



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA  
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JÉSSICA LORRANE DE MATOS BONFIM**

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

**LUÍS EDUARDO MAGALHÃES - BA**

**2021**

**JÉSSICA LORRANE DE MATOS BONFIM**

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães da Universidade Federal do Oeste da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof<sup>o</sup>. Me. Larissa Barbosa  
Taquetti

**LUÍS EDUARDO MAGALHÃES - BA**

**2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

B765 Bonfim, Jessica Lorrane de Matos.

Aplicação do controle estatístico de processo em uma indústria de alimentos. / Jessica Lorrane de Matos Bonfim. – 2021.

60 f.; il.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Larissa Barbosa Taquetti.

Trabalho de Conclusão de Curso: (Graduação em Engenharia de Produção).

Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães, 2021.

1. Controle Estatístico de Processo. 2. Gráficos de Controle. 3. Gestão da Qualidade.

I. Taquetti, Larissa Barbosa. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães. III. Título.

---

CDD: 658.562



**JÉSSICA LORRANE DE MATOS BONFIM**

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA  
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães da Universidade Federal do Oeste da Bahia como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Luís Eduardo Magalhães – BA, 18 de julho de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Larissa Barbosa Taquetti  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

---

Prof. Me. Leonardo Rospì  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

---

Prof. Me. Diego Clímaco Patrocínio  
Universidade Federal do Oeste da Bahia

(A versão assinada deste documento encontra-se na Coordenação do Curso)

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus por todas as provações, pois sei que a minha fé me fez perseverante, inúmeras vezes entreguei a Ele às minhas angústias, então, também dedicarei a Ele minhas vitórias.

Aos meus pais, Edivando Escobar de Matos e Zileny P. de Matos por serem minha motivação, disciplina, exemplo e propósito; esta conquista é resultado do trabalho árduo de suas vidas. Também quero agradecer a minha pessoa favorita do mundo, meu irmão, Pedro Henrique P. De Matos que mesmo sendo treze anos mais novo que eu, sempre me ensinou e me fortaleceu.

Ao meu melhor amigo, amor e parceiro de vida, Jean Lucas Ramos Bonfim, por sempre me estender a mão, mesmo quando eu não queria levantar. Obrigada por caminhar ao meu lado, suas palavras foram minhas maiores fontes de conforto nos últimos anos.

A minha amiga, Fabíola Costa Vital, por todos os momentos vividos, mensagens trocadas e conhecimento compartilhado. Estando ao meu lado em toda minha vida acadêmica e pessoal, sendo um dos melhores acontecimentos que a universidade trouxe.

Aos meus amigos, Aleomar M., Amanda K., Ariane M., Gabriela D., Iana, Jayara D., Lília S., Lorrane C., Luens, Tayane P., Vinicius R., por serem meu círculo de apoio, empatia e amor. Em especial a minha irmã de coração, Deburah K., por toda a cumplicidade. Quero agradecer também a minha amiga Elisangela, que me apoiou durante a elaboração desse trabalho.

A minha professora, Larissa Barbosa Taquetti que não mediu esforços para me ajudar, mesmo diante das minhas limitações, eu não poderia ter escolhido uma profissional melhor para me orientar.

Aos professores Leonardo Rospi e Diego Clímaco Patrocínio, componentes da banca, por dedicar tempo para avaliar este trabalho. E por último, gostaria de agradecer aos servidores da Universidade Federal do Oeste da Bahia, por todos os anos de vivência.

## RESUMO

A gestão da qualidade e a melhoria continua são fundamentais para que as empresas dos mais diversos segmentos consigam vantagem competitiva diante do atual cenário mercadológico. Dessa forma, as organizações estão cada vez mais empenhadas em otimizar o processo para alcançar os mais elevados padrões de qualidade ao mesmo tempo em que garantem a satisfação de seus clientes. Um dos atributos para melhorar a qualidade de um produto é reduzir as variabilidades do processo. A fim de alcançar tal objetivo, o presente trabalho apresenta uma aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP) em uma indústria do setor alimentício que tem o milho como fonte principal de matéria-prima. A partir de um estudo bibliográfico, apresenta-se uma breve história sobre a qualidade assim como os conceitos e modelos propostos para a implementação do CEP. A estrutura metodológica baseou-se em uma pesquisa-ação, visto que houve envolvimento do pesquisador com a organização de modo participativo na busca e acompanhamento de um problema. O trabalho em questão descreve o processo produtivo e como o excesso de produto empacotado pode impactar negativamente nos lucros da organização. Algumas ferramentas básicas da qualidade foram aplicadas, sendo elas: folha de verificação, diagrama de Ishikawa e a elaboração das cartas de controle a partir do software Minitab. Para complementar a análise foram utilizados o *brainstorming* e a elaboração de um plano de ação. Com relação aos resultados obtidos, o estudo comprovou que o CEP é um método válido tanto para reduzir a variabilidade do processo quanto para auxiliar na tomada de decisão, isto porque após as investigações das fontes de variabilidade, os resultados indicaram uma estimativa de redução do excesso de produto em torno de 90%. Com a análise realizada, foi possível calcular os índices Cp e Cpk para obter a capacidade do processo. Verifica-se que as cartas de controle auxiliam na visualização de não conformidades no processo e conseqüentemente, no produto final, possibilitando a implementação de sistemas de qualidade como o Seis sigma.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico de Processo, Gráficos de Controle, Gestão da Qualidade.

## ABSTRACT

Quality management and continuous improvement are essential for companies from the most diverse segments to achieve a competitive advantage in the current market scenario. Thus, organizations are increasingly committed to optimizing the process to achieve the highest quality standards while ensuring customer satisfaction. One of the attributes to improve the quality of a product is to reduce process variability. In order to achieve this objective, this work presents an application of Statistical Process Control (SPC) in an industry in the food sector that has corn as its main source of raw material. Based on a bibliographical study, a brief history about quality is presented, as well as the concepts and models proposed for implementing SPC. The methodological structure was based on action research, as the researcher was involved with the organization in a participatory way in the search for and monitoring of a problem. The work in question describes the production process and how the excess of packaged product can negatively impact the organization's profits. Some basic quality tools were applied, namely: verification sheet, Ishikawa diagram and the elaboration of control charts using Minitab software. To complement the analysis, *brainstorming* and the elaboration of an action plan were used. Regarding the results obtained, the study proved that the SPC is a valid method both to reduce the variability of the process and to assist in decision making, because after the investigation of the sources of variability, the results indicated an estimate of excess reduction of product around 90%. With the analysis performed, it was possible to calculate the Cp and Cpk indexes to obtain the process capacity. It is verified that the control charts help in the visualization of non-conformities in the process and, consequently, in the final product, enabling the implementation of quality systems such as the Six Sigma.

**Keywords:** Statistical Process Control, Control Charts, Quality Management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planejamento da pesquisa-ação.....	28
Figura 2 – Fluxograma do processo .....	35
Figura 3 – Gráfico da média de amostras de cada empacotadeira .....	37
Figura 4 – Carta $\bar{x}$ e s EM01 .....	40
Figura 5 – Carta $\bar{x}$ e s EM07 .....	41
Figura 6 – Carta $\bar{x}$ e s EM08.....	41
Figura 7 – Carta $\bar{x}$ e s EM04 .....	42
Figura 8 – Diagrama de causa e efeito .....	43
Figura 9 – Carta $\bar{x}$ e s EM04 após o plano de ação.....	46
Figura 10 – Histograma e gráfico de capacidade da EM07 .....	47
Figura 11 – Histograma e gráfico de capacidade da EM04 sob controle.....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Intervalos de referência para análise do índice Cp .....	24
Quadro 2 – Folha de verificação .....	29
Quadro 3 – Excesso de produto em cada empacotadeira .....	38
Quadro 4 – Plano de ação elaborado .....	44
Quadro 5 – Resultados após a aplicação do plano de ação na EM04.....	45

## LISTA DE SIGLAS

CEP – Controle Estatístico de Processos  
PDCA – *Plan - Do - Check - Act*  
ASQC – *American Society Control*  
ASQ – *American Society for Quality*  
TQC – *Total Quality Control*  
ISO – *International Organization for Standardization*  
MMEP – Média Móvel Exponencialmente Ponderada  
DMAIC – Define – Measure – Analyse – improve – control  
LSC – Limite Superior de Controle  
LIC – Limite Inferior de Controle  
LSE – Limite Superior de Especificação  
LIE – Limite Inferior de Especificação  
DPMO – Defeitos Por Milhão de Oportunidade  
QDPM – Quantidade de Defeitos Por Milhão  
QUDPM – Quantidade de Unidades Defeituosas Por Milhão  
PE – Peso na empacotadeira  
PB – Peso na balança  
PR – Peso Real  
Pmin – Perda por minuto  
PH – Perda por Hora  
PD – Perda por dia  
PM – Perda por mês  
PA – Perda Anual  
POP – Procedimento Operacional Padrão de Segurança

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1 OBJETIVO .....	9
1.1.1 Objetivo geral.....	9
1.1.2 Objetivos específicos.....	9
1.2 JUSTIFICATIVA .....	9
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1 EVOLUÇÃO DA QUALIDADE.....	12
2.2 AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	14
2.2.1 Histograma .....	14
2.2.2 Folhas de verificação .....	15
2.2.3 Gráfico de Pareto.....	15
2.2.4 Diagrama de causa e efeito ou Diagrama de Ishikawa .....	15
2.2.5 Diagrama de concentração de defeito.....	16
2.2.6 Diagrama de dispersão.....	16
2.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO .....	16
2.3.1 Conceitos básicos .....	17
2.4 GRÁFICOS DE CONTROLE.....	18
2.4.1 Gráficos de controle para variáveis .....	19
2.4.2 Gráficos de controle $\bar{x}$ e R.....	19
2.4.3 Gráficos de controle $\bar{x}$ e $s$ .....	20
2.4.4 GRÁFICOS DE CONTROLE $I$ e $MR$ .....	21
2.4.5 Gráficos de controle para atributos .....	22
2.4.6 Gráfico de controle para fração não conforme.....	22
2.4.7 Gráfico de controle para não conformidade .....	23
2.4.8 Gráfico de controle para não conformidade por unidade .....	23

<b>2.4.9 Capacidade do processo</b> .....	23
2.5 METODOLOGIA SEIS SIGMA.....	25
<b>3 METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	27
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	27
3.2 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA.....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>31</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA INDÚSTRIA .....	31
4.2 O PROCESSO PRODUTIVO DOS FLOCOS DE MILHO .....	32
<b>4.2.1 Limpeza</b> .....	32
<b>4.2.2 Degerminação do milho</b> .....	33
<b>4.2.3 Moagem do milho</b> .....	33
<b>4.2.4 Laminação</b> .....	34
<b>4.2.5 Empacotamento</b> .....	34
4.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	36
4.4 CONTROLE ESTATÍSTICO.....	39
<b>4.4.1 Cartas de controle</b> .....	39
<b>4.4.2 Identificação das causas especiais e plano de ação</b> .....	42
<b>4.4.3 Resultado do plano de ação</b> .....	44
<b>4.4.3.1 Resultado do plano de ação – carta de controle</b> .....	45
<b>4.4.4 Capacidade do processo</b> .....	47
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>50</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>51</b>
<b>ANEXO 1 – DADOS DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NAS CARTAS DE CONTROLE</b> .....	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário mercadológico está cada vez mais competitivo, resultando no aumento das expectativas dos consumidores e exigindo que empresas dos mais diversos segmentos busquem por vantagens competitivas para alcançar a total satisfação dos seus clientes. Desta forma, as organizações estão incessantemente explorando iniciativas de melhoria contínua para produzir com menor custo, enquanto elevam a qualidade de seus produtos (COSTA et al., 2020). Sendo assim, a estruturação de um sistema de gestão da qualidade é indispensável para que as organizações possam alcançar tais objetivos ao passo que atendam demandas e prazos estabelecidos (SANTANA et al., 2019).

A gestão da qualidade trabalha com ações de padronização que visam assegurar a qualidade do produto. A padronização envolve técnicas, normas e ferramentas que têm como premissa a otimização do processo que se estende ao princípio dele, em que ocorre a chegada da matéria-prima até a produção e inspeção do produto final, incluindo conceitos e boas práticas de fabricação, fornecendo informações indispensáveis para o monitoramento do processo e a possível presença de fontes de desvio de qualidade (TÔRRES et al., 2018). A inspeção do produto permite identificar a não conformidade dele e, assim, falhas durante o processo podem ser detectadas e corrigidas através de programas de gestão como a metodologia seis sigma, as ferramentas básicas da qualidade, os selos de qualidade e outras aplicações (OLIVEIRA, 2016).

Uma das ferramentas da qualidade utilizadas em processos industriais é o CEP. O CEP consiste em uma metodologia que auxilia na tomada de decisão para resolução de problemas através de fundamentos estatísticos como: o gráfico de controle. O gráfico de controle permite identificar e mensurar as variações ocorridas durante o processo, demonstrando o comportamento dele através da média e dos limites superior e inferior de controle (MONTGOMERY, 2016).

Na indústria de alimentos, o CEP tornou-se uma ferramenta eficiente para o controle do processo produtivo diante das diversas fontes de variabilidade. Isso porque há uma preocupação com as variáveis que interferem na segurança alimentar, que dispõe de inúmeros sistemas e certificações internacionalmente reconhecidas (LIM; ANTONY, 2016). Portanto, o monitoramento da produção é importante para reduzir custos, principalmente com relação às

perdas por reprocesso, matéria-prima, embalagem, manutenção, e para assegurar a produção de alimentos com qualidade e segurança (HERMENEGILDO, 2017). Assim, o presente trabalho abordará como o CEP pode ser aplicado nos processos de uma indústria alimentícia, que tem o milho como principal fonte de matéria-prima, a fim de elevar a qualidade de seus produtos e processos.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo geral

Aplicar o Controle Estatístico de Processo em uma indústria do setor alimentício que tem o milho como fonte principal de matéria-prima

### 1.1.2 Objetivos específicos

1. Descrever o processo produtivo e a variável a ser monitorada;
2. Construir as cartas de controle;
3. Avaliar a capacidade do processo;
4. Identificar as causas de variabilidade.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A indústria de alimentos é um dos setores mais importantes da economia brasileira. Dessa forma, as organizações estão cada vez mais empenhadas em otimizar o processo de uma forma com que os mais elevados padrões de qualidade sejam alcançados. Devido a esses fatores, na indústria alimentícia há uma preocupação em garantir a segurança alimentar, a qualidade dos produtos e o cumprimento de normas relacionadas ao setor. Sendo assim, é indispensável que a instituição recorra a utilização de ferramentas essenciais para a gestão da qualidade (GOMES; FERREIRA; SILVA, 2017).

