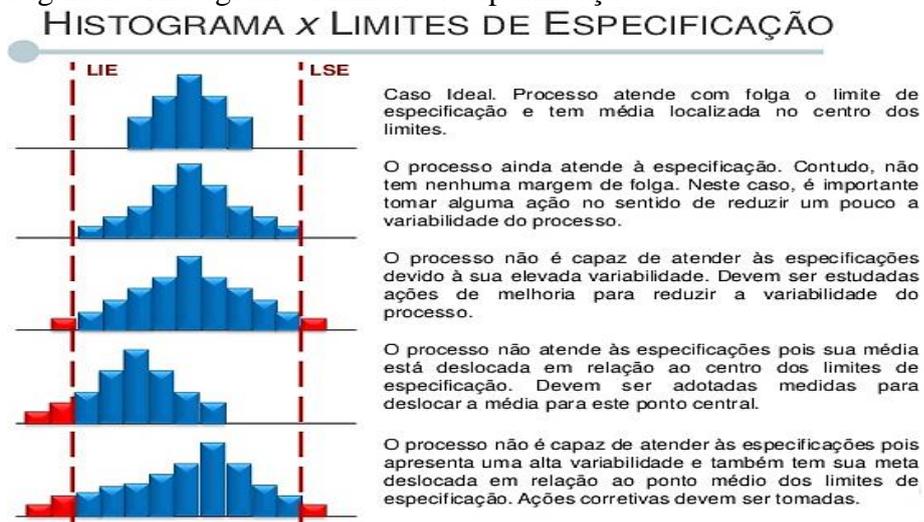
Qual é a variação entre as classes em meu sistema?

As amostras estão distribuídas entre muitos grupos no gráfico?

Na sua estrutura, o eixo horizontal representa os intervalos ou classes dos dados, enquanto o eixo vertical indica a frequência de ocorrências em cada intervalo (NAVIDI, 2008). Este formato facilita a visualização da distribuição dos dados, permitindo inferências sobre padrões e tendências que podem ser cruciais para a compreensão do fenômeno estudado. O histograma é amplamente utilizado para análise exploratória de dados e fornece informações valiosas sobre a forma da distribuição dos dados e a presença de eventuais outliers (DODGE et al. 2008).

Dessa forma, para melhor compreender o fenômeno estudado, o histograma utilizado no Controle Estatístico do Processo (CEP) possui limites de especificações, conhecidos como LIE (limite inferior estatístico) e LSE (limite superior estatístico). Esses limites desempenham um papel fundamental no acompanhamento do desenvolvimento do processo ao longo do tempo, destacando as classes que estão fora do padrão definido. Quando esses limites são excedidos, isso indica que o processo não está sob controle estatístico. De acordo com Rodrigues (2004), os limites de tolerância são definidos de acordo com os requisitos do cliente, garantindo a consistência e a variabilidade desejada pelo mesmo ou pelo mercado. Apresentado na figura 02.

Figura 2 - Histograma x limites de especificação.



Fonte: Rodrigues, 2018.

Além das informações já fornecidas, é relevante destacar que o histograma desempenha um papel crucial na tomada de decisões informadas nas áreas de qualidade e controle de processos. Ao revelar a distribuição de dados de maneira visual, o histograma permite que gestores e analistas identifiquem rapidamente desvios, áreas de concentração e características essenciais dos dados. Isso é especialmente útil para detectar problemas em um processo de fabricação, identificar pontos críticos em um sistema de gerenciamento de qualidade e até mesmo otimizar processos em várias indústrias.

5.5.1.2 Folha de Controle:

A folha de controle é uma ferramenta bastante útil que consiste num formulário adaptado para o processo de produção investigativo, uma vez que durante a aplicabilidade do CEP é preciso coletar dados operacionais, históricos e dados em tempo real. Dessa forma, a folha de controle possibilita o registro dessas informações de forma organizada, assim facilitando a análise das variações de um processo. Conforme Vieira (1999), folha de verificação, também conhecida como folhas de controle, é uma ferramenta que através de formulários e planilhas específicas e bem planejadas, auxilia e facilita a coleta dos dados e registros considerados úteis para o processo a ser analisado.

Para Vergueiro (2002), folhas de verificação são utilizadas para solução de problemas, a fim de verificar número de episódios de certo tipo de falha. São planilhas utilizadas para auxiliar a coleta e investigação dos dados, refletindo em economia de tempo e facilitando a análise do verificador. Esta ferramenta quando bem utilizada na coleta de dados e históricos do processo pode apresentar uma grande importância, depois de preenchida e analisada, seus resultados podem evitar futuros problemas (MONTGOMERY, 2004).

Existem, segundo Vieira (2003) algumas etapas para a elaboração da lista de verificação que são: Estabelecer exatamente o que será verificado; Período em que os dados serão coletados; Formulário bem claro de fácil manuseio; e O responsável por colher os dados deve ser conhecedor do assunto. Pois, os registros dos dados devem ser anotados fielmente, de forma clara e simples, haja vista que o operador realiza a coleta durante a produção, desse modo ao preenchimento da folha de controle não deve causar danos ao processo.

A folha de controle pode ser usada para a análise da distribuição de parâmetros de controle em um processo produtivo (figura 3), o qual possibilita o conhecimento e análise da distribuição de valor de um item de controle, podendo demonstrar onde ocorre a maior incidência de problemas no processo e se estão operando acima ou abaixo da média; Análise

de item defeituoso (figura 4), utilizada para identificar o tipo de defeito mais comum e com que frequência se apresenta no processo; e Verificação para análise de causas de defeitos (figura 5), usada para relacionar as causas aos defeitos, isso significa que os dados casuais são organizados de forma que possam facilmente ser correlacionados com as consequências, tornando a investigação de erros mais fácil e clara.

Figura 3 - Exemplo de folha para análise da distribuição de parâmetros de controle em um processo produtivo.

Lista de Verificação												
Data:												
Estágio de Verificação:						Seção:						
Produto:						Máquina:						
Total Inspeccionado:						Inspetor:						
Lote:						Turno:						
Espeficação (peso)	Varição	Verificações										Frequencia
	menor que -0,03	X										
	-0,03	X										
	-0,02	X	X	X								
	-0,01	X	X	X	X	X	X	X	X			
5,20	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	0,01	X	X	X	X	X	X					
	0,02	X	X	X								
	0,03	X	X									
	maior que 0,03	X										
											TOTAL	

Fonte: Coutinho, 2017.

Figura 4 - Exemplo de folha de análise de item defeituoso.

Lista de Verificação		
Problema:		
Estágio de Verificação:		Data:
Produto:		Seção:
Total Inspeccionado:		Inspetor:
Lote:		Turno:
Tipo de Defeito	Contagem	Subtotal
Arranhão	□□□	
Trinca	□Γ	
Revestimento Inadequado	□□□Γ	
Mancha	□	
Acabamento inadequado	□	
Outros		
		TOTAL
Total Rejeitado		

Fonte: Coutinho, 2017.

Figura 5 - Exemplo de folha de verificação para análise de causas de defeitos.

Lista de Verificação								
Problema:								
Estágio de Verificação:								
Produto:								
Total Inspeccionado:								
Turno	Máquina	Operador	DIA					
			Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
1	x	A	L					
		B		C			L	
	y	A						
		B	L					
2	x	C			C	F		
		D		L			Π	
	y	C						
		D				L		

Fonte: Coutinho, 2017.

5.5.1.3 Gráfico de Pareto:

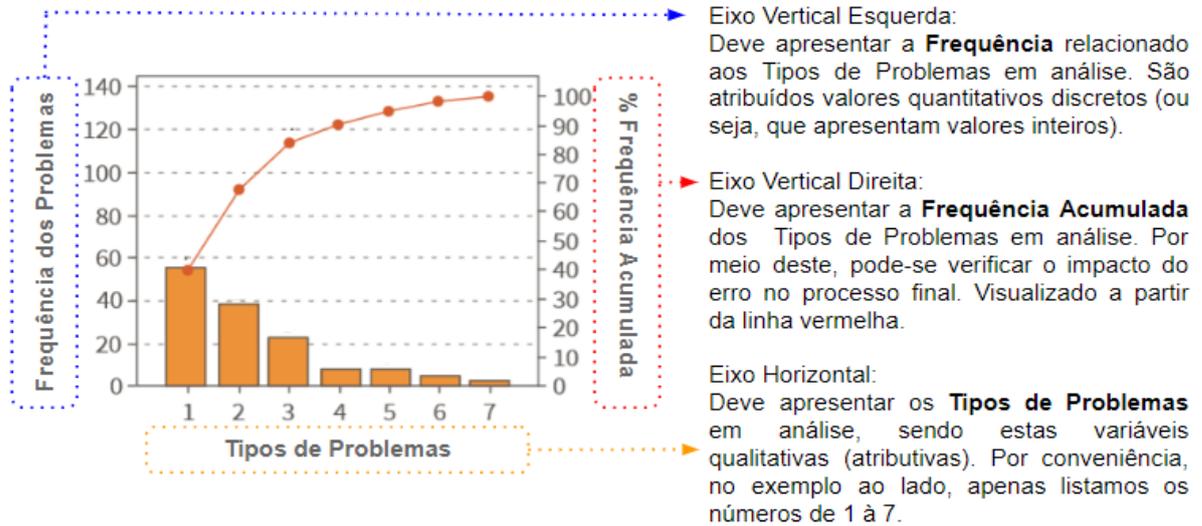
O Gráfico de Pareto é uma valiosa ferramenta de análise e gestão que permite identificar e priorizar os principais problemas ou causas em um conjunto de dados. Baseado na teoria do economista italiano Vilfredo Pareto, que por meio de conceitos estatísticos buscou modelar a distribuição de renda da população italiana, que atribuiu 80% da riqueza do seu país nas mãos de apenas 20% da população. Essa proporção de 80/20 era aplicada em outros estudos (BEZERRA, 2014). Contudo, foi Joseph Moses Juran (1904-2008) que ampliou o uso da teoria levando-o ao setor industrial, de forma a relacionar os principais problemas de qualidade com seus devidos números de ocorrências. Assim, diminuindo o número de itens e/ou serviço não conformes e consequentemente aumentando sua qualidade final.

