

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS GUARAPUAVA  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**BÁRBARA DACAL DE AZEVEDO**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS: ESTUDO DE  
CASO EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE BANDEJAS DE  
OVOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**GUARAPUAVA**

**2017**

**BÁRBARA DACAL DE AZEVEDO**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS: ESTUDO DE  
CASO EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE BANDEJAS DE  
OVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel, em  
Engenharia Mecânica, do Campus  
Guarapuava da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Profa. Ma. Franciele  
Bonatto.

**GUARAPUAVA**

**2017**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE BANDEJAS DE OVOS**

por

**BÁRBARA DACAL DE AZEVEDO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 04 de dezembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Ma. Franciele Bonatto  
Prof. Orientador

---

Me. Henrique Ajuz Holzmann  
Membro titular

---

Dra. Thalita Monteiro Obal  
Membro titular

## RESUMO

Com o aumento do grau de exigência do mercado consumidor e nível de competitividade nos últimos tempos, as empresas precisam procurar atingir um melhor desempenho global no que se refere à qualidade/custo, na busca constante por uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes e conseqüentemente, tornando seu produto e/ou serviço atraente aos olhos do consumidor. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi aplicar o controle estatístico de processos (CEP) em uma empresa de produção de bandejas de ovos que não faz uso de métodos e ferramentas para controle de qualidade. A aplicação do estudo ocorreu por meio de um estudo de caso em um processo de produção de bandejas de ovos de uma empresa localizada no interior do Paraná. Posteriormente, foram aplicados os gráficos de média e desvio-padrão (X-S) para as variáveis peso e espessura e o gráfico de número de não-conformes (Np) para o número de bandejas defeituosas por amostra, tornando possível a análise da estabilidade e capacidade do processo. Como resultado, verificou-se que tanto para a variável espessura e peso, o processo é estável, porém ao analisar a capacidade do processo, para a variável peso, o processo é considerado capaz, enquanto que para a variável espessura o processo é considerado incapaz, e ao analisar o gráfico de Np, o processo é considerado sob controle estatístico. Nesse sentido, foram utilizadas as ferramentas Ishikawa e 5W2H para investigação da incapacidade do processo para a variável espessura e proposta de ações de melhorias do processo produtivo da empresa.

**Palavras-chave:** Controle de qualidade. Estatística. Controle estatístico de processos. Variabilidade. Cartas de controle.

## ABSTRACT

With the increasing demand of the consumer market and the level of competitiveness in recent times, companies must seek to achieve a better overall performance in terms of quality/cost, in the constant search for a competitive advantage over competitors and, consequently, making your product and/or service attractive to the consumer. In this context, the objective of this work was to apply the statistical control of processes in an egg trays production company that does not use methods and tools for quality control. The application of the study was made through a case study in a process of production of egg trays of a company located in the interior of Paraná, Brazil. Subsequently, the average and standard deviation (X-S) graphs for the weight and thickness variables and the number of non-conforming graphs ( $N_p$ ) were applied to the number of defective trays per sample, making it possible to analyze stability and capacity the process. As a result, it was verified that for the variable thickness and weight, the process is stable, but when analyzing the process capacity, for the weight variable, the process is considered capable, whereas for the variable thickness, the process is considered incapable, and when analyzing the graph of  $N_p$ , the process is considered under statistical control. In this sense, the Ishikawa and 5W2H tools were used to investigate the inability of the process for the variable thickness and proposed actions to improve the productive process of the company.