No âmbito organizacional, a gestão da qualidade auxilia monitorando o padrão de produtos e processos. Quando implementado corretamente, o CEP promove a melhoria da qualidade do produto final e eleva a produtividade e confiabilidade do processo; reduz o custo por unidade de produto, diminui o retrabalho, elimina os ajustes desnecessários, promove a economia na utilização de materiais e instiga o compromisso dos colaboradores através do envolvimento deles em tempo real para produzir um produto final dentro dos padrões estabelecidos pela empresa. (AZEVEDO, 2017).

Entre outras vantagens, o CEP também proporciona informações sobre o processo, possibilitando seu controle através de uma análise de amostras da produção. A frequência estabelecida e os resultados são demonstrados graficamente em cartas de controle. As cartas de controle utilizadas no CEP têm características preventivas e possibilita a solução de desvios na qualidade do produto durante o processo, evitando prejuízos maiores no produto final; sendo uma ferramenta útil para diversas organizações (HERMENEGILDO, 2017).

O setor alimentício é constituído por 35,7 mil empresas, sendo um dos mais empregadores do país, representando 9,6% do Produto Interno Bruto (PIB). Em 2018, o setor foi responsável por 13 mil novos postos de trabalho, gerando 1,61 milhão de empregos diretos, tornando-se assim, o segundo país maior exportador de alimentos industrializados do mundo, exportando alimentos para 180 países (ABIA, 2019). Além disso, a agroindústria tem participação de 5,9% no (PIB) brasileiro, fazendo do Brasil o terceiro maior produtor de milho do mundo. A cadeia produtiva do milho muda constantemente, porque o produto deixou de restringir-se apenas ao consumo animal, sendo utilizado para outras finalidades como a indústria alimentícia. Diante disso, o setor de alimentos é um dos mais resistentes da economia brasileira, investindo na fabricação e em produtos com alto valor agregado no mercado (CONAB, 2020).

Alguns fatores podem comprometer o valor agregado do produto, como: desperdícios ou perdas ocorrentes durante a produção, o que acaba gerando custos operacionais, afetando então, a eficiência do processo. Em algumas organizações, o desperdício geralmente é visto como uma parte natural do processo produtivo e por isso, não existe uma atenção voltada para as perdas, dificultando a identificação de problemas relacionados a superprodução, reprocesso e defeito nos produtos que oneram os custos relacionados aos materiais e mão de obra da indústria (SILVA et al., 2016).

As perdas referentes à superprodução, assim como as perdas por fabricação de produtos defeituosos são comumente encontradas e causam prejuízo significativo ao processo, isto porque na primeira uma quantidade maior de produto é produzida e na segunda, os produtos não são capazes de atender às especificações estabelecidas. Uns dos maiores prejuízos decorrentes de tais perdas é o reprocesso e a quantidade excedente de produto, elevando seu custo de produção e conseqüentemente, reduzindo os lucros da organização. Logo, para resolver as falhas do processo é necessário identificá-las (MARQUES; MELLO, 2013). O CEP possui parâmetros responsáveis por identificar as falhas presentes no processo, assegurando que os padrões estabelecidos pela organização sejam cumpridos. Este estudo é especialmente útil para indústrias do setor alimentício uma vez que pode ser tratado tanto no controle de qualidade higiênico sanitário, quanto na promoção da melhoria contínua dos processos com redução de custos (ROSARIO; DANTAS; OEIRAS, 2015).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

Ao longo dos anos as indústrias passaram por modificações, deixando de operar de forma simples e manual, passando por uma complexa substituição de atividades com dispositivos e sistemas automatizados. Essas substituições impulsionaram o processo de produção, resultando em produtos de alta escala, dessa forma, novos núcleos para elaboração de projetos foram estruturados para atender as especificações dos consumidores, priorizando a redução do tempo de entrega e elevando o número de produtos, então mesmo indiretamente, os conceitos de qualidade passaram a ser utilizados (BASSAN, 2018).

A evolução da qualidade pode ser caracterizada por quatro eras, são elas: Inspeção, Controle Estatístico da Qualidade, Garantia da Qualidade e Gestão da Qualidade (CARVALHO et al., 2012). Historicamente, a preocupação com a qualidade do produto iniciou na era da inspeção, em que a inspeção do produto acabado era realizada, analisando se ele estava dentro ou não das conformidades exigidas pelos padrões estabelecidos. Esses padrões serviam para definir se o produto poderia então, estar apto, ser retrabalhado ou refogado. Com o aumento da demanda por produtos, surgiu a necessidade de controlar a qualidade da produção através da amostra de um lote, dando origem a era do controle estatístico (OLIVEIRA, 2016).

Na década de 1920 alguns elementos da qualidade começaram a ser explorados pelo estatístico Walter Andrew Shewhart à partir da variabilidade encontrada dentro de um processo produtivo, resultando na elaboração do Controle Estatístico de Processos (FERREIRA, 2017). Ao verificar o sistema de inspeção dos produtos no final dos processos, William Edward Deming notou que o procedimento não era eficaz e que uma ação corretiva resultaria em mais custos do que uma preventiva. Baseado em suas observações e aplicações, Delming colaborou para a evolução do conceito do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Action*) cujo as traduções para o português significam: Planejar, Desenvolver, Checar e Agir, sendo o PDCA um método interativo da gestão da qualidade (CAMARGO, 2011).

Em 1930 os conceitos envolvendo qualidade começaram a ser padronizados a partir de normas britânicas e americanas de Controle Estatístico da Qualidade, como British Standard BS 600 e American War Standards Z1.1-Z1,3, respectivamente. Na década posterior, associações de profissionais da qualidade foram criadas nos Estados Unidos da América, como a *Society of Quality Enginers* (1945) e a *American Society Control* (ASQC) (1946), atualmente

*American Society for Quality* (ASQ) (BATALHA, et al., 2008). A ASQ trata-se de uma organização que propaga técnicas para melhoria da qualidade de produtos e serviços, propondo treinamentos e conferências para garantia da qualidade (MONTGOMERY, 2016).

Alguns problemas relacionados à falta da qualidade ocorreram durante a Primeira Guerra Mundial e a necessidade de cargos de inspetor da qualidade aumentaram. A função do inspetor da qualidade constituía em supervisionar o controle da qualidade de material bélico, como armamentos, viaturas e aeronaves. Neste período, era realizado a inspeção de todos os produtos, ocasionando grandes custos e limitações dentro do processo produtivo, alterando a capacidade final dele (OLIVEIRA, 2016).

A terceira era envolve uma abordagem proposta por Armand Feigenbaum, intitulada como Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control* – TQC) (BATALHA, et al., 2008). O TQC surgiu da necessidade das indústrias japonesas em se reestruturarem após a segunda guerra mundial, expandindo os conceitos do controle estatístico da qualidade através de um sistema que consiste no envolvimento de todos os colaboradores de uma organização trabalhando com controle da qualidade, partindo do princípio que a qualidade somente acontecerá se houver trabalho em conjunto, e não por um grupo específico (CAMPOS, 2014).

Essas mudanças fizeram com que o Japão se tornasse uma referência mundial de alto padrão de qualidade e preços extremamente competitivos, principalmente porque nos demais períodos as organizações não tinham um padrão de documentação de registros. Dessa forma, os consumidores passaram a exigir garantias de qualidade como as do Japão, e durante o mesmo período, originou-se a *International Organization for Standardization* (ISO) que estabeleceu uniformidade nos padrões de qualidade (OLIVEIRA, 2016). Surgiu então, a ISO 9000 como um modelo de gestão que envolve sistemas capazes de garantir a qualidade das organizações de qualquer atividade econômica ou dimensão (BATALHA, et al., 2008).

Com intuito de reduzir custos, desperdícios e excesso de estoque, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda desenvolveram o Sistema Toyota de Produção com base na produção *Just-in-Time* originando os princípios de produção enxuta. Neste período, Kaoru Ishikawa criou o diagrama de causa-e-efeito, uma ferramenta capaz de identificar problemas durante o processo de produção. E no fim da década de 1950, Roberts introduziu o gráfico de controle a média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) que utiliza dados de amostras anteriores para analisar a estabilidade do processo, aumentando a confiabilidade no campo da engenharia (MONTGOMERY, 2016).

Na década de 80 a Motorola iniciou o conjunto das práticas Seis Sigma e no final da mesma década, surgiu o período da gestão da qualidade (MONTGOMERY, 2016). O programa seis sigma se expandiu ainda mais no início de 1990, apresentando inúmeras características envolvendo conceitos estatísticos para análise e solução de problemas, como a demonstração da importância das ferramentas estatísticas seguindo o ciclo DMAIC (*define-measure-analyse-improve-control*), que traduzindo para o português significa definir, medir, analisar, melhorar e controlar, sendo uma ferramenta iterativa utilizada na melhoria de processos (CARVALHO et al., 2012).

A gestão da qualidade possibilitou o desenvolvimento de inúmeras técnicas, abordagens, conceitos e filosofias que evoluíram até a quarta era, em que a qualidade deixou de ser uma responsabilidade de uma pessoa e/ou grupo específico, passando a tornar-se uma função executada por todos os envolvidos do processo, que se estendeu até a era atual (OLIVEIRA, 2016).

## 2.2 AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade são extremamente importantes para solucionar problemas que interferem na variabilidade do processo. Elas são compostas por princípios sólidos que causam impacto significativo dentro das organizações, sendo assim, as ferramentas da qualidade são classificadas como: histograma, folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, diagrama de concentração de defeito, diagrama de dispersão e gráfico de controle (MONTGOMERY, 2016).

### 2.2.1 Histograma

Sua função é mostrar a distribuição de dados a partir de um gráfico composto por colunas ou barras, contendo o número de unidades em categoria. Os acontecimentos são denominados como amostras, cada nova amostra coletada é somada com uma determinada classe, facilitando assim, a compreensão do comportamento dos dados e se há existência de simetria no processo. Seu principal objetivo é representar visualmente uma quantidade numerosa de dados (HORCHULHACK; PINHEIRO, 2017).

### **2.2.2 Folhas de verificação**

São tabelas ou planilhas planejadas para coletar e analisar dados. Os itens que devem ser verificados permitem obter uma realidade imediata da situação e coopera para a redução de erros. Ela possibilita o registro de dados, local, coleta e nome do responsável pela atividade designada, economizando tempo e registrando itens relevantes que podem ser utilizados como dados (SILVA; SOUZA, 2014).

### **2.2.3 Gráfico de Pareto**

Também conhecido como diagrama de Pareto, tem como finalidade demonstrar todas as condições de uma de uma situação específica, buscando identificar a causa do problema e planejar o início da solução dele. Esse diagrama permite priorizar problemas através de diversos critérios de medição, como custo e frequência, sendo útil para tratar não conformidades, identificar melhorias e definir planos de ação de acordo com as prioridades propostas (NISHIDA, 2015).

### **2.2.4 Diagrama de causa e efeito ou Diagrama de Ishikawa**

Trata-se de uma das ferramentas mais utilizadas, principalmente devido a sua fácil aplicação. Sua finalidade é identificar todas as causas possíveis de uma condição específica, relacionando o efeito e as possibilidade de causa que podem contribuir para esse efeito. As causas de um problema podem ser divididas a partir do conceito de do 6M, que envolve a falha de materiais, métodos, mão de obra, máquinas, meio ambiente e medidas. Algumas técnicas podem ser utilizadas para construção desse diagrama, como o *brainstorming* (tempestade de ideias), uma técnica em grupo utilizada com o propósito de abordar novas ideias, projetos ou resolução de problemas (JUNIOR, 2018).

### **2.2.5 Diagrama de concentração de defeito**

É semelhante a um desenho da unidade com a representação dos defeitos identificados, ou seja, seu uso consiste em demonstrar a localização do defeito permitindo observar os fatores que podem influenciar nele. Quando uma organização elabora um diagrama como este, padrões de defeitos surgem e informações sobre os defeitos são visualizadas (LIMA, 2018).

### **2.2.6 Diagrama de dispersão**

É uma representação gráfica que busca relacionar variáveis quantitativas, uma de causa e uma de efeito, representadas por uma variável dependente Y (efeito) e uma independente X (causas). A dispersão permite identificar a relação entre as variáveis de causa e efeito, os dados obtidos são distribuídos com pontos e a correlação é representada em eixos verticais e horizontais (JUNIOR, 2018).

### **2.2.7 Gráficos de controle ou cartas de controle**

É uma potencial ferramenta na operacionalização do CEP. Ela envolve pontos (nomeados como amostra) ordenados, que podem ser interpretados em função de linhas horizontais, chamadas de LSC (limite superior de controle) e LIC (limite inferior de controle), permitindo o monitoramento e controle do processo, possibilitando a discussão de uma ação quando problemas aparecem, aumentando assim, a eficiência produtiva. No próximo capítulo, será abordado detalhadamente aspectos do controle estatístico de processo (CARNEIRO, 2017).

## **2.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO**

A melhoria de processos é essencial e ocorre de uma forma sistematizada, permitindo que todos os colaboradores envolvidos compreendam o funcionamento do processo da organização, seja ela pública ou privada. Sua finalidade é eliminar atividades que não agregam

valor ao processo, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade. Sendo assim, inúmeras ferramentas e metodologias para a melhoria de processos foram estruturadas e uma delas é o Controle Estático de Processos (MONTGOMERY, 2016).

O CEP trata-se de uma metodologia utilizada para medir e controlar a qualidade no processo produtivo através de fundamentos estatísticos que contribuem para o controle da qualidade. O princípio fundamental é estabilizar a variabilidade, eliminando os riscos de não conformidade durante o processo, contribuindo para a prevenção de defeitos e auxiliando no gerenciamento da qualidade do produto (FRANZONI, 2017).

A melhoria da qualidade no CEP significa menor variabilidade no processo e consequentemente, maior exatidão. Para que ele seja implementado algumas particularidades devem ser observadas, uma delas se trata de determinar a capacidade do processo e avaliar se ele está controlado. A implementação do CEP segue um padrão definido, com desvios e defeitos associados ao processo, além de outros conceitos que possibilitam garantir que os itens sejam produzidos dentro das especificações estabelecidas, evitando perdas e retrabalho (CIVARDI, 2017).