O Diagrama de Pareto tem como finalidade mostrar a importância de todas as condições, a fim de, escolher o ponto de partida para solução do problema, identificar a causa básica do problema e monitorar o sucesso (MACHADO, 2012). Dessa forma, o Princípio de Pareto determina que os problemas referentes à qualidade possam ser classificados em duas categorias, sendo elas: “poucos vitais”, que retratam um pequeno número de problemas, mas que são responsáveis por grandes perdas da empresa e; “muitos triviais”, que são uma lista vasta de problemas, mas que independente de seus números refletem perdas pouco significativas para a empresa.

A representação gráfica do Princípio de Pareto (figura 6) ocorre através de barras, onde cada barra representa uma categoria ordenada por frequência ou impacto de forma decrescente.

Além disso, é acompanhada por uma linha que indica a porcentagem acumulada do total, facilitando a visualização das prioridades de intervenção (ISHIKAWA, 1990).

Figura 6 - Gráfico de Pareto.



Fonte: Edti, 2019.

Portanto, o gráfico de Pareto é uma ferramenta fundamental, pois auxilia na identificação dos principais problemas que necessitam de ações corretivas ou de melhoria (PYZDEK; KELLER, 2014).

5.5.1.4 Diagrama de causa-e-efeito:

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou escama de peixe, tem como utilidade sumarizar e apresentar possíveis causas de algum problema considerado, atuando como um guia para o reconhecimento da causa fundamental do mesmo e para a determinação de medidas corretivas que deverão ser adotadas. Conforme Werkema (1995), é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. Dessa forma, esta ferramenta permite que a equipe entenda e visualize através do gráfico, as muitas causas que contribuem para o efeito final (LAU, 2015).

O diagrama causa-e-efeito em si não aponta as causas do problema, mas é eficaz na organização da busca por elas. Serve como uma ferramenta para gerar uma lista eficiente de possíveis causas que contribuíram para o efeito observado. Uma associação interessante da utilização do diagrama é em conjunto com a técnica de brainstorming. Brainstorming

(tempestade de ideias) é uma técnica utilizada para propor soluções a um problema específico, na qual os participantes devem ter liberdade de expor suas sugestões e debater sobre as contribuições dos colegas (COSTA FILHO, 2011).

Para Rocha (2007), o diagrama de causa e efeito conduz a uma grande quantidade de causas, sem estabelecer exatamente quais as causas dos problemas, o que exige o emprego de outras ferramentas da qualidade para tal finalidade.

De acordo com Werkema (1995), o diagrama de Ishikawa é utilizado para exibir a relação existente entre o resultado de um processo, e as causas que possam afetar o resultado. Segundo Campos (1999), o método é baseado em uma divisão de 6 M's, ou seja, as causas dos problemas poderiam ser na raiz (figura 7).

Figura 7 - Diagrama de Ishikawa e divisão dos 6M'S.



Fonte: Fiorio, 2017.

Scartezini (2009) descreveu cada raiz, como:

- Mão de obra – inclui os aspectos relacionados às pessoas e a sua forma de trabalho;
- Material – inclui os aspectos relacionados a insumos e matérias primas;
- Máquina – são os aspectos relativos aos equipamentos;
- Medição – inclui a adequação e a confiança nas medidas como aferições, escalas, etc.;
- Meio ambiente – são as condições ou aspectos ambientais que possam afetar o processo;
- Método – referem-se os procedimentos, rotinas e técnicas utilizadas.

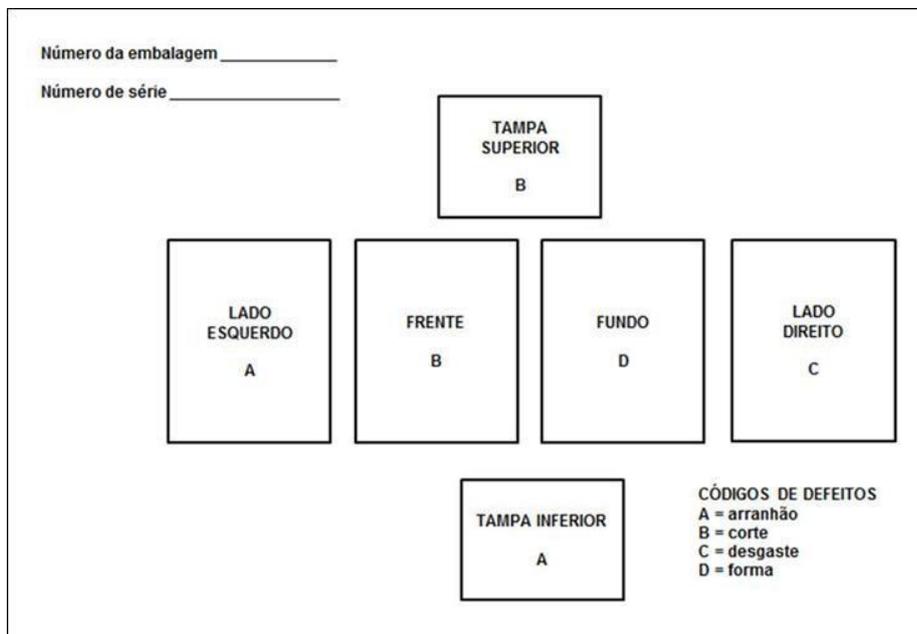
Portanto, o diagrama amplia a visão do negócio e facilita a análise do ambiente, dessa forma, facilitará a proposição de melhorias (BEHR et al. 2008).

5.5.1.5 Diagrama de concentração de defeito:

O diagrama de concentração de defeitos (figura 8) é uma figura de um produto, no qual demonstra todas as suas atividades relevantes. Os vários tipos de defeitos são desenhados na figura, a partir de então, o diagrama é analisado para determinar se a localização dos vários defeitos no produto fornece alguma informação útil sobre suas causas potenciais. (MONTGOMERY, 2013). Deste modo, o diagrama é construído para que causas potenciais de um efeito indesejado sejam levantadas e ações corretivas sejam tomadas (MONTGOMERY, 2004).

À vista disso, essa ferramenta é empregada na resolução de problemas em empresas de grandes portes, como: maquinaria e montagem de eletrônicos, pintura e revestimento, operação de fundição, entre outras. Já que, quando os dados sobre defeitos são retratados sobre um número suficiente de produtos, constantemente surgem padrões com localização que detém de muita informação sobre as causas dos defeitos.

Figura 8 - Modelo de diagrama de concentração de defeito.



Fonte: Toledo, 2020.

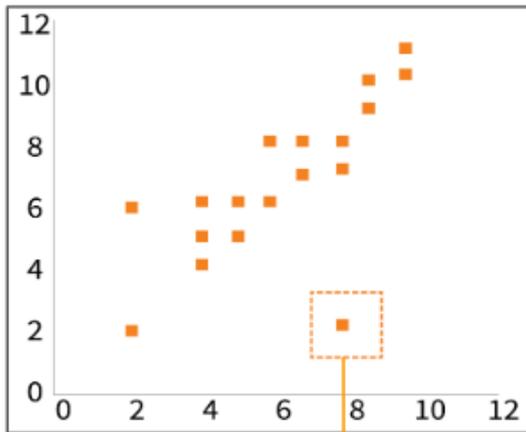
5.5.1.6 Diagrama de dispersão:

O diagrama de dispersão, também é conhecido como diagrama de correlação, consiste num gráfico que concede visualização e/ou análise do tipo de relacionamento existente entre

duas variáveis quantitativas distintas, e estabelece qual contribuição à associação destas variáveis pode influenciar no processo, através do uso de coordenadas cartesianas. Segundo Carvalho et al. (2012), os diagramas de dispersão “são técnicas gráficas utilizadas para visualizar e analisar as relações entre duas variáveis”.

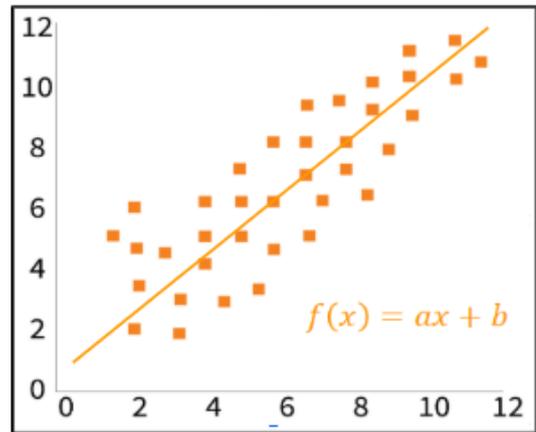
A construção do gráfico de dispersão envolve a alocação dos dados em um eixo horizontal (eixo X) e um eixo vertical (eixo Y). Os pontos no gráfico representam as observações para cada combinação de valores das variáveis, proporcionando uma visualização clara da dispersão dos dados (figura 09). Conforme Costa Neto (2017), a inclinação e a direção-geral dos pontos no gráfico de dispersão podem indicar a natureza e a força da relação entre as variáveis.