**Keywords:** Quality Control. Statistic. Statistical Process Control. Variability. Control Charts.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de Ishikawa .....	15
Figura 2 - Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos .....	18
Figura 3 - Exemplo de Carta de Controle tipo X.....	19
Figura 4 - Composição geral das Cartas de Controle .....	20
Figura 5 - Esquema para escolha de gráfico de controle .....	22
Figura 6 - Resultados aleatórios em exemplos de gráficos de controle .....	25
Figura 7 - Processo instável.....	27
Figura 8 - Processo estável.....	27
Figura 9 - (a) Jornal como matéria-prima; (b) Hidrapulper .....	33
Figura 10 - (a) Tanque mestre; (b) Válvulas.....	34
Figura 11 - Máquina produtora de bandejas de ovos .....	35
Figura 12 - Bandejas saindo da estufa como produto final .....	35
Figura 13 - (a) Produto final coletado na empresa; (b) Lote com 100 unidades.....	38
Figura 14 - Registro de bandejas defeituosas.....	39
Figura 15 - Resultado diagrama Ishikawa .....	46
Gráfico 1 - Gráfico X (média) para espessura .....	40
Gráfico 2 - Gráfico S (desvio-padrão) para espessura .....	41
Gráfico 3 - Gráfico de X (média) para peso.....	43
Gráfico 4 - Gráfico de S (desvio-padrão) para peso.....	43
Gráfico 5 - Gráfico np para número de não-conformes .....	45
Quadro 1 - Interpretação da capacidade do processo. ....	29
Quadro 2 - Relações entre capacidade e controle do processo.....	30
Quadro 3 - Análise 5W2H .....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1	TEMA E JUSTIFICATIVA	8
1.2	OBJETIVOS	9
1.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS NA APLICAÇÃO DO CEP	9
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>11</b>
2.1	CONCEITO DE QUALIDADE	11
2.2	CONTROLE DE QUALIDADE TOTAL	12
2.2.1	Folha de Verificação	14
2.2.2	Diagramas de Causa e Efeito (Ishikawa)	14
2.2.3	A Ferramenta 5W2H	16
2.3	CONCEITO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS	17
2.3.1	Cartas de Controle	18
2.3.1.1	Gráficos de variáveis	21
2.3.1.2	Gráficos de atributos	22
2.3.1.3	Gráficos $\bar{X}$ e S	23
2.3.1.4	Gráfico de $Np$ para número de não-conformes	23
2.3.1.5	Interpretações para cartas de controle	24
2.3.2	Estabilidade do Processo	26
2.3.3	Capacidade do Processo	28
2.3.3.1	Caso dos atributos	28
2.3.3.2	Determinação dos limites naturais de tolerância de um processo utilizando variáveis	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>31</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	31
3.2	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	32
3.3	PROCESSO PRODUTIVO DE BANDEJAS DE OVOS	33
3.4	APLICAÇÃO DO CEP NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BANDEJAS DE OVOS	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>37</b>
4.1	CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DOS GRÁFICOS DE CONTROLE PARA ESPESSURA, PESO E UNIDADES DEFEITUOSAS	40

4.1.1	Espessura.....	40
4.1.2	Peso .....	42
4.1.3	Bandejas Não-Conforme .....	44
4.2	ISHIKAWA.....	46
4.3	5W2H .....	47
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
	<b>ANEXO A - TABELA DE CONSTANTES DOS GRÁFICOS DE CONTROLE .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO B - FOLHA DE VERIFICAÇÃO E TABELA DE DADOS PARA ESPESSURA .....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXO C - FOLHA DE VERIFICAÇÃO E TABELA DE DADOS PARA PESO .....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXO D - FOLHA DE VERIFICAÇÃO E TABELA DE DADOS PARA NÃO-CONFORMES.....</b>	<b>62</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Samohyl (2009), a aplicação de ferramentas da área de Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) geram níveis melhores de qualidade nos processos e produtos de uma empresa. Essas ferramentas podem ser gráficos de controle, planos de amostragem e planejamento de experimentos.

Ribeiro e Caten (2012, p. 5) dizem que de acordo com Taguchi, “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente às especificações, atingindo o valor alvo com a menor variabilidade possível em torno dele”.

Características da qualidade ou indicadores de desempenho são elementos de determinado produto, os quais descrevem sua adequação ao uso (RIBEIRO; CATEN, 2012).

Samohyl (2009) afirma que a variabilidade pode ser vista em dois aspectos. O primeiro é quando os valores medidos aparecem distantes do alvo da característica (viés), e o outro é quando o alvo é respeitado, porém o desvio padrão ou dispersão não é aceitável.

Melhor será a qualidade de um produto quanto menor for a variabilidade em suas características, porém em qualquer processo de produção haverá um certo nível desta característica (MONTGOMERY, 2009).