### **2.3.1 Conceitos básicos**

Como já mencionado, processos com menor variabilidade têm maiores chances de atingir níveis de qualidade elevados e uma das maneiras de conseguir coletar dados para tais verificações ocorre através da amostragem. A amostragem trata-se de uma das bases da estatística que facilita a análise de grandes lotes, isto porque em elevados índices de produção seria inviável conferir item por item, principalmente porque o responsável pela inspeção não conseguiria verificar uma quantidade excessiva de produtos, pois uma atividade assim, demandaria muito tempo, o que ocasionaria no aumento de custos para a instituição. Verificar cada produto, seria uma atividade ainda mais complexa em processos envolvendo uma elevada quantidade de produtos por minuto, sendo necessário um alto número de indivíduos inspecionando de forma monótona o processo, aumentando as chances de erros. Dessa forma, a amostra é retirada com uma determinada frequência e posteriormente, é encaminhada para laboratórios, facilitando a observação das características da população (AZEVEDO, 2017).

Um dos maiores benefícios do CEP é a redução de custos, isto porque o número de produtos não conformes acaba sendo delimitado, o que também resulta na redução de

reprocesso ou refugo. Para que o CEP seja implementado adequadamente, a amostragem deve ser realizada periodicamente e aleatoriamente. É importante ressaltar que o processo de inspeção é distinto do conceito de controle, uma vez que o intuito do controle é voltado para o processo produtivo e não para o produto final, implicando que uma organização precisa controlar o processo para melhorar continuamente a qualidade do produto, identificando as causas que podem impactar negativamente nas irregularidades presentes na linha produtiva (HERMENEGILDO, 2017).

As causas de variações podem ocorrer dentro de qualquer processo e a identificação delas auxiliam na melhor decisão para resolver o problema. As causas podem ser divididas em especiais e comuns, em que as causas comuns são referentes a variação esperada pelo processo, estando presente em algumas das etapas dele, podendo ser minimizadas, e quando uma causa assim ocorre, a capacidade do processo não deixa de ser alcançada, porém ainda não se enquadra no nível exigido pelo consumidor. A causa especial envolve a presença de um evento inédito em um determinado momento durante o local ou processo produtivo, neste caso o ideal é minimizar a variação durante o processo através da obtenção de dados dentro de um determinado tempo de coleta, buscando por soluções imediatas para reparar o problema e posteriormente estudar uma ação corretiva de longo prazo para que a causa especial não persista, essas práticas podem ser realizadas através de ferramentas e metodologias do CEP que podem elevar a qualidade do processo (VARGAS, 2015).

## 2.4 GRÁFICOS DE CONTROLE

Os gráficos de controle possuem componentes fundamentais como: linha central, que geralmente representa a média aritmética das amostras obtidas; os limites de controle, que podem ser divididos em superior e inferior; e a linha de resultados das amostras. Quando registrados no gráfico de controle, esses componentes permitem identificar pontos que estão dentro ou fora de controle e posteriormente, ações podem ser tomadas. (CARVALHO; CORREIA; FERNANDES, 2016). Esse tipo de gráfico detecta alterações que não são comuns em características do processo ou do produto, sendo uma ferramenta estatística que identifica a presença de causas especiais na linha de produção (ROSARIO; DANTAS, OEIRAS, 2015).

As causas nomeadas como especiais são os pontos encontrados fora do limite de controle, responsáveis por causar variabilidade no processo produtivo e que podem causar um

impacto direto na qualidade do produto. É importante ressaltar que, embora a linha média do gráfico represente a estabilidade do processo, se todos os pontos estiverem situados dentro dos limites, tendo um comportamento sistemático ou não aleatório, o processo pode também estar fora do controle. Os gráficos de controle podem ser divididos, basicamente em gráficos de variáveis e gráficos de atributos (LIMA, 2018).

#### **2.4.1 Gráficos de controle para variáveis**

Variáveis são características da qualidade representadas em escala numérica com medição contínua. Os gráficos de controle para variáveis são utilizados para diversas finalidades, como: monitoramento de um produto ou processo que está sendo implantado; quando problemas constantes aparecem no processo; e em uma situação em que o processo possui especificações minuciosas e sua montagem apresenta problemas (HORCHULHACK; PINHEIRO, 2017).

Quando tratamos de problemas da qualidade envolvendo uma variável, é necessário observar o valor médio da característica e sua variabilidade. O controle da média da qualidade pode ser realizado através do gráfico de controle  $\bar{x}$  e R. A variabilidade do processo, é inspecionado pelo gráfico de controle para desvio, ou gráfico de controle  $s$  e a amplitude pode ter obtida a partir do gráfico e controle R. Como as características da qualidade estão relacionadas, utiliza-se os gráficos  $\bar{x}$  e R ou  $\bar{x}$  e  $s$  como excelentes ferramentas de controle e monitoramento (MONTGOMERY, 2016).

#### **2.4.2 Gráficos de controle $\bar{x}$ e R**

Segundo Montgomery (2016), os gráficos  $\bar{x}$  e R são importantes para monitorar a média e a variabilidade de variáveis numéricas. Supondo que uma determinada característica da qualidade  $x$  seja distribuída com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ , sendo  $x_1, \dots, x_n$  uma amostra  $n$ , então podemos obter a média da amostra através da seguinte expressão

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Sabendo que  $\bar{x}$  é distribuído com média  $\mu$  e desvio padrão  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , em que há uma probabilidade de  $1-\alpha$  de qualquer amostra, temos

$$\mu \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Se  $\mu$  e  $\sigma$  são valores conhecidos, então os limites inferiores de controle (LIC) assim como os limites superiores de controle (LSC) podem ser calculados. A expressão  $\frac{\alpha}{2}$  geralmente é substituído por 3. Os limites de controle para o gráfico  $\bar{x}$  podem ser obtidos, por

$$\text{LSC} = \bar{x} + A_2 \bar{R} \quad (3)$$

$$\text{LIC} = \bar{x} - A_2 \bar{R} \quad (4)$$

Em que  $\bar{x}$  é a linha central e  $A_2$  uma constante para vários tamanhos de amostra. Os limites de controle para o gráfico R podem ser obtidos, por

$$\text{LSC} = D_4 \bar{R} \quad (5)$$

$$\text{LIC} = D_3 \bar{R} \quad (6)$$

Em que  $\bar{R}$  é a linha central,  $D_4$  e  $D_3$  são constantes tabeladas.

### 2.4.3 Gráficos de controle $\bar{x}$ e $s$

Segundo Azevedo (2017), embora os gráficos  $\bar{x}$  e  $s$  sejam utilizados com frequência, muitas vezes é necessário realizar a estimação do desvio padrão, que pode ser obtido a partir da equação 7.

$$S = \sqrt{\sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (7)$$

Com relação aos limites de controle da média, podemos obter através das seguintes expressões

$$\text{LSC} = \bar{x} + A_3 \bar{S} \quad (8)$$

$$\text{LCI} = \bar{x} - A_3 \bar{S} \quad (9)$$

E os limites de controle do desvio padrão podem ser calculados, usando as equações (10) e (11).

$$LSC = B_4 \bar{S} \quad (10)$$

$$LIC = B_3 \bar{S} \quad (11)$$

Em que  $A_3$ ,  $B_3$  e  $B_4$  são constantes que dependem do tamanho da amostra em análise.

#### 2.4.4 GRÁFICOS DE CONTROLE $I$ e $MR$

De acordo com Granato et al. (2013), há algumas situações em que o tamanho da amostra utilizado para o controle do processo é  $n=1$ , ou seja, não existe a possibilidade de realizar replicatas nos subgrupos. A ausência de replicações implica na impossibilidade de determinar a variabilidade através da amplitude ou do desvio padrão, sendo necessário o uso da amplitude móvel ( $MR$ ) de duas observações consecutivas como uma forma de estimar a variabilidade. São os exemplos disso, casos em que a realização da análise é demorada, em situações economicamente inviáveis ou quando há apenas uma amostra por lote disponível. A desvantagem do uso da carta  $I$  e  $MR$  é o fato dela não ser tão sensível ao processo como as cartas  $\bar{x}$  e  $s$  ou  $\bar{x}$  e  $R$ . Os cálculos dos limites de controle dos valores individuais podem ser obtidos, por

$$LSC = \bar{X} + \frac{3\overline{MR}}{d_2} = \bar{X} + (E_2 \overline{MR}) \quad (12)$$

$$LC = \bar{X} \quad (13)$$

$$LIC = \bar{X} - \frac{3\overline{MR}}{d_2} = \bar{X} - (E_2 \overline{MR}) \quad (14)$$

Para as amplitudes móveis, calcula-se os limites através das seguintes expressões

$$LSC = D_4 \overline{MR} \quad (15)$$

$$LC = \overline{MR} \quad (16)$$

$$LIC = D_3 \overline{MR} \quad (17)$$

Em que  $\overline{MR} =$  média das amplitudes móveis  $= \frac{1}{m} = \sum_{i=1}^m MR_i$ . O valor de  $MR_i = |x_i - x_{i-1}|$  para  $i = 1, 2, \dots, m$ . E,  $E_2 = \frac{3}{d_2}$ .

## 2.4.5 Gráficos de controle para atributos

Quando as características estudadas não podem ser representadas numericamente utilizamos gráficos para atributos. Os termos de produto em “conformidade” ou “não conformidade”, produto “defeituoso” ou “não defeituoso” são utilizados neste caso (HORCHULHACK; PINHEIRO, 2017). São três os tipos de gráficos de controle para atributos. O primeiro gráfico relaciona a fração de itens conformes com itens não conformes, ele é nomeado como gráfico de controle para a fração não conforme, ou gráfico  $p$ . O segundo, é o gráfico de controle para não conformidade, ou gráfico  $c$ . O último trata-se de um gráfico de controle para não conformidade por unidade, ou gráfico  $u$ , útil quando o número médio de produtos em não conformidades em unidade é o que se deseja obter (MONTGOMERY, 2016).

## 2.4.6 Gráfico de controle para fração não conforme

Segundo Montgomery (2016), a fração não conforme trata-se da razão entre o número de itens não conformes em uma população e o total de itens dessa população. Podemos definir a fração amostral não conforme por

$$\hat{p} = \frac{D}{n} \quad (18)$$

Em que  $D$  se refere a amostra e  $n$  o tamanho dela. A caracterização de um item com defeito ou não defeituoso dependerá dos critérios adotados na organização, visto que um único item pode ter inúmeros defeitos. O LSC e LIC podem ser calculado com a obtenção de um valor padrão ou sem a especificação de um valor padrão. As expressões para calcular LSC e LIC com valor padrão são

$$LSC = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (19)$$

$$LIC = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (20)$$

Em que  $p$  trata-se da linha central. Os gráficos de controle para fração não conforme sem nenhum padrão dado pode ser calculado pelas expressões (21) e (22).

$$LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (21)$$

$$LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (22)$$

Em que os limites de controle definidos são nomeados como limites de controle tentativos.

#### 2.4.7 Gráfico de controle para não conformidade

Segundo Civardi (2017), esse gráfico depende da quantidade de defeitos que o item estudado apresenta, ele é utilizado em situações em que existe uma maior viabilidade para tratar o número de defeitos ao invés da fração não conforme. Os LIC e LSC podem ser obtidos a partir das seguintes expressões

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (23)$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (24)$$

Em que  $c$  trata-se da linha central.

#### 2.4.8 Gráfico de controle para não conformidade por unidade

Segundo Civardi (2017) o gráfico de controle para não conformidade por unidade é utilizado com a finalidade de demonstrar o número de defeitos por unidade, quando o tamanho da amostra é variável. Para o gráfico  $u$  os limites de controle podem ser calculados através das expressões 25 e 26.

$$LSC = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (25)$$

$$LIC = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (26)$$

Em que  $u$  trata-se da linha central.

#### 2.4.9 Capacidade do processo

A capacidade do processo trata-se de sua capacidade de produzir sem “não conformidade”, podemos definir um processo como capaz quando os resultados obtidos se encontram dentro dos limites e especificações, isso significa que o processo está produzido sem defeito. Os índices utilizados para medir a capacidade do processo são o Cp e Cpk (COSTA; FONSECA; MACHADO, 2017).

Para que esses índices sejam calculados é necessário primeiramente definir uma característica e posteriormente, coletar as amostras. A capacidade de um processo (Cp) pode ser mensurada a partir da razão entre a diferença de especificação e os limites do processo, como o expressado na equação 27 (FRANZONI, 2017).

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \quad (27)$$

Em que LSE trata-se do limite superior de especificação, LIE significa limite inferior de especificação e  $\sigma$  o desvio padrão calculado.

Smaniotto, Rosa e Bemvenuti (2020) cita que, o objetivo de avaliar capacidade do processo é verificar se a organização pode produzir produtos capazes de atender às especificações dos clientes. O índice Cp é caracterizado como o índice de capacidade potencial do processo e para sua análise, são definidos três intervalos de referência, como o mostrado no QUADRO 1.

Quadro 1– Intervalos de referência para análise do índice Cp

<b>Cp</b>	<b>Itens não conformes (Perda por Milhão)</b>	<b>Interpretação</b>
$C_p < 1$	Acima de 2700	Processo incapaz
$1 \leq C_p \leq 1,33$	64 a 2700	Processo aceitável
$C_p \geq 1,33$	Abaixo de 64	Processo potencialmente capaz

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2011).

Com relação ao índice Cpk, tem-se que ele calculado com o objetivo de mensurar a distância entre o limite de especificação que mais se aproxima do esperado a partir da característica analisada (AZEVEDO, 2017). O índice Cpk pode ser obtido a partir da seguinte equação

$$C_{pk} = \text{MIN} \left( \frac{LSE-\bar{x}}{3\sigma}, \left( \frac{\bar{x}-LIE}{3\sigma} \right) \right) \quad (28)$$

Em que  $\bar{x}$  trata-se da mediana da característica.

Através dos resultados calculados a partir das expressões, é possível realizar algumas análises, como: se o valor de Cp = Cpk, pode-se dizer que o processo se encontra centrado e,

se o valor de  $C_p \neq C_{pk}$ , significa que o processo está descentrado. Dizer que um processo está descentrado significa que a média não corresponde ao valor nominal das especificações, implicando que quanto maior for a diferença entre os resultados, mais descentralizado tende a ser o processo (BASILIO; ANTONIO, 2020).

## 2.5 METODOLOGIA SEIS SIGMA

O Seis Sigma ou *Six Sigma* é um método que reduz a variação em todos os processos, impactando nos lucros organização e satisfazendo os clientes. Trata-se de uma iniciativa projetada para criar no máximo 3 ou 4 Defeitos Por Milhão de Oportunidade (DPMO). A ferramenta utilizada na implantação dos projetos seis sigma é o DMAIC – Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar. A metodologia seis sigma não envolve somente a qualidade e sim todo o processo presente na organização, visando melhorar o processo de forma contínua e sustentável (SCATOLIN, 2005).