Figura 9 - Diagrama de dispersão.



Ponto muito discrepante (*outlier*) com relação ao conjunto de dados. É necessário o isolamento e tratamento do mesmo para eliminação corretiva de suas causas.

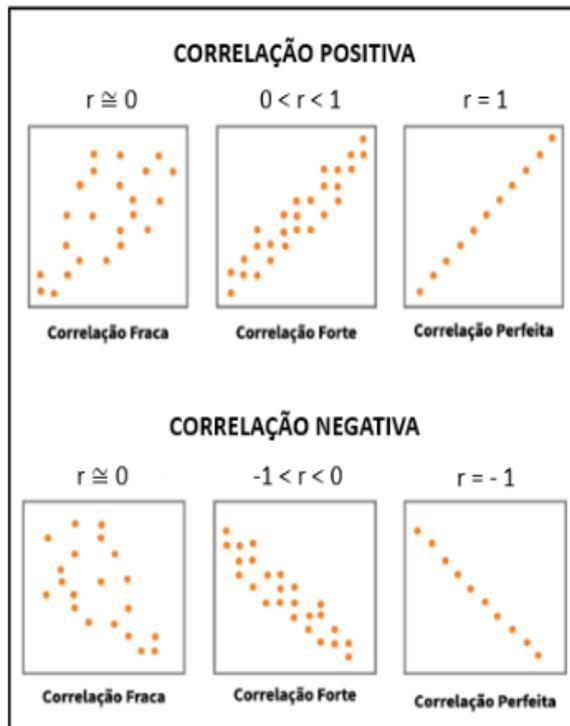
Fonte: Edti, 2019.



O Diagrama de Dispersão pode ser utilizado para auxiliar na modelagem de Regressão Linear, o qual busca, a partir de uma equação matemática, resumir a distribuição de dados em torno de uma reta.

Carvalho et al. (2012), acrescenta que há mais de um tipo de relacionamento entre essas variáveis, que pode ser positiva, relação negativa ou relação inexistente. Dessa forma, a proximidade dos pontos em um gráfico de dispersão indica uma correlação forte, enquanto a dispersão indica uma correlação mais fraca. No entanto, se esses pontos não apresentam um padrão de comportamento, não formando uma curva ou uma reta, significa que as variáveis não possuem relação. Conforme representado na figura 10.

Figura 10 - Diagrama de dispersão positiva, negativa e nula.



O tipo de correlação pode ser visualizado a partir do **Coefficiente de Correlação** (ou Coeficiente de Pearson - r). Os valores obtidos neste coeficiente relacionam-se da seguinte forma:

$r = 0$: Correlação nula ou inexistente entre variáveis.

$r = 1$: Correlação positiva entre variáveis.

$r = -1$: Correlação Negativa entre variáveis.

Correlação Positiva:

No qual as duas variáveis crescem no mesmo sentido. Ou seja, enquanto um aumenta, o outro também aumenta.

Correlação negativa:

No qual as duas variáveis variam em sentidos contrários. Ou seja, enquanto um aumenta, o outro diminui.

Correlação Nula:

Não há interação entre variáveis.

Fonte: Edti, 2019.

Ademais, o diagrama de dispersão é uma ferramenta muito simples que permite o estudo de algumas destas relações, e por este motivo ela é amplamente utilizada (WERKEMA, 2006). Este tipo de ferramenta contribui para acrescentar a eficiência dos métodos de controle de processo, promovendo a facilidade de possíveis problemas e auxilia no planejamento das ações de melhoria que devem ser tomadas (PALADINI, 1997).

5.5.1.7 Gráfico de Controle:

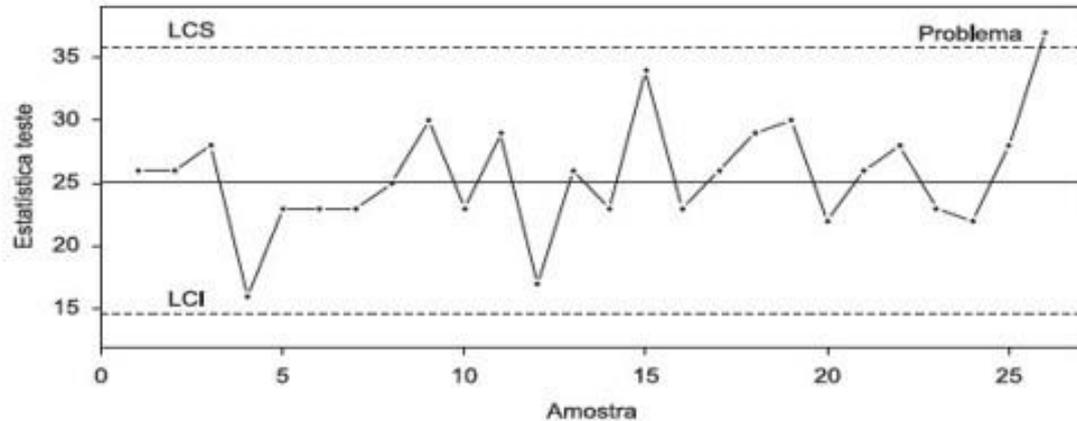
O gráfico de controle, também conhecida como carta de Shewhart, foi desenvolvido pelo físico, engenheiro e estatístico estadunidense Walter Andrew Shewhart em 1920. Segundo Carvalho (2012), esta ferramenta foi a que “introduziu as bases quantitativas para a avaliação da qualidade, marcando o uso da estatística como instrumento básico da avaliação da qualidade em nível de processos”. Magalhães e Cymrot (2006) destacam que, através de técnicas de monitoramento, com cartas de controle, é possível observar processos de produção e verificar uma possível existência de qualquer anomalia no mesmo, isto é, pode-se detectar variações na centralização e/ou na dispersão do processo.

A carta de Shewhart é usada para analisar tendências e padrões que acontecem ao longo do tempo, sua finalidade principal é monitorar um processo, verificando se ele está sob controle

estatístico indicando sua faixa de variação (HENNINGA et al. 2014).

A figura 11, apresenta um exemplo do gráfico de controle formado por faixas estabelecidas estatisticamente e denominadas de limites de controles, sendo LSC (limite superior de controle) e LIC (limite inferior de controle), além da LC (limite central) localizada entre LCS e LCI.

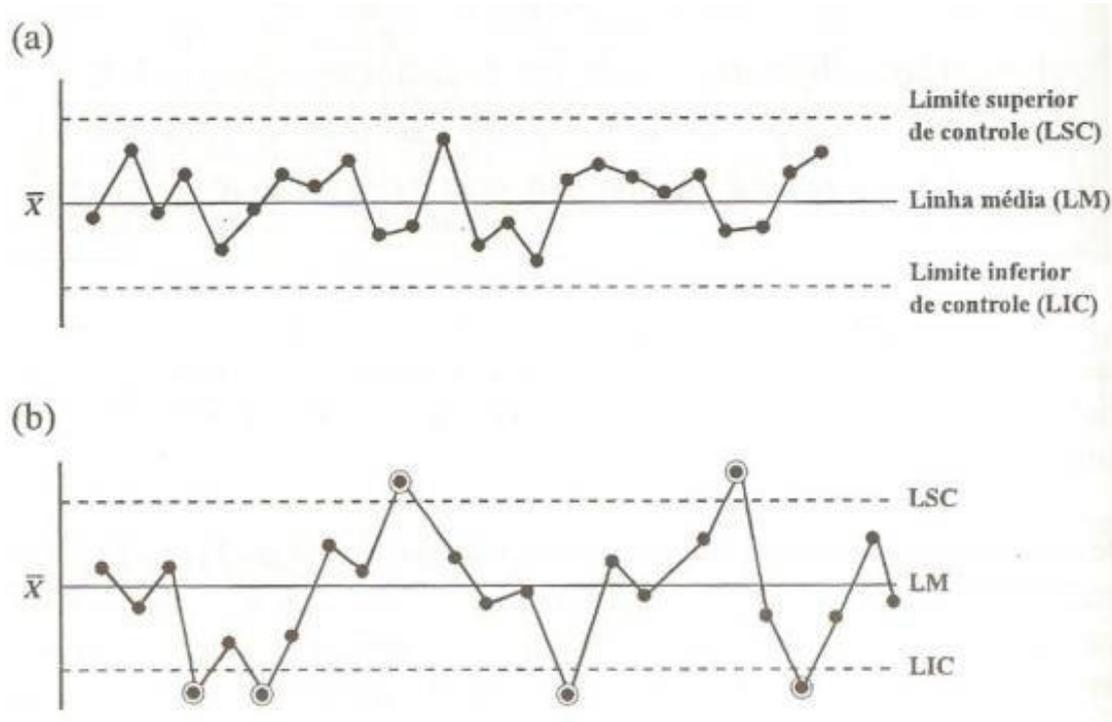
Figura 11 - Gráfico de controle.



Fonte: Viana, 2017.

A figura 12 mostra a análise de um processo sob e fora do controle estatístico. Nesse sentido, o valor médio do objeto em análise é representado por uma linha central (LC), na qual o processo está sob controle e apenas causas aleatórias agem sobre ele. Além disso, são estabelecidos duas linhas (LSC e LIC) que definem a área onde os valores medidos (amostras) podem estar presentes para que o processo seja considerado sob controle. Quando as amostras ultrapassam esses limites, o processo é dito fora de controle e, então, uma ação corretiva deve ser implementada para encontrar e eliminar as causas especiais de variabilidade (MONTGOMERY, 2004).

Figura 12 - Exemplo de gráfico de controle: a) processo sob controle e b) processo fora do controle.