Quem primeiro definiu o conceito de controle estatístico de qualidade foi o físico Walter Andrew Shewhart. De acordo com Samohyl (2009), nessa época Shewhart começou a aplicar nas fábricas conceitos em Estatística e Metodologia Científica, o que fez dele pioneiro nessa área. Ele percebeu que “qualidade e variabilidade são conceitos antagônicos”, ou seja, quanto maior o número de algo produzido, menor sua qualidade. O físico entendeu que medir, analisar e monitorar a variabilidade é o campo do estudo estatístico e, aplicando isso nas fábricas os processos e produtos chegariam a um nível de qualidade muito superior. Então ele definiu que quanto menor o nível de variabilidade nas características dos processos e produtos, maior seria a exatidão em alcançar alvos e metas.

Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), dizem que Shewhart desenvolveu gráficos de controle para processos e definiu que nestes gráficos quando um

ponto se destaca é preciso iniciar uma investigação para encontrar as causas que afetam a qualidade dos produtos.

Sabe-se, de acordo com Lowry e Montgomery (1995), que os gráficos de Shewhart são ferramentas de monitoramento simples e, por isso, muito utilizadas naquela época, já que não é necessário a utilização de recursos computacionais. Porém nos dias atuais vem ocorrendo uma crescente busca por suporte computacional para que se possa atender a complexa demanda de monitoramento simultâneo das várias características de qualidade, as variáveis do processo.

O objetivo deste trabalho é aplicar o controle estatístico de processo em uma indústria de produção de bandejas de ovos. A indústria objeto do estudo de caso não utiliza métodos e ferramentas para analisar e controlar o nível de qualidade do processo produtivo e do produto da empresa. Diante disso, o presente estudo vem de encontro à oportunidade de proporcionar ao gerente da empresa, uma visão sobre o nível de qualidade do processo e produto da empresa.

## 1.1 TEMA E JUSTIFICATIVA

Lima et al. (2006) dizem que uma das metodologias mais utilizadas para auxiliar no controle da qualidade é o Controle Estatístico de Processo (CEP). Através da utilização de suas ferramentas é possível reduzir a quantidade de produtos fora de especificações e com isso os custos da produção. Lima et al. (2006, p.1) ainda compartilham da ideia de que:

O controle estatístico de processos incorpora também o conceito de boas práticas de fabricação, além de fornecer informações imprescindíveis para a validação de processos, uma vez que permitem a investigação detalhada de todos os pontos críticos de controle, diagnosticando as possíveis não conformidades em todas as etapas do processo, além de sinalizar as possíveis fontes desses desvios de qualidade possibilitando correções e interações com o processo.

Sabendo que a indústria objeto do estudo de caso não possui um controle de qualidade bem definido, surge a oportunidade da aplicação do CEP em sua produção já que, como Gomes (2010) enfatiza, a prática do CEP pode

sugerir que sejam geradas informações necessárias ao desenvolvimento de novos produtos; fornecer subsídios necessários às tomadas de decisões nos processos de compra e recepção de matérias-primas; assegurar ao setor de produção as informações requeridas para o efetivo controle dos processos de fabricação; inspecionar os produtos acabados e acompanhar o perfil da qualidade dos produtos concorrentes. Aplicando o CEP por todos os setores cooperativos é possível assegurar a conformidade e qualidade da produção e assim, pode-se atender às necessidades dos clientes internos e externos.

## 1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a aplicação do Controle Estatístico de Processos em uma indústria de produção de bandejas de ovos no interior do Paraná.

### 1.2.1 Objetivos Específicos:

- Determinar os principais aspectos produtivos que influenciam na ocorrência de alterações do processo, no que tange a produção de bandejas de ovos;
- Entender quais as características que compõem a qualidade das bandejas de ovos como produto final;
- Identificar os processos críticos na produção de bandejas de ovos na indústria;
- Aplicar o controle estatístico de processos na produção;
- Analisar os resultados obtidos;
- Sugerir melhorias para o processo de produção da indústria.

## 1.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS NA APLICAÇÃO DO CEP

A principal vantagem em aplicar o CEP está na melhoria da qualidade do produto final, gerando maior credibilidade para a empresa. Soares (2001) lista outras várias vantagens da aplicação dessa metodologia, são elas: aumento da produção sob condições ótimas de produção; redução do nível de produtos

defeituosos; redução do custo por unidade; redução de refugo ou retrabalho; melhor conhecimento do processo e onde introduzir melhorias; redução de inspeção em fim de linha de produção; eliminação de ajustes desnecessários; economia no uso de materiais; redução dos gargalos de produção; redução de atrasos de produção; conscientização a respeito da qualidade e motivação dos recursos humanos; entre outros.