O termo sigma representa o desvio padrão, isto porque ele implica um parâmetro de variabilidade, então quanto maior for o valor de sigma, maior será a dispersão, um número de sigma menor indica menor variabilidade no processo. Para determinar o nível de sigma é necessário seguir algumas variáveis, como o DPMO, Quantidade de Defeitos Por Milhão (QDPM) e Quantidade de Unidades Defeituosas Por Milhão (QUDPM) (OLIVEIRA, 2016). As equações para determinar a QDPMO, QDPM E QUDPM são:

$$QDPMO = 1000000.Nd/(Nu.No) \quad (29)$$

Em que Nd significa o número total de defeitos, Nu o número de unidades da população utilizada e No o número de possíveis defeitos por unidade.

$$QDPM = 1000000.Nd/Nu \quad (30)$$

Sendo uma expressão que demonstra o número total de defeitos encontrados em função da amostra. E,

$$QUDPM = 1000000.Ndu/Nu \quad (31)$$

Em que Ndu é o número e unidades defeituosas da amostra.



### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia consiste no estudo, compreensão e análise de métodos disponíveis para a elaboração de uma pesquisa. Através dela, é possível examinar e descrever técnicas que permitem coletar e processar informações que vão auxiliar na identificação e resolução de problemas. As informações definem se a pesquisa envolverá somente fontes teóricas ou se as fontes serão obtidas através de dados fornecidos por pessoas. Dessa forma, é essencial projetar um modelo conceitual para a elaboração da pesquisa (FREITAS; PRONDANOV, 2013).

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O conceito de pesquisa pode ser definido como um processo formal e sistemático para desenvolver o método científico. A pesquisa pode ainda ser dividida entre pura e aplicada. Na pesquisa pura, tem-se o progresso da ciência, em que o processo primordial não envolve aplicações práticas, são os casos das teorias e leis. Na pesquisa aplicada, tem-se alguns conceitos em contato com a pesquisa pura, entretanto, seu principal objetivo é o interesse na aplicação prática. Este trabalho trata de uma pesquisa prática (GIL, 2008).

Há ainda os níveis de classificação das pesquisas, que é definido a partir de seus objetivos gerais. Assim, é possível dividi-las em três grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. Nas pesquisas exploratórias, o principal objetivo é constituir hipóteses, buscando uma familiaridade com o problema. No caso das pesquisas descritivas, o intuito primordial é a descrição das características de um determinado fenômeno ou população a partir de técnicas padronizadas de coleta, como questionários e observações sistemáticas. As pesquisas explicativas tem como finalidade identificar os fatores responsáveis por uma determinada ocorrência de fenômenos, sendo o método de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade. Baseado nas informações supracitadas, este trabalho trata-se de uma pesquisa classificada como exploratória e descritiva (GIL, 2008).

Em relação ao procedimento de pesquisa, este trabalho consiste em uma pesquisa-ação. A pesquisa-ação envolve a integração de uma ação com a resolução de um problema coletivo, isto porque os pesquisadores e os participantes estão envolvidos na causa estudada de modo cooperativo. A pesquisa-ação ocorre a partir do levantamento de dados e relatórios, em que os pesquisadores desempenham papéis ativos no problema estudado, tornando-se um tipo

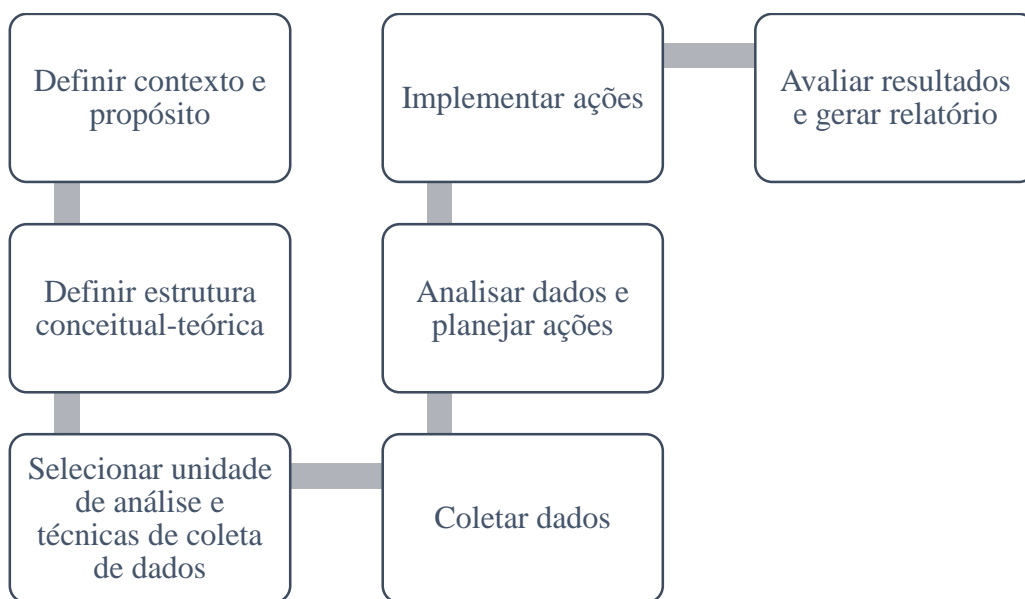
de pesquisa participativa, pois é indispensável a presença de colaboradores nos problemas estudados. A necessidade de uma ação é indispensável, uma vez que, o objetivo desse tipo de pesquisa é resolver ou esclarecer os problemas da situação em observação, colaborando na tomada de decisões (FREITAS; PRONDANOV, 2013).

O uso das abordagens quantitativas e qualitativas permite que exista uma relação entre os dados coletados e o assunto abordado através do tratamento das variáveis estudadas, em razão de que, pesquisas quantitativas permitirem que as características observadas nas variáveis sejam mensuradas, enquanto nas qualitativas, elas podem ser descritas. Prondanov e Freitas (2013), afirmam que a análise quantitativa, possui maior flexibilidade, dado que ela pode ser obtida através de fatores como: o ambiente em estudo, a extensão da amostra e a natureza dos dados coletados, no caso deste trabalho, abordagem utilizada é de natureza quantitativa e qualitativa.

### 3.2 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

O presente estudo foi baseado no processo de pesquisa proposto por Miguel et al. (2012), apresentado na figura 1.

Figura 1 – Planejamento da pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de MIGUEL et al. (2012)

Primeiramente foi feito um diagnóstico da situação para identificar o problema. Ao estudar o processo de empacotamento percebeu-se que este apresentava perdas com relação ao excesso de produto em cada pacote que, teoricamente, teria que ter 500g de produto. Notou-se, então, uma oportunidade de melhoria. Posteriormente, mapeou-se a literatura para que os objetivos da pesquisa fossem definidos em conjunto com o coordenador de produção.

Por conseguinte, analisou-se quais empacotadeiras seriam estudadas, já que seria necessário que as empacotadeiras estivessem operando com o mesmo produto durante os dias de coleta. Definiu-se que o período para realizar a coleta deveria acontecer em horários aleatórios durante o turno de trabalho em um período de cinco dias. Com relação ao responsável por coletar os dados, decidiu-se que seria o próprio pesquisador, em virtude do envolvimento dele com a organização de modo participativo na busca e acompanhamento do problema.

Os instrumentos de pesquisa definidos foram: uma balança com precisão superior à balança presente na empacotadeira; um cronômetro para realizar um estudo de tempo e contabilizar a quantidade de pacotes por minuto de cada empacotadeira; e uma folha de verificação para anotar os dados. O modelo da folha de verificação pode ser observado no quadro 2. Definiu-se também que os dados seriam analisados de forma estatística, já que as técnicas estatísticas facilitam a caracterização e resumo dos dados, além de contribuir para o estudo das relações existentes entre as variáveis estudadas.

Quadro 2 – Folha de verificação

AMOSTRAS DE PRODUTO			Produto:	
			Data:	
			Horário:	Turno:
N	PE (g)	PB (g)	PR (g)	Observações
1				
2				
3				
4				
5				
...				

Fonte: Elaborado pelo autor.

A sigla PE (g) significa peso na empacotadeira, representando o valor em gramas do produto no visor da empacotadeira; PB (g) significa peso na balança, tratando-se do valor da massa em gramas aferido na balança com maior precisão; e PR (g) significa peso real, refletindo a diferença entre a massa aferida na balança de maior precisão reduzindo os 7g da embalagem.

Com relação à coleta dos dados, inicialmente cronometrou-se a quantidade de pacotes por minuto que estava saindo da empacotadeira para assim, calcular a proporção que estaria em excesso. Em seguida, registrou-se o valor do pacote que aparecia no visor da empacotadeira, retirou-se o pacote e o pesou novamente na balança com maior precisão. Por fim, aferiu-se a massa da embalagem para verificar se ela realmente tem as 7g como o previsto.

Os dados coletados foram tratados no software de análises estatísticas Minitab e a partir das cartas de controle geradas, analisou-se o processo e a implementação de ações que seriam tomadas. Após a execução das ações, tratou-se novamente os dados no Minitab e, por fim, avaliou-se o resultado e elaborou-se o relatório final.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico, será detalhadamente apresentado a realização da pesquisa-ação, assim como os resultados encontrados e sua relação com a teoria.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA INDÚSTRIA

A empresa usada como objeto de pesquisa é de uma indústria de grande porte que iniciou suas atividades no final da década de 60 no estado de Alagoas, cujo o principal produto era o processamento e beneficiamento do fumo, que ganhou destaque em todo território nacional, inclusive, internacional. A indústria expandiu e gerou a abertura de novos negócios, ampliando as áreas de atuação, sendo consolidada como um grupo de indústrias integradas por uma matriz situada no estado de Alagoas e uma filial na cidade de Luís Eduardo Magalhães (LEM), no Oeste da Bahia.

Com a missão de produzir e fornecer alimentos para todas as classes sociais de maneira técnica, com eficácia, economia de recursos e, também com a visão de perpetuar no mercado local e regional, mantendo-se líder de mercado através da excelência, os produtos do grupo são comercializados nas regiões Norte, Nordeste, Centro Oeste e atualmente encontram-se conquistando mercado na região Sudeste, tudo isso devido aos padrões de produção que geram grande aceitação dos produtos no mercado.

A expansão dos negócios em tantas regiões, resultou em uma fábrica de alimentos tecnológica com diversos produtos como: flocos de arroz, café, leite de coco, colorífico, mingau, refrescos, café e a fabricação de plásticos. O processo de torrefação de café possui padrões elevados de qualidade, envolvendo grãos de excelente procedência. A unidade de corantes utiliza um processamento higiênico e criterioso de sementes de urucum, e com o objetivo de melhorar a qualidade das embalagens de seus produtos, a indústria não somente atende sua demanda interna de embalagens como também atende outras indústrias regionais. Porém, o maior destaque da indústria é a refinação de milho, no qual o principal produto são os flocos de milho.

A unidade escolhida para o estudo é a de LEM, que possui 204 colaboradores distribuídos em setores como administrativo, produção, manutenção, logística,

almoxarifado/suprimentos e qualidade. Ela possui uma planta tecnológica com uma ampla capacidade de refinação do milho que resulta em nove produtos, todos derivados dos flocos de milho, contando com um rigoroso processo de seleção e análise de grãos, que aliado à alta tecnologia, potencializa a qualidade do produto final.

## 4.2 O PROCESSO PRODUTIVO DOS FLOCOS DE MILHO

A indústria em estudo possui um laboratório que analisa a qualidade desde a chegada da matéria prima até o produto final, que atendem padrões estabelecidos pela empresa e assim, todo o processo é ajustado para que tais exigências sejam cumpridas. A primeira análise realizada é com relação a matéria-prima, ou seja, o milho.

Para que o milho seja aceito, deve-se atender padrões de dureza, umidade, impureza, densidade e outras especificações. Dessa forma, o processo inicia quando os caminhões chegam até a indústria com o produto que primeiramente é destinado para a classificação e, posteriormente, passa por um processo de pré-limpeza. Essa etapa é importante uma vez que é um fator determinante não só para a qualidade final do produto, como também para a eficiência do processo produtivo, isto porque a classificação do grão mostra a quantidade de água a ser utilizada durante o processo para que o produto possa ser moído. Além disso, as características do grão também são capazes de prever o tipo de produto gerado, a quantidade de fragmentos e assim sucessivamente. Logo, o processo produtivo é dividido em cinco etapas, são elas: limpeza, degerminação do milho, moagem, laminação e empacotamento.

### 4.2.1 Limpeza

O milho recebido do moinho possui diversas impurezas, portanto o sistema de limpeza do milho não está somente relacionado a questões de higiene mas também ao rendimento do processo produtivo, dessa maneira, quanto maior for a quantidade de impurezas menor a quantidade de milho. O processo de limpeza é diretamente proporcional a eficiência da moagem, cooperando para o funcionamento das máquinas e evitando danos com manutenção. As máquinas envolvidas no processo de limpeza são: elevador de caneca, vibro separador, canal de aspiração e saca pedras.

O elevador de caneca trata-se de um equipamento cujo o objetivo é transportar o milho verticalmente durante todo o processo. O vibro separador é responsável por separar o milho de impurezas maiores, como palhas, pedras e madeira, enquanto ocorre a aspiração de impurezas mais leves através do fluxo de ar. A partir disso, o saca pedras divide fragmentos mais leves e pesados através de um mecanismo gravitacional, resultando na separação do milho de outras impurezas e transitando ele para a etapa de degerminação.

#### **4.2.2 Degerminação do milho**

O gérmen é a única parte viva que restou do milho, podendo alterar a qualidade do produto. A função da degerminação é separar a película e o germe das demais partes do grão. Os equipamentos que são utilizados nessa etapa, são: válvula rotativa, rosca molhadora, degerminadora, canal de aspiração, plansifter e balança.

A válvula rotativa tem como princípio de funcionamento definir o fluxo de produto para que ele possa ser homogeneizado na rosca molhadora e posteriormente, degerminado. O processo na degerminadora ocorre simultaneamente através da retirada do germe presente nos grãos resultante do processo de umidificação com a aspiração da casca e germe através do canal. Na degerminadora, o milho é quebrado para então ser peneirado no plansifter através de um movimento oscilante que classifica partículas maiores e menores. Subsequentemente, o milho que não foi degerminado retorna para o processo anterior e o milho degerminado é, então, pesado e preparado para o processo de moagem.

#### **4.2.3 Moagem do milho**

A moagem trata-se do procedimento em que o grão de milho é triturado para obter frações granulométricas. Os equipamentos que são utilizados na moagem do milho são: banco de cilindro, plansifter, silo e canal de aspiração.