Fonte: Marinho, 2023.

Segundo Siqueira (1997), as cartas de controle podem ser por variáveis ou atributos. Onde no primeiro gráfico as características do produto se manifestam por meio quantitativo e no segundo gráfico as características se manifestam por meio qualitativo (MONTGOMERY, 2004).

Neste sentido, as cartas de controle por variáveis são utilizadas quando uma avaliação da característica da qualidade resulta numa expressão numérica em escala contínua de medidas, ou seja, as características avaliadas são mensuráveis (comprimento, largura, volume, peso). Quando as características não podem ser medidas numericamente (cor, brilho) resulta numa classificação para cada item inspecionado em “conforme” ou “não-conforme”, ou seja, quando o produto é “não-defeituoso” ou “defeituoso”, as características da qualidade classificáveis são chamadas de atributos (MONTGOMERY, 2004).

Costa, et. al. (2016), apresenta uma lista dos gráficos de controle mais utilizados:

1. Cartas de controle de variáveis:
 - a) Cartas de controle para a média e a amplitude;
 - b) Carta de controle para o desvio-padrão;
 - c) Carta de controle para a mediana;
 - d) Carta de controle para valores individuais.

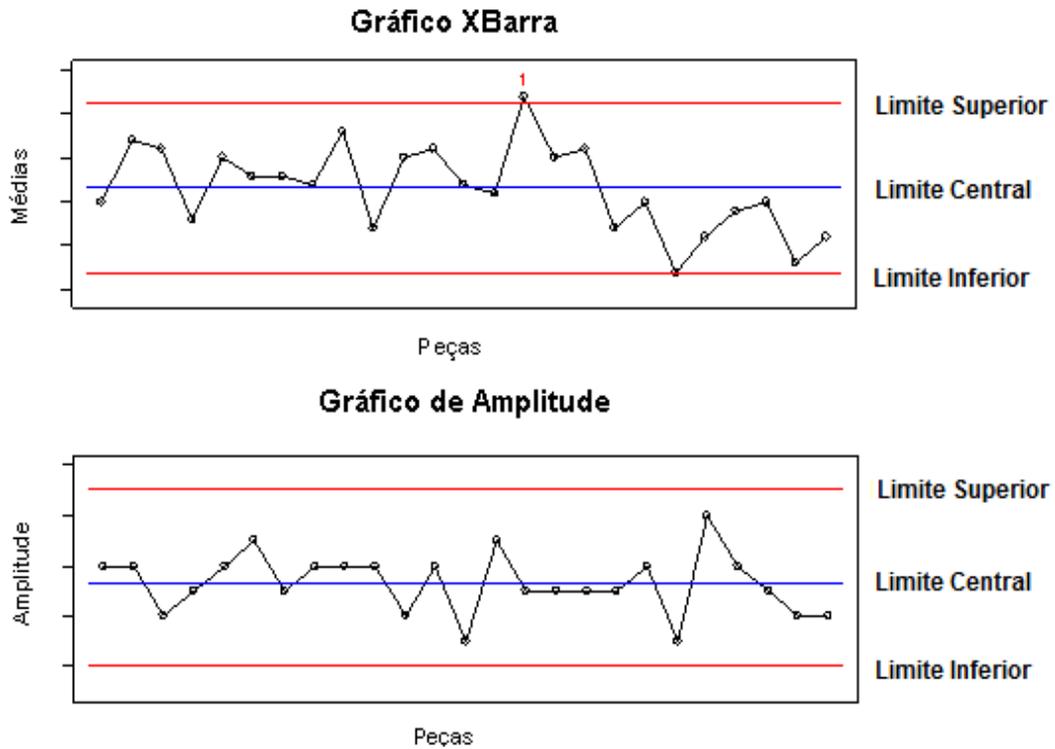
2. Cartas de controle de atributos:
 - a) Carta para % de não conformes;
 - b) Carta np para número de não conformes;
 - c) Carta c para número de não conformidades;
 - d) Carta u para número de não conformidades por unidade.

Segundo Faesarella et.,al (2006), os gráficos de variáveis normalmente utilizados são os gráficos de \bar{x} e R (figura 13). E, os passos para construir uma carta de controle são:

1. Tomar um número de amostras estatisticamente grande (entre 25 e 30);
2. Calcular a linha central e os limites de controle para os dados, conforme segue:
 - a) Para cada subgrupo, calcular a média. Com os valores das médias dos subgrupos, calcular a média (\bar{X}) do processo. Este valor será a linha central do gráfico da média;
 - b) Calcular a amplitude (maior valor - menor valor) de cada subgrupo. Calcular a média das amplitudes (R) dos subgrupos, que será a linha central do gráfico da amplitude.;
 - c) Limites de controle para a média:
 - Limite Superior de Controle: $LSC = \bar{X} + A_2R$.
 - Limite Inferior de Controle: $LIC = \bar{X} - A_2R$.
 - d) Limite de Controle para amplitude:
 - Limite Superior de Controle: $LSCr = D_4R$.
 - Limite Inferior de Controle: $LICr = D_3R$.

Os valores de A_2 , D_4 e D_3 dependem do tamanho do subgrupo e são tabelados.

Figura 13 - Gráfico de Controle X e R.



Fonte: ACC, 2023.

5.6 Índice de capacidade do processo

Os índices de capacidade do processo são métricas amplamente empregadas na gestão da qualidade para avaliar habilidade de um processo em gerar produtos que atendam aos requisitos exigidos pelos clientes. Para aplicar esses índices, é essencial que o processo esteja sob controle estatístico e que a variável de interesse apresente uma distribuição próxima à normal.

Conforme Montgomery (2013), existem quatro índices de capacidade, que são números adimensionais que possibilitam uma avaliação quantitativa do desempenho dos processos, a saber: C_p , C_{pk} , C_{pm} e C_{pmk} . Neste estudo em particular, optou-se por utilizar os índices C_p e C_{pk} , os quais foram determinados com base nas características dos dados coletados.

5.6.1 Índice C_p

O índice C_p , também conhecido como índice de capacidade potencial do processo, compara a tolerância especificada com a variação natural do processo, por meio da seguinte

equação:

Equação 1 - Cálculo do índice de capacidade Cp.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Em que as siglas LSE e LIE, representas os limites superior e inferior de especificações, respectivamente, e σ o desvio padrão do processo.

Este índice não considera a localização do processo, baseia-se apenas na relação entre a amplitude do intervalo de especificação e da variabilidade permitida no processo. Portanto, quanto maior for o índice Cp, menor a probabilidade de a característica de qualidade medida estar fora das especificações, o que sugere que haverá menos produtos defeituosos durante o processo produtivo. Montgomery (2004) para analisar este índice é definir três intervalos de referência, evidenciado na tabela 01.

Tabela 1 - Interpretação do índice de capacidade Cp.

CP	INTERPRETAÇÃO
$CP < 1$	Processo Incapaz
$1 \leq Cp \leq 1,33$	Processo Aceitável
$Cp \geq 1,33$	Processo Potencialmente Capaz

Fonte: Montgomery, 2004.

Em suma, o índice Cp desempenha um papel crucial na avaliação da variação em relação à faixa de especificação, mas tem uma limitação importante, uma vez que concentra estritamente na dispersão do processo, ignorando a centralização. O índice Cp leva em conta somente a variabilidade do processo (σ). Para abordar a centralização das amostras, foi desenvolvido o índice Cpk.

5.6.2 Índice Cpk

O Cpk foi desenvolvido com o propósito de avaliar a proximidade entre o valor esperado da qualidade e o limite mais próximo, em relação à metade da amplitude natural do processo (geralmente 3σ). Em comparação com o índice Cp, o Cpk é uma métrica mais avançada, especialmente adequada quando apenas um dos limites é crítico. Kane (1986), introduziu o índice de desempenho Cpk, que leva em consideração a distância da média do processo em relação aos limites de especificação, e sua fórmula é apresentada na equação 02.

Equação 2 - Cálculo do índice de capacidade Cpk.

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma}\right)$$

Sendo LSE é o limite superior de especificação; LIE é o limite inferior de especificação; μ é a média do processo e σ é o desvio-padrão do processo.

Em situações em que o processo está alinhado com o valor nominal das especificações, Cp é igual a Cpk. No entanto, quando Cp difere de Cpk, indica que o processo está descentralizado.

5.7 História da Goiabada

A goiabada é um doce típico brasileiro, sua base é a goiaba, fruta que advém da goiabeira, uma árvore da espécie *psidium guajava*, da família Myrtaceae. Surgiu no Brasil, porém foi introduzida pelos portugueses, no período colonial, para substituir o marmelo na fabricação da marmelada, doce típico de Portugal.

Com o passar do tempo, a goiabada foi se popularizando a ponto de existir diferentes tipos, que varia conforme a região do país. Uma das mais conhecidas é a goiabada cascão, a qual possui uma textura mais consistente, e leva em sua fabricação a goiaba ainda com casca; há também a goiabada mole, com textura mais cremosa e suave; e a goiabada em barra, a qual sua textura fica entre a cascão e a mole.

5.8 Goiaba

A goiaba é uma fruta que advém da árvore da espécie *Psidium Guajava*, da família Myrtaceae, popularmente conhecida como goiabeira, a qual é composta por mais de 70 gêneros e 2.800 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e sub-tropicais do mundo.

A *Psidium Guajava* é um arbusto de árvore de porte pequeno a médio, que pode medir de 3 a 6 metros de altura, dispõe de uma folhagem opostas e com formato elíptico-oblongo (forma mais longa que larga, bordas quase paralelas, na maior parte da extensão), e cai após a maturação. As folhas são brancas, hermafroditas, eclodem em botões isolados ou em grupos de dois ou três.