Segundo Rosário (2004), outra vantagem é a de que o CEP possibilita um controle eficaz da qualidade, feito pelo próprio operador e em tempo real. Assim, aumenta-se o comprometimento dos operadores para gerar um produto final com mais qualidade, já que o processo está sendo controlado por ele. Com isso, diminuem-se as atividades de supervisão e os gerentes podem focar seus trabalhos para outras melhorias na produção.

Em relação às desvantagens, Rosário (2004) cita que geralmente são atribuídas aos custos para implantação do processo. As empresas apresentam certa resistência para aplicar a metodologia, pois acreditam que o custo x benefício não compensa e ainda pela dificuldade em se estimar a totalidade dos custos que serão gerados.

As vantagens da aplicação do CEP em indústrias de pequeno porte, estão no fato de que muitas vezes não possuem base de aplicação nessa área. Com isso, é possível aplicar uma metodologia nova para a empresa, com possibilidade de uma análise da produção através de um outro ponto de vista.

As desvantagens dessa aplicação estão na possível dificuldade para coleta de dados, seja por falta de treinamento de pessoal ou pelo fato de não possuir nenhum controle de qualidade e assim pode haver imprevistos na produção e obtenção dos lotes, objeto de estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir, serão apresentados os conceitos fundamentais para a implantação do CEP, assim como o seu detalhamento a fim de uma posterior aplicação.

### 2.1 CONCEITO DE QUALIDADE

De acordo com Mirshawka (1990), William Edwards Deming, juntamente com Joseph M. Juran, Walter A. Shewhart e outros estatísticos, pioneiros da qualidade, desenvolveram novos métodos de controle na indústria durante o período de guerra. Eles revolucionaram a forma como os sistemas envolvendo máquinas e pessoas devem ser gerenciados e no setor de armas conseguiram uma grande produção com alta qualidade, apenas utilizando mão de obra com pouca capacitação.

Mirshawka (1990), diz que Deming estabeleceu quatorze pontos que constituem suas ideias básicas de como eliminar as barreiras que impedem o aumento de qualidade e produtividade, são eles:

1. Criar consistência e continuidade de propósito;
2. Recusar os níveis vigentes de atrasos, material defeituoso e falhas de mão de obra;
3. Eliminar a necessidade de depender da inspeção em massa;
4. Reduzir o número de fornecedores. Comprar na evidência estatística e não no menor preço;
5. Pesquisar continuamente a solução dos problemas no sistema e buscar as formas de melhorá-lo sempre;
6. Instituir métodos modernos de treinamento, usando a Estatística;
7. Forçar a supervisão a auxiliar as pessoas a fazer cada vez melhor o seu serviço. Fornecer para tanto as ferramentas e as técnicas que permitam às pessoas ter orgulho do seu trabalho;
8. Eliminar o medo. Encorajar a comunicação nos dois sentidos;
9. Romper as barreiras entre os departamentos. Encorajar a solução dos problemas através do trabalho em equipe;

10. Eliminar o uso de metas numéricas, lemas, slogans e pôsteres para estimular a mão de obra a trabalhar melhor;
11. Utilizar métodos estatísticos para ter continuamente a melhoria da qualidade e da produtividade; eliminar todos os padrões que prescrevem cotas numéricas;
12. Remover todas as barreiras que impeçam todos os que trabalham de ter orgulho do que fazem;
13. Instituir um rigoroso programa de educação e treinamento para que todas as pessoas estejam atualizadas no que se refere ao desenvolvimento de novos materiais, métodos e tecnologias.
14. Definir claramente o comportamento da Alta Administração com a qualidade e a produtividade, ou seja, em realizar todos os treze pontos anteriores.

Juran e Gryna (1993), que trabalharam junto com Deming, definiram que qualidade é adequação ao uso e que ela deve ser melhorada item por item, assim é preciso diagnosticar todos os problemas e resolvê-los para garantir esse propósito.