O banco de cilindro recebe o milho degerminado e em seguida, a moagem é iniciada. O produto sai do banco de cilindro passando por um processo de classificação no plansifter que o divide de acordo com a maior e menor espessura, pois o dimensionamento é um dos fatores decisórios para o tipo de produto. Neste momento, o produto que apresentava características de granulometria fora dos padrões retorna para o processo anterior e o que tiver a espessura dentro

do estabelecido, é transportado por uma rosca quadrupla para ser armazenado em um silo e assim, continuar no processo até chegar na laminação.

#### **4.2.4 Laminação**

A laminação consiste em propor um formato final ao produto. Os equipamentos que dessa etapa são: rosca umidificadora, silo, laminadores, plansifter, redler e silos de flocos.

Para que o processo ocorra como o esperado, os flocos devem ser umidificados através da rosca umidificadora e armazenados em um silo para serem laminados. No laminador, o grão passa entre dois rolos que são capazes de deixar a espessura do grão extremamente fina. Após a laminação, o plansifter realiza a separação granulométrica, classificando flocos grossos, finos e “rechaço”. Rechaço trata-se de um grão com dimensões maiores. Os flocos são então, transportados através do redler e armazenados nos silos de flocos. Nessa fase, o produto encontra-se preparado para o processo de empacotamento.

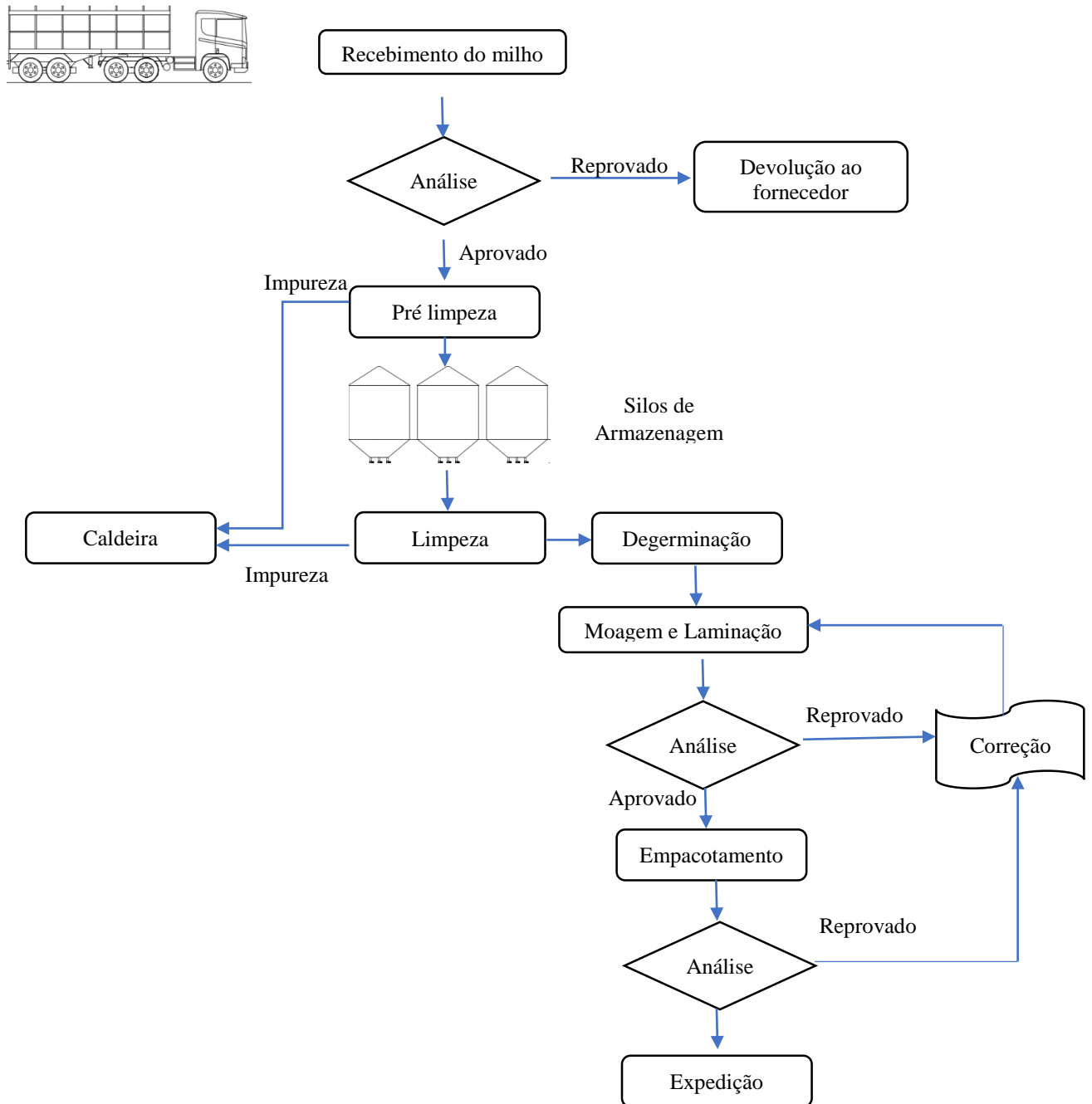
#### **4.2.5 Empacotamento**

O setor de empacotamento da empresa contém empacotadeiras, enfardadeiras, esteiras e para garantir que o produto chegue ao consumidor final com a maior qualidade possível, algumas inspeções são realizadas. Os colaboradores do setor verificam a selagem vertical e horizontal dos pacotes. Assim, como a legibilidade de informações (data de fabricação, validade entre outros), isto porque a embalagem é responsável pela vedação do produto, impossibilitando o contato com o meio externo, preservando a qualidade e segurança do alimento.

Com relação a segurança alimentar, conta-se com ímãs nas extremidades das esteiras para a detecção de presença de metais, expulsando o produto caso ele contenha algum material duvidoso. Além disso, produtos não conforme são separados e destinados para o reprocesso ou diretamente para o farelo. Os produtos destinados ao farelo são aqueles que entram em contato com superfícies como o chão ou quando o produto possui contaminantes que alteram seu odor. Os produtos destinados ao reprocesso são aqueles que não atendem as especificações estabelecidas, como a quantidade de flocos finos e grossos presente no produto final, a

quantidade de fragmentos ou quando a embalagem não foi colada/selada como o ideal. Para que o produto atenda a quantidade em gramas estabelecida através da legislação, existe uma balança para cada empacotadeira, demonstrando o valor medido em gramas. As etapas do processo podem ser observadas na figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do processo



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O empacotamento é uma das etapas mais interessantes do processo, afinal, é quando o produto final ganha uma forma física. Em contrapartida, também é um dos setores mais complexos, uma vez que pequenos ajustes na empacotadeira podem gerar prejuízos imensos para a indústria, principalmente com relação a precisão na pesagem do produto.

A variável peso é importante por envolver dois pontos extremos: se o conteúdo transcende a quantidade estabelecida na embalagem, há um prejuízo para a empresa. Em contraparte, se a quantidade estipulada na embalagem for inferior ao conteúdo presente nela, a empresa estará descumprindo legislações, além de comprometer sua imagem. Dessa forma, a precisão na pesagem do produto deve seguir exatamente como é indicado na embalagem e o processo de empacotamento automatizado adequa tais necessidades, porém, é necessário um modelo de gestão e controle para certificar que o dosador e a balança estão operando simultaneamente e com precisão.

Analisando a capacidade produtiva da indústria, a ausência de precisão é uma problemática, visto que o padrão de peso líquido do produto deve conter uma variação de no mínimo 500g e no máximo 502g, sendo valores que suprem o exigido pelo consumidor sem gerar perdas para a empresa. Percebeu-se que os colaboradores possuíam uma atenção minuciosa com relação ao padrão mínimo exigido, no entanto, a maioria das empacotadeiras estavam operando com um valor superior aos 502g, impactando negativamente no lucro da organização. Logo, observou-se que haviam problemas relacionados a oscilação média dos valores aceitáveis, ou seja, uma variabilidade do processo.

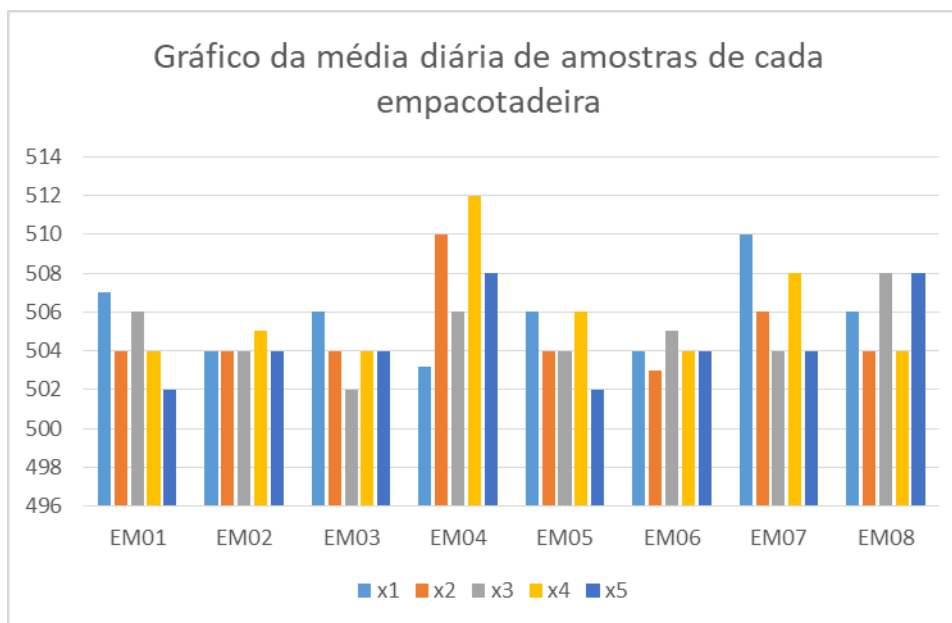
Ao analisar o sistema de gestão da indústria e discutir o problema com os responsáveis do setor de empacotamento e coordenador de produção, concluiu-se que a alternativa para identificar uma oportunidade de melhoria seria a partir da aplicação de ferramentas da qualidade para identificar as causas de variabilidade no processo, já que tais ferramentas colaboram para a coleta precisa de dados que em paralelo com análises estatísticas, auxiliaria na identificação das causas.

### 4.3.1 Indicador variável e análise dos dados

O indicador variável escolhido para análise foi o peso. Então, iniciou-se um planejamento para medição do problema. Os produtos analisados durante o processo são de 500g, é importante ressaltar que a organização estipulou estes valores de acordo com o peso líquido, logo, o valor da massa aferida da embalagem é descartada de todas as medidas coletadas. Dessa forma, tem-se que o produto deve conter uma variação de no mínimo 500g e no máximo 502g.

Durante cinco dias foram coletadas e registradas em uma folha de verificação, vinte amostras com tamanho igual a dez com intervalos em momentos igualmente espaçados de oito empacotadeiras, o que resulta em oitocentos pacotes retirados do processo e pesados em uma balança com precisão superior a balança da empacotadeira. A figura 3 representa a média diária das amostras retiradas de cada empacotadeira, nota-se que a maioria delas estão operando com um valor superior ao estabelecido.

Figura 3 – Gráfico da média de amostras de cada empacotadeira



Fonte: Elaborado pelo autor.

A abreviação “EM” significa empacotadeira.

Após a coleta de dados, calculou-se a média de peso dos pacotes e quantidade de produto em excesso por minuto, hora, mês, ano e identificou-se quais empacotadeiras estavam operando com maior diferença. Estes cálculos podem ser observados no QUADRO 3.

Quadro 3 – Excesso de produto em cada empacotadeira

Máquina	Média (g)	$\Delta m$ (g)	Pmin (g)	Ph (g)	Pd (g)	Pm (g)	Pa (g)	Pa (kg)
EM01	504,66	- 2,66	- 160	- 9.576	- 105.336	- 2.949.408	- 35.392.896	- 35.393
EM02	504,20	- 2,20	- 132	- 7.920	- 87.120	- 2.439.360	- 29.272.320	- 29.272
EM03	504,00	- 2,00	- 120	- 7.200	- 79.200	- 2.217.600	- 26.611.200	- 26.611
EM04	507,35	- 5,35	- 321	- 19.242	- 211.662	- 5.926.536	- 71.118.432	- 71.118
EM05	504,40	- 2,40	- 144	- 8.640	- 95.040	- 2.661.120	- 31.933.440	- 31.933
EM06	504,00	- 2,00	- 120	- 7.200	- 79.200	- 2.217.600	- 26.611.200	- 26.611
EM07	505,43	- 3,43	- 206	- 12.348	- 135.828	- 3.803.184	- 45.638.208	- 45.638
EM08	506,09	- 4,08	- 245	- 14.706	- 161.766	- 4.529.448	- 54.353.376	- 54.353
<b>TOTAL</b>		-24,12	- 1.447	- 86.832	- 955.152	- 26.744.256	-320.931.072	-320.931

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor da média (g) simboliza a média de produto por empacotadeira,  $\Delta m$  representa a diferença entre o valor máximo que a indústria estipula e a média. Pmin, Ph, Pd, Pm, Pa são as siglas de peso por minuto, peso por hora, peso por dia, peso ao mês e peso ao ano, nessa ordem.

Na primeira coluna da tabela tem-se a identificação da empacotadeira e na terceira, o valor máximo permitido. Calculou-se então,  $\Delta m$  em gramas, que significa a quantidade de produto excedente por empacotadeira. Nota-se que a empacotadeira EM04 tem uma perda média de -5,35g de produto por pacote, sendo a que apresenta maior perda, seguindo da EM08, EM07 E EM01, respectivamente.

Para efetuar os demais cálculos presentes no quadro 3, realizou-se um estudo de tempo nas empacotadeiras. O estudo de tempo foi necessário, em vista que embora as empacotadeiras marquem a quantidade de produtos empacotados por minuto, a quantidade de pacotes presentes no visor pode oscilar com relação ao valor real e para eliminar o risco de variações, cronometrou-se a quantidade de produto que todas as máquinas empacotam em minuto. As empacotadeiras possuem uma capacidade mínima de 60 pacotes por minuto, podendo empacotar mais. Dessa forma, considerou-se que as máquinas produzem em torno de 60 pacotes por minuto, em um turno de 11h, 28 dias ao mês e 12 meses por ano. Isso significa que a empresa está perdendo em torno de -320.931kg de produto em excesso anualmente, os valores podem ser ainda superiores em períodos em que a empresa aumenta sua capacidade e funciona

com todas as máquinas presentes no empacotamento, isto porque, algumas máquinas presentes na indústria possui mecanismos de operação diferentes das empacotadeiras analisadas neste estudo, o que exigiria outro método de coleta, e outras encontravam-se paradas para manutenção preventiva, o que não permitiu a realização da coleta de dados suficientes para a análise total.