A goiabeira tem maior adaptação aos solos que possuem textura arenosa e argilosa, com profundidade adequada, boa drenagem e riqueza em matéria orgânica. É importante ressaltar

que a preparação do solo deve ser evitada em períodos de seca, pois o solo precisa estar bem solto, permitindo fácil manuseio dos implementos agrícolas e prevenindo futuros problemas de erosão.

A propagação da goiaba pode ocorrer de várias maneiras, a saber: por semente, através da enxertia (um método que junta duas partes de plantas de diferentes espécies, permitindo que cresçam juntas como uma só) e pelo método de enraizamento (por meio de estaquia e mergulhia).

A goiaba, cuja produção é concentrada nas regiões nordeste e sudeste do Brasil, onde o país é líder mundial no cultivo da goiaba vermelha. Estimativas indicam que cerca de 80% da produção nacional é proveniente dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Pernambuco. No entanto, a cultura da goiaba também ganha destaque nos estados da Bahia, Ceará, Minas Gerais e Paraná (CUNHA E CASTRO, 2020).

Ademais, a goiaba é uma fruta de grande valor nutritivo, rico em vitamina C, fonte de licopeno, potássio, cálcio e magnésio. E, possui versatilidade dentro do mercado, pois seus frutos são usados na produção de geleias, doces, polpas e sucos, e também para o consumo in natura, com grande aceitação no mercado nacional e no exterior (CUNHA E CASTRO, 2020).

6 METODOLOGIA

A pesquisa desempenha um papel essencial no aprimoramento da qualidade dos produtos na indústria alimentícia. Este estudo é caracterizado como indagação aplicada, pois a finalidade não é somente procurar uma nova tomada de posição teórica, mas realizar uma ação concreta, ou seja, operacionalizar os resultados do trabalho (BARROS; LEHFELD, 2,014).

Além disso, é considerada uma abordagem quantitativa, visto que, segundo Michel (2005), a pesquisa quantitativa é conseguida na busca de resultados exatos evidenciados por meio de variáveis preestabelecidas, em que se verifica e explica a influência sobre as variáveis, mediante análise da frequência de incidências e correlações estatísticas.

No que diz respeito aos objetivos, este estudo se adequa na categoria descritiva, uma vez que expõe as características de determinada população ou fenômeno, estabelece correlações entre variáveis e define sua natureza. A autora coloca também que a pesquisa não tem o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação (VERGARA 2000).

Quanto aos procedimentos adotados, foi conduzido um estudo bibliográfico, o qual, segundo Vergara (2000), envolve a pesquisa desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos e é importante para o levantamento de informações básicas sobre os aspectos direta e indiretamente ligados à nossa temática. Uma das vantagens primordiais dessa modalidade de pesquisa é fornecer ao pesquisador uma base analítica que pode ser aplicada em diferentes tipos de investigação, embora também possa ser uma forma de pesquisa autossuficiente.

Neste estudo, adotou-se a abordagem estatística conhecida como amostragem aleatória sistemática para a coleta de dados. Esta técnica é uma variação da amostragem aleatória simples. Sua aplicação requer que a população seja ordenada de modo tal que cada um de seus elementos possa ser unicamente identificado pela posição (GIL, 2002).

A escolha da Indústria Alimentícia como foco de pesquisa foi baseada em critérios específicos. Foi considerado o requisito de que a indústria possuísse uma linha de produção em série. Além disso, a seleção desse setor se justifica devido à sua significativa expansão nos últimos anos e sua relevância no que diz respeito ao número de empregos oferecidos na região.

Na sequência, realizou-se a primeira reunião com o gerente de produção da Indústria Alimentícia selecionada, a fim de obter informações essenciais sobre as linhas de produção já em operação, bem como identificar e compreender os principais desafios e problemas enfrentados. Esse intercâmbio de informação permitiu a seleção da linha de produção da

goiabada tradicional 300g, uma vez que este é tido como o produto carro chefe pela empresa.

A variável escolhida pela organização para análise foi o peso do produto estudado. Isso se justifica por ser um parâmetro crítico, uma vez que está diretamente ligada à satisfação do cliente, à conformidade com os padrões de peso e à uniformidade do produto, além de impactar significativamente nos custos de produção da empresa.

Quanto à coleta de dados, foram disponibilizadas 150 amostras da goiabada tradicional 300g de acordo com o plano amostral estabelecido para a pesquisa. A coleta foi realizada período compreendido entre os dias 29 de abril a 02 de maio de 2019. Durante esse período, foram recolhidas 25 unidades ($m=25$) da goiabada, foram selecionadas aleatoriamente, a cada 20 minutos até completar 30 subgrupos ($n=30$) compostos por 05 unidades cada. É relevante mencionar que após a coleta, foram pesadas (figura 16) e, em seguida, devolvidas à linha de produção, garantindo que o fluxo de fabricação continuasse sem interrupções.

Os dados obtidos durante a coleta foram minuciosamente registrados em uma folha de controle, assegurando um registro preciso e detalhado das informações essenciais para a pesquisa em questão, conforme apêndice.

Figura 14 - Pesagem da goiabada tradicional 300g.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Para analisar os dados coletados, a fim de monitorar os itens não conformes e a variabilidade do processo, foram utilizadas diversas ferramentas de controle de qualidade, incluindo a folha de controle, fluxograma, carta de controle, teste de normalidade, método não paramétrico de kernel, índice de performance (C_p e C_{pk}) e, o histograma. Todas as análises e gráficos foram feitos com o auxílio do software estatístico Action.

O fluxograma foi empregado como uma ferramenta eficaz para mapear as etapas do

processo de produção da goiabada tradicional 300g. De acordo com Oliveira (2013), o fluxograma consiste na representação gráfica que, utilizando de diferentes formas geométricas representativas, apresenta a sequência de um trabalho de forma analítica, caracterizando as operações, os responsáveis e/ou unidades organizacionais envolvidas. Ainda elucida as várias etapas de processos, facilitando o entendimento, a identificação de gargalos e de pontos de melhoria.

A carta de controle utilizada foi do tipo por variáveis, uma escolha feita devido à natureza da avaliação da característica de qualidade, como mencionado anteriormente. Essa abordagem é particularmente adequada quando a análise dessa característica resulta em uma expressão numérica contínua de medidas, como é o caso da variável peso sob investigação neste estudo.

Entre as opções de carta de controle mencionadas no tópico 5.5.1.7 desta pesquisa, optou-se por utilizar a X e R (gráfico da medida e da amplitude), devido à aplicabilidade em situações em que o tamanho do subgrupo da amostra varia de dois a nove. Além disso, esses gráficos são comumente empregados em conjunto, uma vez que se completam mutuamente.

O gráfico de média (X) é fundamental para monitorar a variabilidade no nível médio do processo e para detectar quaisquer mudanças significativas nesse aspecto. Por outro lado, o gráfico da amplitude (R) é crucial para analisar a dispersão do processo que contribui para a variabilidade, e suas variações podem ser prontamente identificadas. Portanto, para o cálculo dos limites das cartas de controle foram utilizadas as seguintes equações (MONTGOMERY, 2013):

Tabela 2 - Limites de controles da carta para média e para amplitude.

LIMITES DE CONTROLE	
Carta da Média (X)	Carta da Amplitude (R)
$LSC = \bar{X} + A_2R$	$LSC = D_4R$
$LC = \bar{X}$	$LC = R$
$LIC = \bar{X} - A_2R$	$LIC = D_3R$

Fonte: Montgomery, 2013.

Os termos A_2 , D_3 e D_4 , na tabela 1 variam de acordo com o tamanho da amostra e são valores tabelados (FERREIRA; OLIVEIRA, 2008). Os termos \bar{X} e \bar{R} são a média das médias em cada tempo e a amplitude da média respectivamente.

O teste de normalidade (QQ-plot), ou gráfico quantil-quantil, é uma valiosa ferramenta gráfica empregada na avaliação da normalidade dos dados, pois compara os quantis de uma

amostra com os quantis teóricos de uma distribuição normal, representados por uma linha diagonal. Quando os pontos do QQ-plot se alinham com essa linha, sugere que os dados possuem uma distribuição normal. Por outro lado, desvios significativos da linha diagonal indicam que os dados não seguem essa distribuição. Essa abordagem visual é eficaz para verificar a normalidade dos dados e foi usada para essa finalidade.

O método não paramétrico de kernel é um teste de hipóteses que não exige a caracterização da distribuição populacional por parâmetros específicos. Portanto, este método foi escolhido devido à sua flexibilidade e capacidade de lidar com dados que não se ajustam a uma distribuição paramétrica específica.

Os índices de capacidades C_p e C_{pk} , são medidas empregadas para mensurar a capacidade do processo de produção da goiabada, determinado se é, ou não, capaz de atender às exigências dos consumidores. Para o calcular esses índices, são utilizadas as seguintes equações:

Equação 3 - Cálculo do índice de capacidade $C_p + C_{pk}$.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad C_{pk} = \min\left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma}\right)$$

Neste contexto, LSE representa o limite superior de especificação, e LIE, o limite inferior de especificação.

De acordo com Montgomery (2004), um valor de $C_p > 1$ indica que o processo é capaz de atender as especificações dos clientes. Por outro lado, quando $C_p < 1$, tem-se um processo descentrado, sendo necessário a utilização do índice C_{pk} .