Após o processo de coleta e análise de dados, escolheu-se as empacotadeira EM01, EM04, EM07 E EM08 como máquinas de estudo, considerando que naquele momento eram as que estavam operando com maior excesso de produto e que conseqüentemente, estavam gerando maiores perdas para a organização.

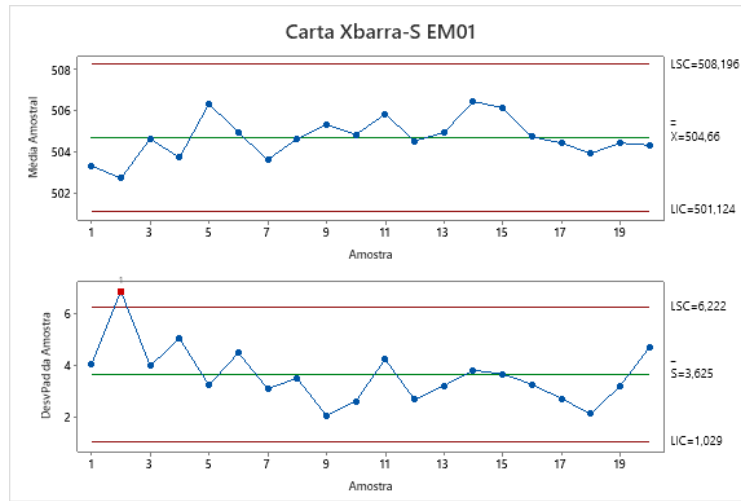
#### 4.4 CONTROLE ESTATÍSTICO

As perdas geradas na indústria são decorrentes da alta variabilidade dos processos, conseqüentemente, o CEP é uma ferramenta útil para auxiliar na estabilização das variabilidade do processo que de acordo com a amostragem, auxilia na identificação de causas especiais, ou seja, eventos inéditos que podem ser acompanhados através de cartas de controle.

##### 4.4.1 Cartas de controle

Para identificar a presença de variação por causa especial, escolheu-se a carta de controle  $\bar{x}$  e  $s$ , pois é desejável que o monitoramento do processo seja mais sensível a variação do processo, uma vez que o desvio padrão é uma melhor estimativa de dispersão para tamanhos maiores de amostras ( $n \geq 10$ ). Após escolher a carta de controle utilizada, plotou-se o gráfico utilizando o minitab, um software voltado para fins estatísticos. A carta  $\bar{x}$  e  $s$  da empacotadeira 01 (EM01) pode ser observada na figura 4. Os dados obtidos das amostras utilizadas nas cartas de controle estão no anexo 1.

Figura 4 – Carta  $\bar{x}$  e s EM01

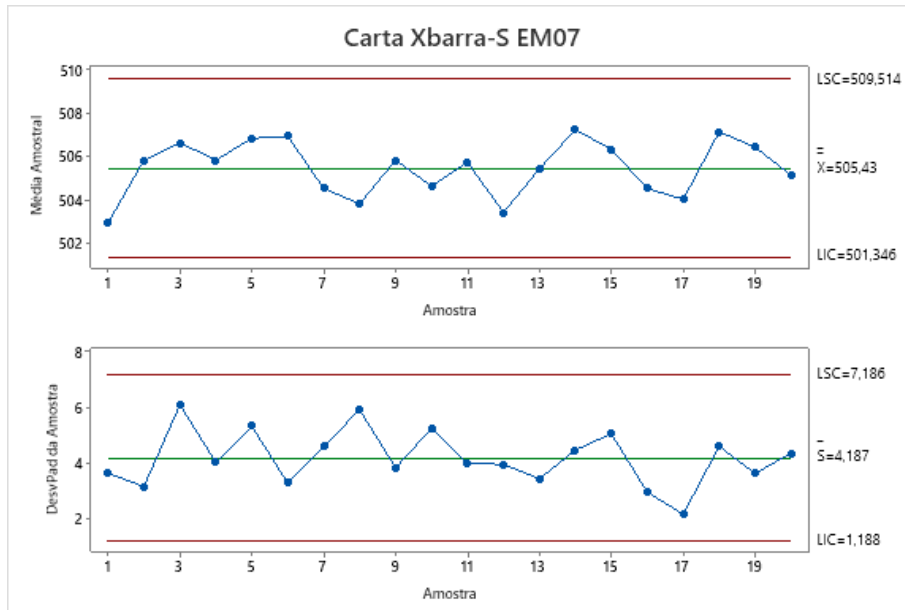


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os limites de controle tratam-se das linhas horizontais acima e abaixo da linha central. Estes limites são obtidos a partir dos dados coletados do processo e são utilizados para julgar se um processo está ou não fora de controle.

O cálculo da média e desvio padrão, assim como os limites inferiores e superiores estão presentes nos gráficos. Observa-se que o primeiro gráfico da figura 4 representa a média ( $\bar{x}$ ) e o segundo trata-se do desvio padrão (S), percebe-se que o segundo subgrupo da Carta S está fora do LSC, sendo, então, constatada como uma causa especial, como representado na figura 5.

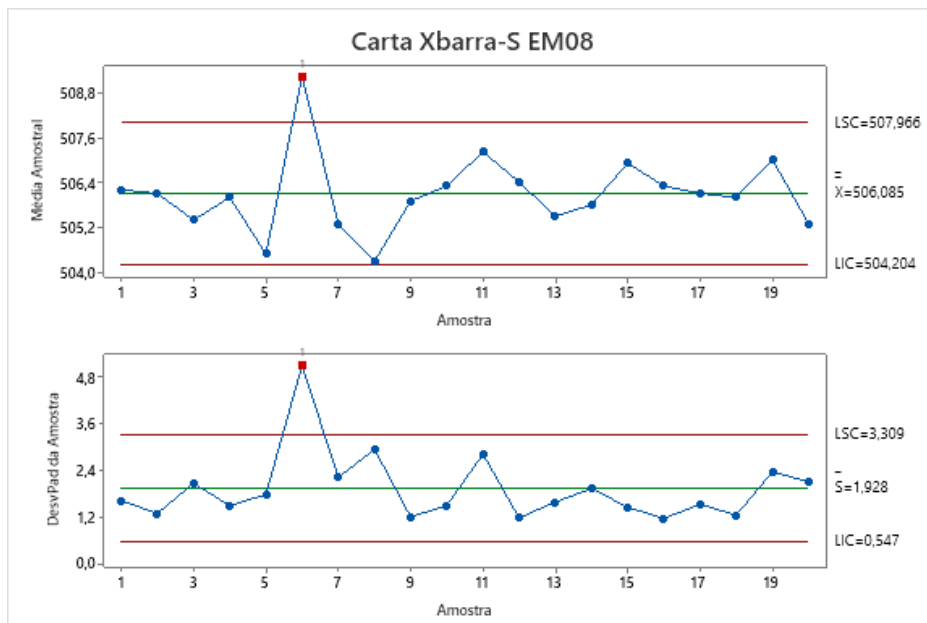
Figura 5 – Carta  $\bar{x}$  e s EM07



Fonte: Elaborado pelo autor.

Note que tanto no gráfico da média ( $\bar{x}$ ) quanto no gráfico de desvio padrão (S), os pontos estão dispostos dentro dos limites inferiores e superiores de controle, assim não existem evidências de que o processo está fora de controle. As cartas  $\bar{x}$  e s EM08 e EM 04 estão representadas nas figuras 6 e 7, respectivamente.

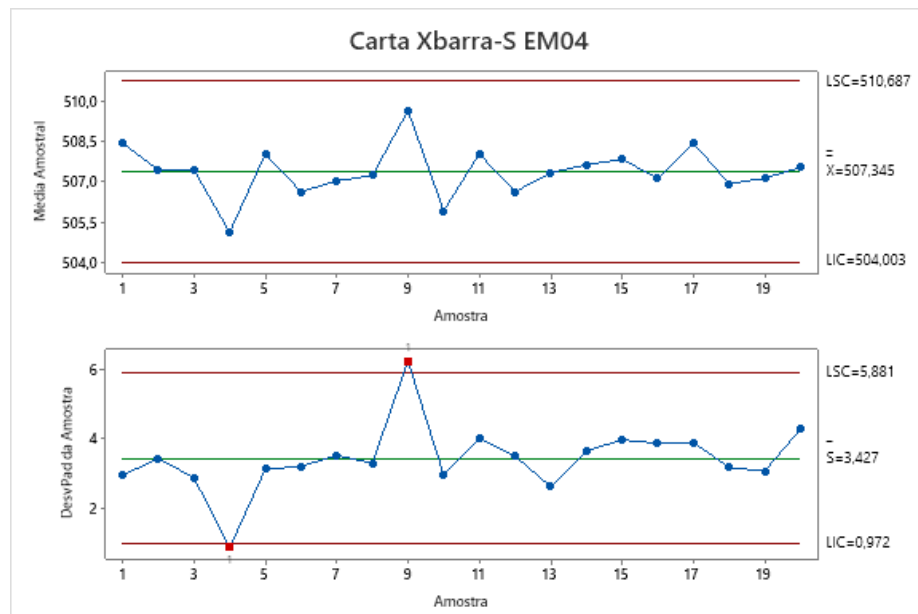
Figura 6 – Carta  $\bar{x}$  e s EM08



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que existem pontos fora dos limites de controle, sendo, então, constatada como uma causa especial.

Figura 7 – Carta  $\bar{x}$  e s EM04



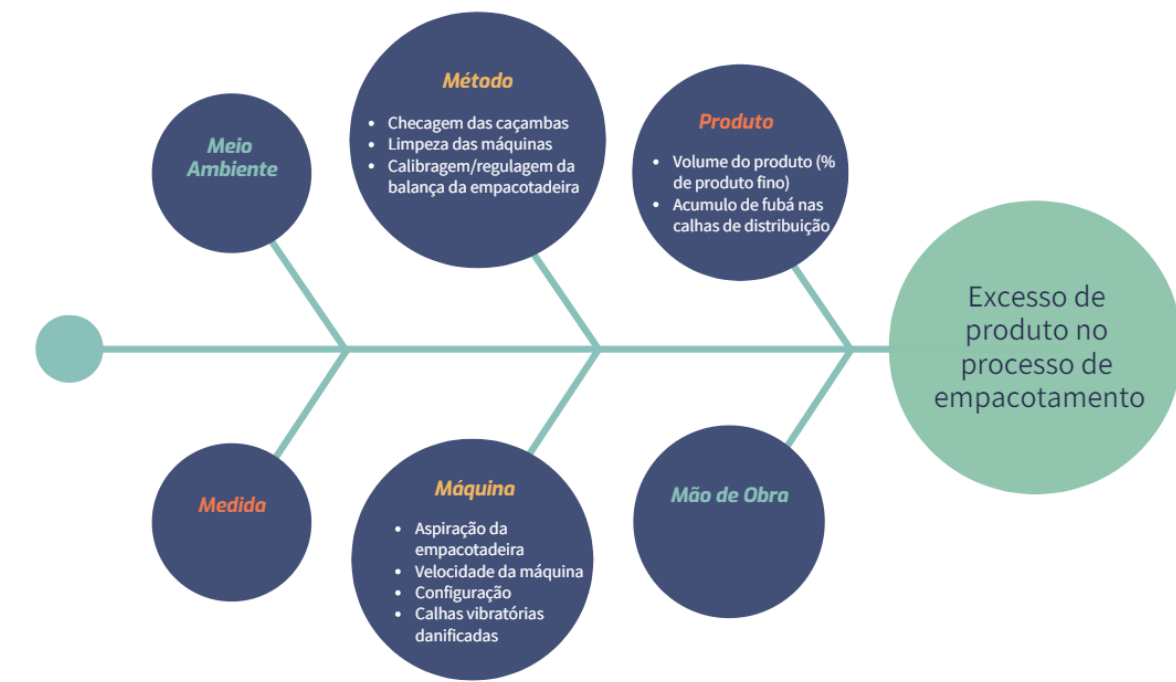
Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que em ambas as cartas EM08 e EM04 existem pontos fora dos limites de controle. Na EM08 o processo está fora em  $\bar{x}$  e s, enquanto em EM04 está fora de controle estatístico na carta de desvio padrão (S). Como o desejado é que o processo esteja sempre sob controle estatístico será necessário uma investigação para identificar as causas especiais.

#### 4.4.2 Identificação das causas especiais e plano de ação

Para identificar os motivos que levaram ao surgimento das causas especiais, elaborou-se um diagrama de causa e efeito realizado a partir de um *brainstorming*. Dessa forma, reuniu-se uma equipe com colaboradores dos turnos A e B e para que o *brainstorming* ocorresse da melhor forma possível apresentou-se o problema e solicitou-se aos participantes que colocassem qualquer fator que poderia influenciar nele. Os problemas citados durante o *brainstorming* foram distribuídos no diagrama de causa e efeito representado na figura 8.

Figura 8 – Diagrama de causa e efeito



Fonte: Elaborado pelo autor.

As causas que mais foram citadas estão relacionadas a calibragem/regulagem da balança da empacotadeira e a limpeza das máquinas. As possíveis soluções foram discutidas com os colaboradores de ambos os turnos e um plano de ação, demonstrado no quadro 4, envolvendo a frequência, horário da limpeza e calibragem/regulagem das balanças das empacotadeiras foi reajustado. Como a EM04 foi a que apresentou maior índice de perda, o plano de ação foi aplicado nela. A sugestão para resolução do problema foi que a limpeza passasse a ser realizada duas vezes ao dia (às 6h e 13h30min) e a calibragem uma vez ao dia (às 6h), essas sugestões foram realizadas porque a produção ocorre em uma escala relativamente grande, dessa forma, uma determinada quantidade de produto acaba impregnando nas máquinas e como inúmeros pacotes são pesados diariamente, a precisão da balança pode ser comprometida.