O histograma foi utilizado com o intuito de fornecer uma representação visual da distribuição dos dados de peso das goiabadas, tornando mais fácil identificar padrões e características do processo de produção. Isso é especialmente útil para verificar se o peso da goiabada atende às especificações de qualidade e se o processo de produção está sob controle.

Ademais, é importante destacar que todos os cálculos foram executados com o auxílio da ferramenta estatística do Action, a qual foi integrada ao software Excel.

6.1 Limitações da pesquisa

Durante o processo de produção científica envolvendo seres humanos, o pesquisador, além de lidar com as dificuldades referentes aos aspectos acadêmicos, enfrenta muitos obstáculos para que a pesquisa possa, de fato, ser concretizada, uma vez que há um longo

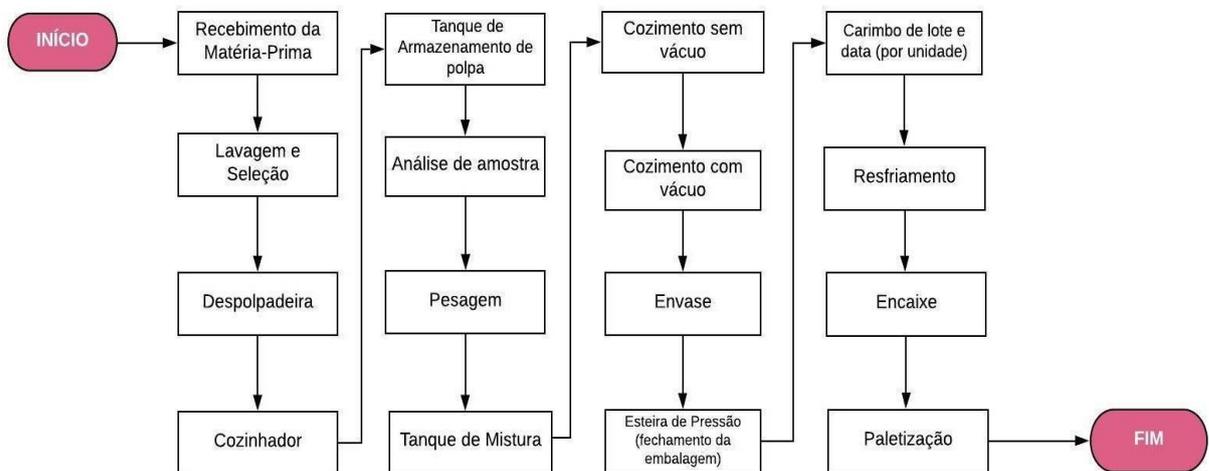
percurso para que ele possa dar início ao seu trabalho de campo (PAULA et al. 2019).

Nesse sentido, as restrições do estudo em questão ficam claras a partir dos seguintes pontos: dificuldade em agendar reunião com os gestores da empresa, visto que os mesmos dispunham de diversos compromissos; conhecimento superficial do processo, ainda que as etapas do processo tenham sido apresentadas, não foi mostrado de forma detalhada; e a localização da empresa, apesar de ser localizada em Arapiraca, a mesma se encontra em uma área um pouco afastada.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a apresentação do processo de produção da goiabada tradicional 300g, procedemos à coleta das informações pertinentes. Em colaboração com a equipe de gestão da indústria, foi desenvolvido o fluxograma. A utilização desse fluxograma permite identificar o funcionamento de qualquer operação, independente do seu grau de complexidade, permitindo o entendimento, através da representação visual, de como o processo é executado, já que o mesmo faz o mapeamento dos processos e explicita as entradas e saídas de todos os subprocessos (KAMEL, 1994), conforme apresentado na figura 15.

Figura 15 - Fluxograma da linha de produção da goiabada tradicional 300g.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O processo de produção da goiabada compreende 16 (dezesesseis) etapas, sendo que cada uma delas desempenha um papel crucial na asseguarção da qualidade e a segurança do produto final.

Em seguida, foi verificado que a indústria faz uso da balança para conferir o peso da goiabada, porém a pesagem feita das amostras aleatórias e de forma esporádica pode não ser suficiente para identificar as causas especiais que ocorrem dentro do processo produtivo. Em vista disso, foi aplicado a carta de controle, pois se trata de uma ferramenta usada para analisar a variação de dados em um certo processo. Nela é possível determinar se as variações dele estão dentro do limite.

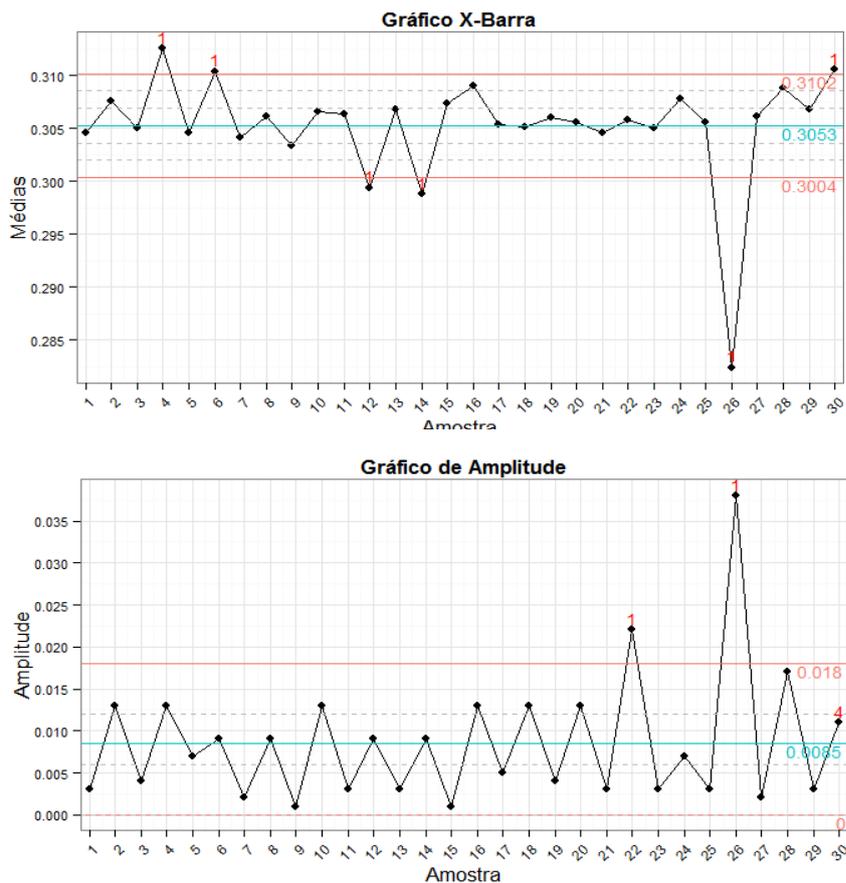
Sendo assim, buscou selecionar o tipo de carta de controle a ser usada na análise do processo da goiabada tradicional 300g, a saber: por variáveis X (média) e R (amplitude). De acordo com Rodrigues (2015), as cartas de controle para variáveis se definem por características quantitativas (valor individual, média, amplitude móvel, amplitude, desvio padrão, etc.).

Rodrigues (2015), completa expondo que a carta de controle \bar{X}/R (média e amplitude) monitora a variação da média e da amplitude, tem como característica um número pequeno de amostras (m) com tamanho (n) constante.

A partir disso, a empresa estabeleceu os limites de controles, sendo o limite inferior de especificação (LIE) de 300g e o limite superior de especificação (LSE) de 310g.

Por meio da análise descrita na figura 16, observa-se a existência de 6 (seis) pontos fora dos limites especificados (amostras 4, 6, 12, 14, 26 e 30). Desse modo, pode-se afirmar que o processo de produção se encontra fora do controle estatístico. Não havendo necessidade de investigar outros padrões de não-aleatoriedade e ainda indicando a atuação de causas especiais no mesmo.

Figura 16 - Carta de controle para a média \bar{X} e amplitude R para variável peso da goiabada tradicional de 300g.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

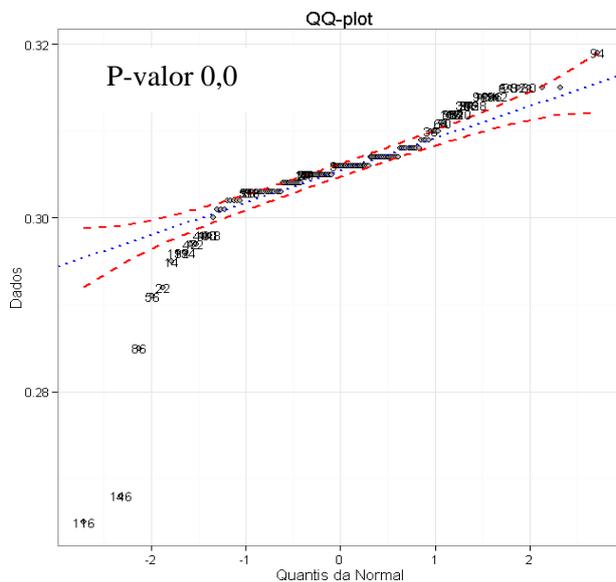
Posteriormente, empregou-se o teste de normalidade, uma ferramenta que avalia se o conjunto de dados segue uma distribuição normal. Um gráfico Q-Q é um gráfico de dispersão criado pela plotagem de dois conjuntos de quantis, um contra o outro. Se os dois conjuntos de

quantis forem da mesma distribuição, os pontos formam uma linha que é praticamente reta (LOPES, 2019). Nesse sentido, quanto mais próximo os dados estiverem da reta, destacada em azul, mais próximos estarão da distribuição normal.

Dessa forma, os resultados apresentados na figura 17 indicam que os dados não seguem uma distribuição normal, uma vez que seu P-valor deu inferior a 5%. Além disso, para reforçar essa constatação, foi conduzido o método não paramétrico de Kernel, como ilustrado na figura 18. Esse método confirma que os dados não seguem uma distribuição normal, já que seu P-valor deu maior que 5%.

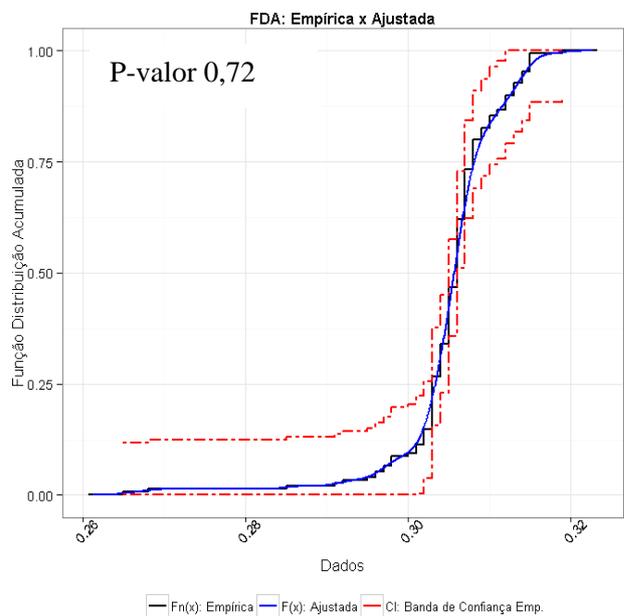
Para corroborar essa informação, foi utilizado o método não paramétrico de Kernel (figura 18), devido à sua flexibilidade e capacidade de lidar com dados que não seguem uma distribuição paramétrica específica. Esse método permite estimar a densidade de probabilidade dos dados, oferecendo uma representação suavizada e contínua das características da goiabada. Essa abordagem é valiosa para visualização, identificação de padrões e tomada de decisões baseadas em dados, especialmente quando não se deseja impor pressupostos restritos sobre a distribuição subjacente dos dados. Assim, o método confirmou que os dados não seguem distribuição normal, pois o P-valor é superior a 5%.

Figura 17-Teste de normalidade (QQ-plot).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 18 - Método não paramétrico (Kernel).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Subsequentemente, conduziu-se a análise de capacidade do processo, que é avaliada pela relação entre a variabilidade natural do processo em relação à variabilidade que é permitida a esse processo, dada pelos limites de especificações (GONÇALEZ et. al, 2009). Realizou-se o

cálculo dos índices de capacidade C_p e C_{pk} para avaliar a capacidade da produção de produção da goiabada tradicional 300g em atender as demandas dos consumidores. Conforme tabela abaixo.

Tabela 3 - Índices de Performance (para dados não paramétricos).

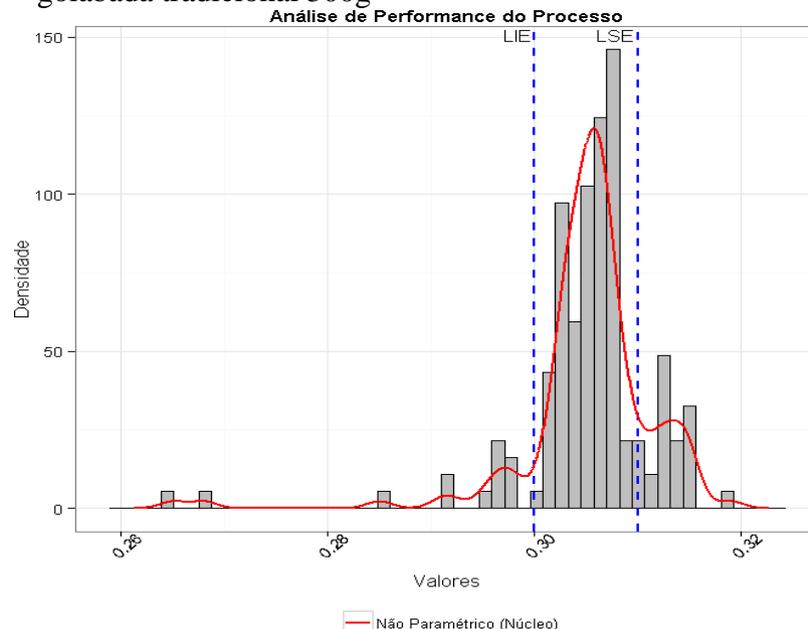
C_p	0,18
C_{PI}	0,14
C_{PS}	0,30
C_{Pk}	0,14

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os resultados, conforme apresentado na tabela 03, indicam um valor de $C_p < 1$ ($C_p=0,18$). Portanto, torna-se indispensável a realização do C_{pk} , que se refere ao índice para processos não centrados e mede a capacidade efetiva, considerando a variabilidade do processo e sua localização em consideração aos limites de especificação. Com um valor de C_{pk} igual a 0,14, ede acordo com a tabela 1, Montgomery (2004), citada na seção 5.6.1 desta pesquisa, conclui-se a incapacidade do processo em atender as especificações do cliente.

E por fim, realizou-se a análise do histograma da performance do processo, conforme sugerido por Wadsworth (1986), é uma abordagem direta para observar a frequências de ocorrências ou indicadores. Observou-se na figura 19 uma parte dos dados estão fora dos limites especificado (0,3kg e 0,31kg), tanto do limite superior quanto inferior, delimitados por linhas verticais na cor azul no gráfico. Isso corroborando com os resultados obtidos anteriormente, indicando que o processo da goiabada está fora do controle estatístico.

Figura 19 - Histograma da performance do processo para variável peso da goiabada tradicional 300g



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Ademais, o cálculo dos índices de capacidades (C_p e C_{pk}) geralmente não é recomendado para processos que estão “fora de controle”. No entanto, essa análise foi conduzida para comprovar os dados refletidos nas cartas de controle (Figura 16). O uso de uma ferramenta simples, como a carta de controle por variáveis, permitiu identificar a deficiência do processo produtivo, evidenciando que seu uso pode minimizar o desperdício.

Neste estudo, não é possível identificar com precisão o verdadeiro motivo das existências de causas especiais no processo da Indústria Alimentícia. No entanto, é possível que as oscilações estejam relacionadas a várias fontes, como desgaste das máquinas, fadiga do operador, rotação de operadores/máquinas, temperatura ou configuração no equipamento de produção. Portanto, é crucial realizar uma reunião com todos os envolvidos para identificá-las. Vale ressaltar que a empresa demonstra uma notável preocupação com a qualidade da matéria-prima utilizada na fabricação dos seus produtos em geral.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscou-se apresentar a importância da aplicabilidade do Controle Estatístico do Processo (CEP) dentro de uma indústria, visto que no contexto atual e globalizado onde ocorrem mudanças constantes. O mercado exige das empresas uma competitividade maior, e o grande desafio para se manter no âmbito competitivo é buscar novas formas de gerenciamento do trabalho, visando a minimização dos custos e maximização da qualidade de processos de produção e, conseqüentemente, de seu produto final.

Por ser uma ferramenta de fácil aplicação, o CEP dispõe de informações valiosas que são capazes de evidenciar, com precisão, quais os pontos críticos de um processo produtivo e onde é necessário que melhorias sejam realizadas. Contudo, é essencial que a empresa esteja alinhada com a gestão de produção, para que se tenha êxito em seus resultados.

Diante disto, realizou-se uma pesquisa em uma indústria alimentícia localizada no município de Arapiraca-AL. Definiu-se a análise na linha de produção da goiaba tradicional de 300g. A variável escolhida para o estudo foi o peso, pois foi considerado o ponto crítico dessa linha de produção.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que o processo de produção da goiabada tradicional 300g encontra-se fora de controle estatístico, ou seja, havendo atuação de causas especiais que gera variabilidade indesejada no mesmo. Averiguou-se, também, que há uma necessidade de ajustes para produzir de forma padronizada.

Ainda que este estudo não tenha conseguido identificar e corrigir a real causa da variabilidade encontrada dentro do referido processo, dado que requer uma análise mais prolongada do caso, é possível inferir que essa variabilidade esteja associada ao maquinário e à mão de obra.

Após concluir as análises e apresentar os resultados à empresa, o gestor demonstrou grande preocupação com a presença de causas especiais no processo. Assim, foi sugerido a continuidade da análise do processo produtivo da goiabada tradicional de 300 gramas.

Ante o exposto, podemos depreender que por meio da implementação da metodologia CEP em seus processos, a empresa pode realizar mudanças essenciais para alcançar melhores indicadores de desempenho. Também possibilita a identificação de variações e aplicação de ações corretivas durante o processo de produção, e dessa maneira previne problemas que poderiam surgir posteriormente, gerando maiores custos com o retrabalho. Além da redução de prejuízos, a implementação do CEP auxilia os gestores na tomada de decisão, no aumento da produtividade, menor custo de produção, melhor relação com seus funcionários, lucratividade

e maior satisfação de seus clientes.

Ademais, a aplicabilidade da pesquisa foi de suma importância para a obtenção de conhecimento acerca da relevância da aplicação do CEP nas organizações. Além, da possibilidade de associar a teoria com a prática e, a oportunidade de assessorar na implementação de uma cultura organizacional enfatizada no controle da qualidade demandada pelos clientes de uma empresa real localizada na cidade de Arapiraca. Todavia, é válido registrar que em todo processo de aprendizagem e pesquisa encontram-se desafios a superar, como a dificuldade em agendar as reuniões com o responsável pela produção na Indústria manufatureira, visto que o mesmo dispunha em sua agenda de diversos compromissos.