Quadro 4 – Plano de ação elaborado

<b>Plano de Ação</b>				
<b>Assunto:</b> Análise para redução de produto em excesso no processo de empacotamento de flocos de milho				<b>Máquina:</b> EM04
<b>Objetivo:</b> Reduzir o excesso de produto empacotado na máquina EM04 para no máximo 502g (valor líquido, sem embalagem)				
<b>Método utilizado para alcançar o objetivo:</b> Limpeza e calibragem				
<b>Frequência da limpeza: 2 vezes ao dia (6h e 13h30min)</b>			<b>Frequência da calibragem: 1 vez ao dia (6h)</b>	
<b>DATA</b>	<b>TURNO</b>	<b>RESPONSÁVEL PELA LIMPEZA</b>	<b>RESPONSÁVEL PELA CALIBRAGEM</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
	"A"	Robenilson F.	Sirlandio de J.	
	"B"	Erasmio F.	Nerenildo S.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.3 Resultado do plano de ação

Durante o período de 10 dias a empacotadeira EM04 foi adequada ao plano de ação e uma nova coleta de amostras foi realizada. Novamente calculou-se a média de produto em excesso de acordo com o dia, subtraiu-se então, a quantidade máxima permitida. Determinou-se as perdas por minuto (PMin), perda por hora (PH), perda por dia (PD), perda por mês (PM) e perda anual (PA) da empacotadeira. Os valores podem ser observados no quadro 5.

Quadro 5 – Resultados após a aplicação do plano de ação na EM04

<b>Dia</b>	<b>Xm (g)</b>	<b>Δm (g)</b>	<b>Pmin (g)</b>	<b>Ph (g)</b>	<b>Pd (g)</b>	<b>Pm (g)</b>	<b>Pa (g)</b>	<b>Pa (kg)</b>
<b>1</b>	500,0	2,0	120,0	7.200,0	79.200,0	2.217.600,0	26.611.200,0	26.611,2
<b>2</b>	501,0	1,0	60,0	3.600,0	39.600,0	1.108.800,0	13.305.600,0	13.305,6
<b>3</b>	505,0	- 3,0	- 180,0	- 10.800,0	-118.800,0	- 3.326.400,0	- 39.916.800,0	- 39.916,8
<b>4</b>	504,0	- 2,0	- 120,0	- 7.200,0	- 79.200,0	- 2.217.600,0	- 26.611.200,0	- 26.611,2
<b>5</b>	502,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>6</b>	503,0	- 1,0	- 60,0	- 3.600,0	- 39.600,0	- 1.108.800,0	- 13.305.600,0	- 13.305,6
<b>7</b>	503,0	- 1,0	- 60,0	- 3.600,0	- 39.600,0	- 1.108.800,0	- 13.305.600,0	- 13.305,6
<b>8</b>	503,0	- 1,0	- 60,0	- 3.600,0	- 39.600,0	- 1.108.800,0	- 13.305.600,0	- 13.305,6
<b>9</b>	502,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>10</b>	502,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	5.025,0	- 0,5	- 30,0	- 1.800,0	- 19.800,0	- 554.400,0	- 6.652.800,0	- 6.652,8

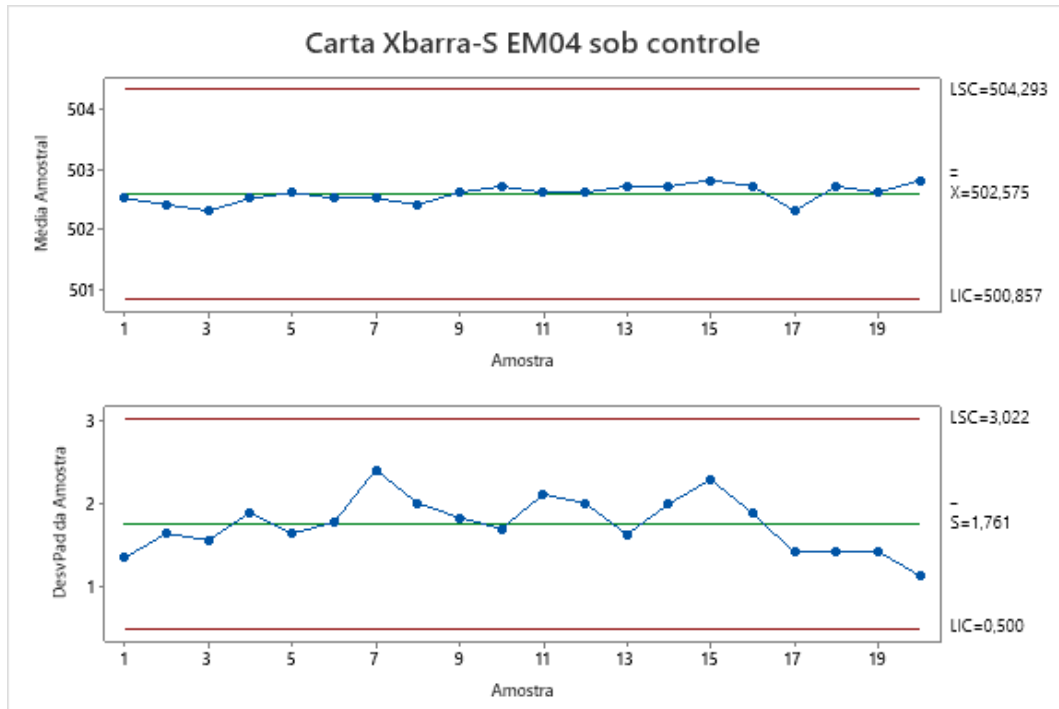
Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos observar que embora o resultado não tenha sido totalmente satisfatório, já que a empacotadeira continuou operando com excesso de produto no novo método de calibragem e limpeza, ocorreu um avanço significativo nela, isto porque antes da ação a máquina estava operando com -71.118kg de produto em excesso ao ano e com o método passaria a perder em torno de -6.652,8kg de produto ao ano, sendo indicado inserir a ação no Procedimento Operacional Padrão – POP, visto que até então o procedimento é realizado duas vezes por semana, para que assim ele possa ser executado nas outras empacotadeiras. Mesmo o resultando presente no quadro 5 sendo positivo, ainda é necessário verificar se o processo está sob controle estatístico.

#### 4.4.3.1 Resultado do plano de ação – carta de controle

Após identificar as causas especiais do processo e definir o plano de ação, plotou-se novamente a carta de controle para verificar se o processo está sob controle estatístico. A carta  $\bar{x}$  e  $s$  EM04 após o plano de ação pode ser observada na figura 9.

Figura 9 – Carta  $\bar{x}$  e s EM04 após o plano de ação



Fonte: Elaborado pelo autor..

Observa-se que a carta EM04 na figura 9 está sob controle estatístico, confirmando que os ajustes são necessários para melhorar o processo, diferente da carta de controle da mesma empacotadora na figura 7 antes do plano de ação, em que identificou-se causas especiais. Também é possível identificar que houve redução da média e do desvio padrão nesta Carta, o que indica que este monitoramento da variabilidade leva à processos mais estáveis e consistentes.

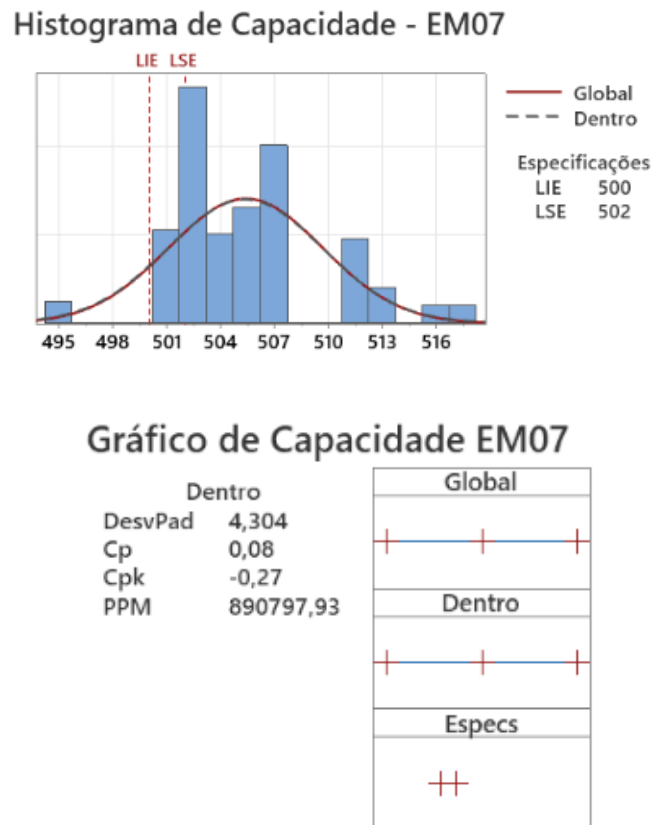
Até então, preocupou-se com a estabilidade do processo que está associado a presença ou ausência de causas especiais. Mas um outro fator importante é saber a capacidade do processo de produzir itens conformes, ou seja, a capacidade que dependerá das próprias especificações e variabilidade do processo, pois mesmo que um processo esteja sob controle estatístico, ele pode não ser capaz de gerar produtos que atendam aos limites de especificações.

#### 4.4.4 Capacidade do processo

Uma vez verificada a estabilidade dos dados, analisou-se a capacidade do processo em atender os limites de especificação definidos pela organização a fim de satisfazer as exigências do consumidor. Foram utilizados os índices Cp e Cpk.

Dessa forma, considerou-se os valores de 500g para LIE, 502g para LSE. Então, calculou-se os índices Cp e Cpk dos dois processos que estão sob controle estatístico: EM07 e EM04 após o plano de ação. Os histogramas de capacidade, assim como os valores dos índices Cp e Cpk da EM07 e EM04, podem ser observado nas figuras 10 e 11.

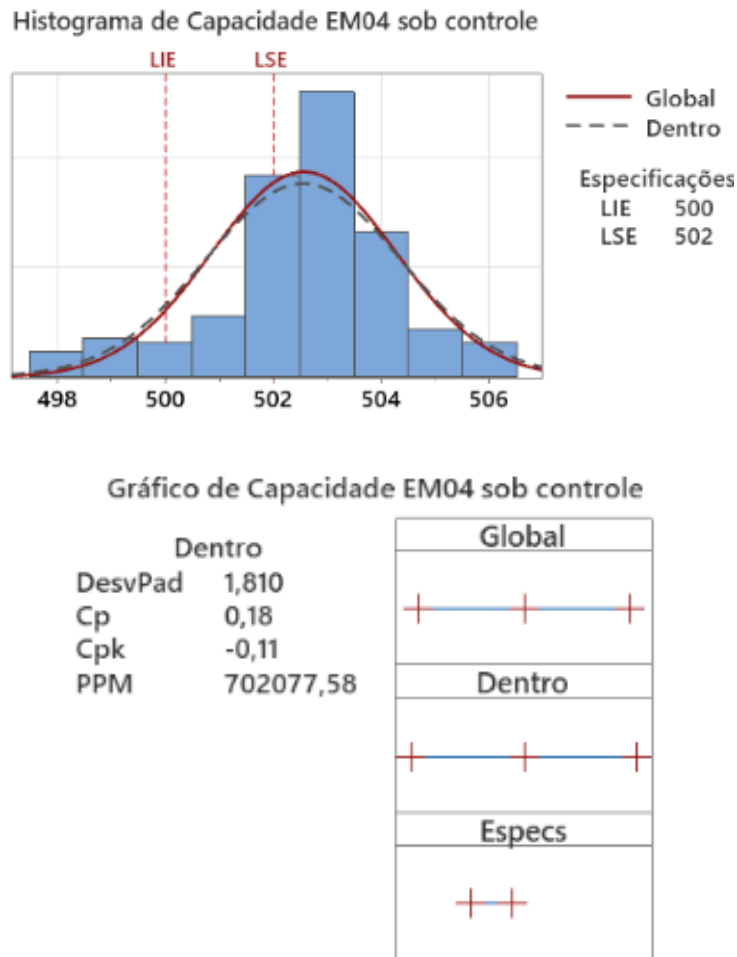
Figura 10 – Histograma e gráfico de capacidade da EM07



Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 10 demonstra a presença de pontos fora dos limites de especificação, com elevada variabilidade e média deslocada à direita. Os índices Cp e Cpk são identificados como valores  $< 1$ , indicando um processo não capaz.

Figura 11 – Histograma e gráfico de capacidade da EM04 sob controle



Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 11 também apresenta um processo descentralizado e com elevada variabilidade em relação aos limites de especificação. Os índices Cp e Cpk indicam que o processo não é capaz de atender as especificações definidas.

Nota-se que embora os processos de EM07 e EM04 estejam sob controle estatístico, os valores de Cp são inferiores a 1, isso significa que o processo não é capaz de atender as especificações. Percebe-se também, que em ambos os casos, o histograma de capacidade encontra-se descentralizado, evidenciando os valores negativos encontrados em Cpk. Portanto, o processo não é capaz e está descentralizado. A condição de não capacidade pode ser melhorada através de ações como o treinamento da operação, ajuste da máquina e revisão dos parâmetros do processo.

No estudo também foram identificados valores de pesagem inferiores a 500 gramas. Neste caso, observou-se que a empresa utiliza um sensor que impede que os fardos que estão abaixo das especificações de peso deem continuidade em sentido à armazenagem do produto. No entanto, dentro de um único fardo pode haver pacotes com peso inferior a 500 gramas sendo compensados por pacotes com valores superiores. Este fator evidencia a importância do monitoramento constante da variável com o objetivo de regularizar e manter o padrão de qualidade exigido.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do CEP auxilia na identificação das fontes que causam variabilidade no processo. As causas de variabilidade podem comuns que são típicas do próprio processo produtivo, ou então, causas especiais que são oriundas de alguma falha ou motivo que pode ser identificado no processo.

A principal ferramenta do CEP são os gráficos de controle, que cooperam para identificar se processo está ou não, dentro dos parâmetros estabelecidos estatisticamente. Logo, a presente pesquisa coletou e analisou amostras para realizar o diagnóstico estatístico e propor alternativas capazes de auxiliar na melhoria do processo. O estudo comprovou que o CEP é um método válido tanto para reduzir a variabilidade do processo quanto para amparar a tomada de decisão.

Para que a pesquisa fosse executada exigiu-se uma combinação de conhecimento empírico do processo, em conjunto com a participação dos colaboradores e do pesquisador para analisar os dados e suas implicações. Investigadas as fontes de variabilidade do processo de enfiamento e implementadas as ações a fim de mitigar as perdas em relação ao peso dos pacotes, os resultados indicam uma estimativa de redução do excesso de produto em torno de 90%.

Contudo, o cálculo de capacidade do processo, evidenciou que nas empacotadeiras analisadas, os valores de  $C_p$  e  $C_{pk}$  são inferiores a 1, e que o histograma de capacidade encontra-se descentralizado, isso significa que o processo não é capaz de atender as especificações e está descentralizado. Dessa forma, é indicado que as condições de capacidade sejam estudadas a partir da aplicação de ferramentas mais detalhadas, revisão de padrões técnicos do processo e programas de melhoria da qualidade, principalmente envolvendo análise estatística em conjunto com treinamento de operação.