Para trabalhos futuros sugere-se a continuidade da análise do processo de produção da goiabada, a realização de ajustes necessários e a verificação da estabilidade do processo. Isso contribuirá para a melhoria contínua e aprimoramento da qualidade do produto.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A.J. S, LEHFELD, N.A.S. **Fundamentos Científico**. 6.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BEHR, A., MORO, E. L. S., ESTABEL, L. B. Gestão da Biblioteca Escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 32-42, maio/ago. 2008
- BEZERRA, F. Diagrama de Pareto: o que é e como fazer?. **Portal da administração**, 2014.
- CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês)**. 3.ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 1999.
- CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 9.ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- CARVALHO, M. M. et al. **Gestão da Qualidade: Teoria e casos**. 2.ed. Rio de Janeiro. Elsevier: ABEPRO, 2012.
- CHIAVENATO, I. **Princípios da Administração: o essencial em teoria geral da administração**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- COMUNICAÇÃO - ABC. Consumidor Brasileiro Está Otimista, mas ainda prefere economizar. Pesquisa Consumer Sentiment, **Boston Consulting Group (BCG)**. 2020. Disponível em: <https://www.abcdacomunicacao.com.br/consumidor-brasileiro-esta-otimista-mas-ainda-prefere-economizar/>. Acesso: 04 set. 2023.
- COSTA, A. F. B; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- COSTA FILHO, M. **As ferramentas de Qualidade no processo Produtivo com Enfoque no Processo Enxuto**. 2011. Monografia (MBA em Gestão da manutenção, produção e negócios) - Faculdade Pitágoras, Conselheiro Lafaiete - MG., 2011.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística Fácil**. 19. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2017.
- CUNHA E CASTRO, J. M. **Pesquisa e Desenvolvimento Para a Cultura da Goiabeira: a contribuição da Embrapa Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2020.
- DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de Processos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- DODGE, Y., ROUSSON, V. **Understanding the normal distribution In Statistical Tables and Formulae**. Switzerland: John Wiley & Sons, 2008.
- FAESARELLA, I.S., SACOMANO, J. B., CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da Qualidade: conceitos e ferramentas**. São Paulo: [s. n], 2006.

FALCÃO, A. S. G. **Diagnóstico de Perdas e Aplicação de Ferramentas para o Controle da Qualidade e Melhoria do Processo de Produção de Uma Etapa Construtiva de Edificações Habitacionais**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UFRGS, Porto Alegre, 2001.

FERREIRA, E. B.; OLIVEIRA, M. S. de. **Controle Estatístico da Qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008.

FREUND, J.E. **Estatística Aplicada, Economia, Administração e Contabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GARVIN, D. A. What Does “Product Quality” Really Mean?. **Sloan Management Review**, Brighton, v. 26, n. 1, p. 25-43, 1984.

GARVIN, D. A. Competing On The Eight Dimensions Of Quality. **Harvard Business Review**, Brighton, p. 101-109, 1987.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a Qualidade: a visão Estratégica e Competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a Qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALEZ, P. U; WERNER, L. **Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais: Gestão da Produção**, V.1. São Carlos: [s. n.], 2009.

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.

HENNINGA, E.; WALTERB, O. M. C. F.; SOUZA, N. S.; SAMOHYLB, R. W. Um Estudo para a Aplicação de Gráficos de Controle Estatístico de Processo em Indicadores de Qualidade da Água Potável. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**. v.9, n. 1, 2014.

ISHIKAWA, K. **What Is Total Quality Control?: the Japanese way**. Nova Jersey: Prentice Hall, 1990.

JURAN, J. M. **Controle da Qualidade**. v. 1, São Paulo: Makron, Mc Graw – Hill, 1991.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da Qualidade: Métodos Estatísticos Clássicos Aplicados à Qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1992.

KAMEL, Nadim Mahmoud. **Melhoria e Reengenharia de Processos Empresariais Focando o Cliente**. São Paulo: ERICA, 1994.

KANE, V. E. Process capability indices. **Journal of Quality Technology**, Londres, v. 18, n. 1, p. 41-52, 1986.

KUME, H. **Métodos Estatísticos Para Melhoria da Qualidade**. São Paulo: Gente, 1993.

LAU, C. Y. Quality Improvement Tools And Processes. **Neurosurgery Clinics**, California, n. 26, 2015.

LIMA, A.A.N.; LIMA, J.R.; SILVA, J.L.; ALENCAR, J.R.B.; SOARES-SOBRINHO, J.L.; LIMA, L.G.; ROLIM-NETO, P.J. Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Indústria Farmacêutica. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, São Paulo, v. 27, n. 3, p.177-187, 2006.

LOPES, MÁ. N. G. **Modelagem do Potencial de Geração de energia hidrelétrica: Uma contribuição para o planejamento energético na Amazônia**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia elétrica) - UFPA/ITEC/PPGEE, Belém/Pará, 2019.

MACHADO, S. S. **Gestão da Qualidade**. Inhumas/GO: e-Tec Brasil, 2012.

MAGALHÃE, R. R; CYMROT R. Técnicas de Monitoramento e Controle Estatístico de Processos Através de Cartas de Controle da Soma Cumulativa e de Cartas de Controle de Média Móvel Exponencialmente Ponderada. *In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA*, 10., 6., 2006, São José dos campos. **Anais [...]**. São José dos Campos, SP: Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

MARINO, L. H. F. C. Gestão da Qualidade e Gestão do Conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. *In: XIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 13., 2006, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: UNESP, 2006.

MARTINS, R. A. **Controle Estatístico de Processo**. Apostila do curso de Engenharia de Produção, São Carlos, 2002.

MARSHALL, I. J. **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana a revolução digital**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 2005.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle estatístico da Qualidade**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

NAVIDI, W. **Statistics For Engineers And Scientists**. Nova York: McGraw-Hill Education, 2008.

OLIVEIRA, R. P. D. **Sistemas, organização e métodos**. São Paulo: Atlas, 2013.

PALADINI E. P. **Qualidade total na prática: Implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. São Paulo: Atlas, 1994.

PALADINI, E. P. **Qualidade Total na Prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A., 1997.

PAULA, M. L., JORGE, M. S. B., MORAIS, J. B. O processo de Produção Científica e as Dificuldades para Utilização de Resultados de Pesquisas pelos Profissionais de Saúde. *Interface*, v. 23, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/icse/a/pZ8djC8vGSWbkQzwmKr4ByH/>. Acesso em: 18 set. 2023.

PYZDEK, T., KELLER, P. A. **The Six Sigma Handbook**. Nova York: McGraw-Hill Education, 2014.

PORTAL ACTION. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>. Acesso em: 10 jul. 2019.

RAMOS, A. W. **Controle Estatístico de Processos (CEP) para Processos Contínuos em Bateladas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. **Controle Estatístico da Qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RIBEIRO, J.L.D; CATEN, C.S.T. **Controle Estatístico do Processo**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Série monográfica. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

ROCHA, M. Q. B. **Elaboração de Indicadores e Uso de Ferramentas de Controle da Qualidade na Execução de Obras Prediais**. 2007. 193f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

RODRIGUES, M.V.C. **Ações para a Qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

RODRIGUES, M.C. **Aplicação de Cartas de Controle nas Análises de Rotina do Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência da Tecnologia do Leite e Derivado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

SANCHO, J., PASTOR, J. J., MARTÍNEZ, J., & GARCÍA, M. A. Evaluation of Harmonic Variability in Electrical Power Systems through Statistical Control of Quality and Functional Data Analysis. **Procedia Engineering**, Netherlands, 2013.

SEPLANDE. **Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico.** [2023]. Disponível em: <http://www.seplande.al.gov.br/>. Acesso em: 6 jun. 2023.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle estatístico de processos.** São Paulo. Pioneira, 1997.

SOUZA, F. S., PEDRINI, D. C., e CATEN, C. S. Índices de Capacidade do Processo: comparação entre índices tradicionais e índices para gráficos de controle de regressão. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Bauru. Anais [...]. Bauru: [s. n.], 2009.

SCARTEZINI, L. M. B. **Análise e Melhoria de Processos.** (Apostila). Goiânia: [s. n.], 2009.

SLACK, N. **Administração da Produção.** São Paulo: Editora Atlas, 1997.

STEIN, C. **Conceitos da qualidade: tudo o que você precisa saber.** 7 dez. 2021. Disponível em: [https://www.paripassu.com.br/blog/conceitos-da-qualidade#:~:text=Qualidade%2C%20segundo%20a%20ISO%20\(In,produto%20entregue%20pela%20sua%20empresa..](https://www.paripassu.com.br/blog/conceitos-da-qualidade#:~:text=Qualidade%2C%20segundo%20a%20ISO%20(In,produto%20entregue%20pela%20sua%20empresa..) Acesso em: 2 set. 2022.

TOLEDO, J. C., BORRÁS, M. A. A., MERGULHÃO, R. C., MENDES, G. H. S. **Qualidade: gestão e métodos.** Rio de Janeiro: LRC, 2013.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

VERGUEIRO, W. **Qualidade em serviços de informação.** São Paulo: Arte e ciência, 2002.

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade:** como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

VIEIRA, G. F. **Gestão da Qualidade Total:** uma abordagem prática. Campinas: Alínea, 2003.

WADSWORTH, H. M.; STEPHENS, K. S.; GODFREY, A. B. **Modern Methods for Quality Control and Improvement.** EUA: John Wiley, 1986.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos.** Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.