Diante desse contexto, sugere-se que a empresa estenda o uso do CEP para auxiliar na qualidade do processo analisando-se também outras variáveis, propondo informações com dados precisos para a prevenção e detecção de problemas, visto que o uso das cartas de controle facilitaria a visualização de não conformidades no processo e no produto final, possibilitando a implementação de sistemas como o Seis Sigma.

## 6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, BÁRBARA DACAL DE. **Controle Estatístico De Processos**: estudo de caso em uma indústria de produção de bandejas de ovos. Orientadora: Ma. Franciele Bonatto. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Guarapuava, 2017. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11759/2/GP\\_COEME\\_2017\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11759/2/GP_COEME_2017_2_01.pdf). Acesso em: 08/02/2021.

BASILIO, Tamires Gebrieli; ANTONIO, Fabrício Domingues. Um estudo quantitativo entre métodos de amostragem em uma linha de produção farmacêutica, para identificação do melhor método de amostragem. **Interface tecnológica**, São Paulo, v. 17 n. 2, p. 780-792, 2020.

BASSAN, EDILBERTO. **Gestão da Qualidade**: Ferramentas, Técnicas e Métodos. Curitiba: Edilberto Bassan, 2018. *E-book*.

BATALHA, Mário Otávio *et al.* **Introdução a Engenharia de Produção**. 1ª ed. Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2008.

CAMARGO, Wellington. **Controle de Qualidade Total**. Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Paraná – Educação A Distância. Curitiba, 2011.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total no estilo Japonês**. 9ª ed. Nova Lima: Falconi editora, 2014.

CARNEIRO, Ana Fátima Maia. **Análise de Variabilidade num Processo Industrial de Produção de bolachas**. Orientadores: Prof. Américo Lopes de Azevedo e Eng. Luísa Santos Tavares. 2017. Dissertação de mestrado (mestrado integrado) – Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Porto – Portugal, 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/143410538.pdf>. Acesso em: 20/02/2021.

CARVALHO, Marly Monteiro de *et al.* **Gestão da Qualidade Teorias e Casos**. 2ª ed. Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2012.

CIVARDI, Lucas Tronco. **Método de implementação do controle estatístico do processo (CEP)**: um estudo de caso em uma indústria alimentícia do vale do Taquari/RS sob a ótica da metodologia DMAIC. Orientador: Prof. Me. Cláudio Roberto do Rosário. 2017. Monografia – Curso de Engenharia de Produção, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Lajeado, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2215/1/2017LucasTroncoCivardi.pdf>. Acesso em: 20/02/2021.

COSTA, Herbert Theury Souza; MACHADO, Waltair Vieira; FONSECA, Vera Lucia Assis. Controle Estatístico De Processo aplicado à uma linha de medicamento tópico de uma indústria farmacêutica. **IX SIMPROD – Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, Sergipe, 2017.

COSTA, Luana Bonome Massage. The effect of Lean Six Sigma practices on food industry performance: Implications of the Sector's experience and typical characteristics. **Food Control**, v.112, 107110, 3030.

FERREIRA, JOÃO BATISTA. **Qualidade Extrema: Uma abordagem introdutória.** Patrocínio, 2017. *E-book*.

FRANZONI, Pedro. **Implementação do Controle de Processo em um processo de corte de crimpagem de circuitos elétricos.** Orientador: Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2017. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-26012018-114734/?&lang=br>. Acesso em: 05/03/2021.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6ª Edição. São Paulo: editora Atlas S.A, 2008.

GOMES, Ana Carolina do Nascimento; FERREIRA, Aylla Roberta da Silva Victor Ferreira; SILVA, Elga Batista da. Produção de alimentos na indústria: principais ferramentas da qualidade. **XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção – ENEGEP**, Joinville, 2017.

GRANATO, Daniel *et al.* **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio.** Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, 2013.

HERMENEGILDO, Gabriela de Araújo. **Proposta de implementação do gráfico de controle em uma empresa de pequeno porte no Paraná.** Orientador: Profª. Claudia Tania Picinin. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16140/1/PG\\_DAENP\\_2017\\_2\\_20.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16140/1/PG_DAENP_2017_2_20.pdf). Acesso em: 25/02/2021.

HORCHULHACK, Bruna Wasilewski; PINHEIRO, Elisandra Duarte. **Proposta de pré-implementação do controle estatístico de processos em uma indústria flexográfica de pequeno porte na região dos Campos Gerais – PR.** Orientador: Prof. Dr. Evandro Eduardo Broday. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8370/1/PG\\_DAENP\\_2017\\_2\\_24.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8370/1/PG_DAENP_2017_2_24.pdf). Acesso em: 26/02/2021.

INDÚSTRIA de alimentos fecha 2018 com aumento de 2,08% em faturamento. *In*: Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA). [S. l., 2019]. Disponível em: <https://abia.org.br/releases/industria-de-alimentos-fecha-2018-com-aumento-de-208-em-faturamento> . Acesso em: 07/02/2021.

JUNIOR, José Ribamar Castelo Brando. **Estudo de tempos e movimentos como ferramenta para maximizar a produtividade.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, 2018. Disponível: <https://repositorio.pgsskroton.com/handle/123456789/22767>. Acesso em: 15/03/2021.

LIM, Sarina Abdul Halim; ANTONY, Jiju. Statistical process control readiness in the food industry: Development of a self-assessment tool. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v.58, p. 133-139, 2016.

LIMA, Kézia De Jesus. **Controle Estatístico De Processo (CEP): uma ferramenta estratégica para competitividade e sucesso das organizações.** Orientador: Camila Oliveira.

2018. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Engenharia de Produção, União Metropolitana de Educação e Cultura – UNIME, Itabuna, 2018. Disponível em: <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/23454/1/K%C3%89ZIA%20DE%20JESUS%20LIMA.pdf> . Acesso em: 18/03/2021

MARQUES, Jefferson Rafael dos Santos; MELLO, Andrea Justino Ribeiro. Perdas no processo produtivo: um estudo de caso numa indústria de laminados plásticos. **XXXIII encontro nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, Salvador, 2013.

MIGUEL, Paulo A. Cauchick. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operação**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier Editora LTDA, 2012

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC Editora – GEN, 2016.

NISHIDA, Nádia Mayumi. **Qualidade e a Tecnologia do corte na indústria de confecção: estudo de caso**. Orientador: Prof. Tatiana Lachi. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015. Disponível em: [http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep\\_tcc/article/view/112/33](http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/112/33). Acesso em: 18/03/2021.

OLIVEIRA, José Eduardo Ferreira de. **Fundamentos Estatísticos da Qualidade Aplicados ao Setor industrial e de Serviço**. São Paulo: 59º Prêmio Jabuti, 2017. *E-book*.

OLIVEIRA, Josenildo Brito de *et al.* Análise da capacidade de um processo: um estudo de caso baseado nos indicadores CP e CPK. **XXXI encontro nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, Belo Horizonte, 2011.

PERSPECTIVAS para agropecuária. *In*: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). [S. l., 2020]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 24/05/2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. *E-book*.

ROSARIO, Keivison Pinto do; DANTAS, Larissa Moraes; OEIRAS, Erielem do Nascimento. Aplicação Do Controle Estatístico de Processo no monitoramento do peso médio de polpas de frutas: um estudo realizado em uma empresa de médio porte. **XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção – ENEGEP**, Fortaleza, 2015.

SANTANA, Nathaly Silva de *et al.* Controle Estatístico Da Qualidade: Uma aplicação estatística em uma indústria têxtil. **Revista Latino-Americana de inovação e Engenharia de Produção**, Natal, v.7, n.12, p. 47-56, 2019.

SCATOLIN, André Celso. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura**. Orientador: Antonio Batocchio. 2005. Trabalho Final de Mestrado Profissional – Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/265608/1/Scatolin\\_AndreCelso\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/265608/1/Scatolin_AndreCelso_M.pdf) . Acesso em: 19/03/2021.

SILVA, Thalissa Ribeiro da; SOUZA, Ana Luiza Lima de. Gestão da qualidade como estratégia de competitividade: caso da baixada Fluminense. **XXXIV Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, Curitiba, 2014.

SILVA, Vanessa Nobrega da *et al.* Análise das perdas produtivas segundo os sete desperdícios de Taiichi Ohno: um estudo de caso. **XXXVI encontro nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, João Pessoa, 2016.

SMANIOTTO, Gabriela Yohana; ROSA, Ariane Ferreira Porto; BEMVENUTI, Renataheidtmann. Estudo da estabilidade da capacidade do processo de envase de iogurte em uma indústria de laticínios. **Sinergia – Revista do instituto de ciências econômicas, administrativas e contábeis (ICEAC)**, Rio Grande do Sul, v. 24, n. 2, p. 3-46, 2020.

TÔRRES, Adamastor R. Multivariate statistical process control in annual pharmaceutical product review. **Journal of Process Control**, [s.l.], v. 69, p. 97-102, 2018.

VARGAS, Andrio Gonçalves. **Uma aplicação do controle estatístico de processos no sistema produtivo de beneficiamento de arroz**. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Xavier Guterres. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Engenharia de Produção, Universidade Federal Do Pampa, Bagé, 2015. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/3028/1/TCC%20ANDRIO%20VARGAS%202015.pdf>. Acesso em: 20/03/2021.

**ANEXO 1 – DADOS DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NAS CARTAS DE CONTROLE**

<b>EM01</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>D5</b>	<b>D6</b>	<b>D7</b>	<b>D8</b>	<b>D9</b>	<b>D10</b>	<b>EM08</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>D5</b>	<b>D6</b>	<b>D7</b>	<b>D8</b>	<b>D9</b>	<b>D10</b>
<b>1</b>	504	505	504	508	493	502	505	502	504	506	<b>1</b>	507	508	506	505	507	508	504	508	505	504
<b>2</b>	505	505	501	507	484	506	504	504	508	503	<b>2</b>	507	507	506	504	507	506	506	506	508	504
<b>3</b>	503	508	507	506	495	503	504	507	504	509	<b>3</b>	508	507	506	501	508	505	505	505	505	504
<b>4</b>	509	506	504	507	491	504	503	508	503	502	<b>4</b>	508	507	506	505	507	504	505	504	508	506
<b>5</b>	506	505	505	505	507	507	505	504	504	515	<b>5</b>	506	507	506	503	506	504	501	504	504	504
<b>6</b>	505	507	505	505	498	504	500	515	506	504	<b>6</b>	506	508	506	507	506	512	522	512	505	508
<b>7</b>	506	509	506	504	499	503	499	504	504	502	<b>7</b>	506	509	507	501	507	504	504	504	505	506
<b>8</b>	503	506	505	503	511	505	500	500	504	509	<b>8</b>	507	506	507	500	508	504	499	504	504	504
<b>9</b>	506	507	508	504	503	508	502	504	505	506	<b>9</b>	505	508	507	505	507	505	505	505	505	507
<b>10</b>	507	506	508	509	503	505	502	502	504	502	<b>10</b>	507	506	507	504	508	507	505	507	508	504
<b>11</b>	505	508	501	506	509	503	502	507	515	502	<b>11</b>	507	506	507	507	507	505	506	512	503	512
<b>12</b>	504	505	501	504	509	505	503	503	502	509	<b>12</b>	507	506	508	507	507	505	505	508	505	506
<b>13</b>	507	506	505	507	511	504	504	504	502	499	<b>13</b>	507	506	507	507	507	503	504	504	506	504
<b>14</b>	509	505	505	503	509	504	505	502	507	515	<b>14</b>	507	505	506	507	507	502	503	507	508	506
<b>15</b>	506	507	506	503	503	504	504	504	509	515	<b>15</b>	507	504	507	508	508	509	505	507	507	507
<b>16</b>	505	504	507	509	498	509	505	504	502	504	<b>16</b>	505	506	507	507	507	507	506	504	508	506
<b>17</b>	506	509	508	503	504	505	504	500	503	502	<b>17</b>	507	507	506	507	506	509	504	504	506	505
<b>18</b>	503	506	504	507	504	505	499	504	504	503	<b>18</b>	507	507	506	507	507	505	506	504	504	507
<b>19</b>	506	507	505	509	507	504	502	500	499	505	<b>19</b>	506	507	507	507	508	509	504	504	506	512
<b>20</b>	507	505	503	505	498	515	499	504	502	505	<b>20</b>	504	501	507	507	507	508	505	504	504	506

EM04	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	EM07	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
1	512	509	507	513	512	506	506	508	506	505	1	507	502	495	501	507	503	507	503	502	502
2	512	506	506	506	504	515	508	505	506	506	2	502	504	506	505	507	505	502	513	507	507
3	512	506	513	506	504	506	506	508	506	507	3	518	502	504	504	504	506	518	504	503	503
4	504	505	506	504	504	506	506	505	506	505	4	502	506	511	511	507	503	502	501	504	511
5	513	506	505	505	512	506	507	512	506	508	5	516	507	503	507	506	503	516	502	501	507
6	514	506	507	510	504	505	506	505	506	503	6	511	503	507	507	503	503	511	511	506	507
7	513	505	508	505	505	506	513	506	507	502	7	501	507	507	503	501	503	501	503	503	516
8	511	504	507	503	503	507	511	507	507	512	8	495	501	513	505	504	511	495	502	507	505
9	526	506	506	504	512	509	507	508	507	511	9	505	507	507	503	501	513	505	504	502	511
10	513	503	507	505	506	506	506	503	507	503	10	501	504	495	513	507	507	501	502	505	511
11	509	513	513	504	503	511	512	505	505	505	11	503	507	501	507	513	502	503	503	511	507
12	512	504	503	509	512	507	505	505	507	502	12	505	511	495	501	504	504	503	503	503	505
13	503	512	509	509	509	505	506	508	507	505	13	506	501	505	507	504	502	511	503	504	511
14	506	513	504	505	504	505	511	505	511	512	14	503	503	507	518	507	506	504	507	511	506
15	512	509	505	512	503	515	505	505	506	506	15	503	503	518	511	502	507	507	502	503	507
16	512	503	503	503	512	505	505	512	507	509	16	503	507	505	505	501	503	504	511	505	501
17	509	512	512	509	513	512	505	503	503	506	17	503	503	503	505	501	507	507	501	505	505
18	503	512	504	509	509	507	505	505	511	504	18	511	513	513	503	506	501	502	507	504	511
19	513	506	504	504	504	509	507	511	507	506	19	513	504	507	507	503	507	501	504	511	507
20	509	505	503	503	512	505	515	507	504	512	20	507	516	504	501	501	504	505	503	503	507