Neste mesmo sentido, de acordo com Campos (1992), para se obter um produto ou serviço melhor, mais barato, de maior facilidade de manutenção e mais seguro é preciso de um método para redirecionar o processo e garantir o controle de qualidade. É preciso estabelecer padrões de qualidade.

## 2.2 CONTROLE DE QUALIDADE TOTAL

O Controle de Qualidade Total vem do inglês *Total Quality Management* (TQM) e segundo Rebelato e Oliveira (2006), foi um conceito bem recebido no Japão a partir da 2ª Guerra Mundial. Eles contribuíram com o aprimoramento do TQM, “mais notadamente nas áreas de redução da variabilidade, soluções de problemas, trabalho em equipe e identificação das expectativas do cliente” (REBELATO; OLIVEIRA, 2006, P. 107).

Rebelato e Oliveira (2006, p. 108), afirmam que “o TQM é uma abordagem para melhorar a competitividade, a eficácia e a flexibilidade da

organização”. É um conceito que visa a melhoria contínua das empresas e sua filosofia consiste em uma perspectiva da organização como um todo, ou seja, envolvendo todas as pessoas e todos os processos. As pessoas trabalham em equipes multifuncionais para atender externamente aos requisitos dos clientes e internamente ter um compromisso de gestão, treinamento e educação dos colaboradores e com isso gerando melhorias nos processos.

Em relação à definição de qualidade, para Oakland (1994), a qualidade além de ser a excelência de um produto ou serviço, ou ainda um produto que atenda às necessidades do cliente, está também diretamente conectada ao conceito de confiabilidade. Apesar de muitas vezes serem palavras utilizadas como sinônimos, a confiabilidade significa “a capacidade de um produto ou serviço *continuar* atendendo às exigências dos clientes” (OAKLAND, 1994, p.21). Essas exigências avaliam a qualidade de forma que, se uma organização prepara sua capacidade de atender continuamente a vontade do cliente, ela torna sua reputação como “excelente”.

Na definição de processo, de acordo com Mendonça (2001, p.16), trata-se de “um conjunto de atividades relacionadas entre si que, juntas, transformam um conjunto de entradas de um sistema em saídas”. Toda organização possui fluxos de produção que se repetem ciclicamente, ou seja, são processos na rotina de trabalho que se repetem diariamente. Desse modo, se faz necessário o gerenciamento desses processos para obter melhorias nos padrões montados na organização (MENDONÇA, 2001).

Carvalho e Paladini (2012), dizem que as ferramentas da gestão da qualidade exercem um papel essencial no êxito da aplicação prática dos princípios e definições que caracterizam esta área, pois tornam viáveis a sua estrutura conceitual e diretrizes básicas. Conceitualmente, essas ferramentas são simples mecanismos que selecionam, implementam ou avaliam alterações em um processo produtivo através de análises de partes do processo. Seu objetivo é de produzir qualidade, porém as ferramentas não melhoram um sistema por si só, elas orientam o usuário a conhecer como ocorrem as mudanças nas operações do processo.

Segundo Seleme e Stadler (2008, p.34), “a importância das ferramentas para a qualidade está em sua efetiva utilização no desenvolvimento das metodologias utilizadas para a identificação e a eliminação das falhas de

processo”. Os autores dizem que existem sete ferramentas básicas do controle da qualidade, são elas: a estratificação, as cartas de controle, as folhas de verificação, os gráficos de dispersão, os diagramas de causa-efeito, os diagramas de Pareto e os histogramas. A seguir, uma explicação mais detalhada sobre Folha de Verificação, Diagrama de Causa-Efeito (Ishikawa) e 5W2H.

### 2.2.1 Folha de Verificação

Para Carvalho e Paladini (2012), as folhas de verificação são ferramentas simples utilizadas para analisar o desenvolvimento de atividades ao longo de um processo. São utilizadas para registrar dados de atividades em andamento ou que estão sob análise. Esta ferramenta não possui um modelo geral, já que dependerá de cada aplicação, o que a torna bastante fácil de se aplicar pela sua flexibilidade. Segundo os autores, “são representações gráficas que avaliam atividades planejadas, em andamento ou em vias de ser executadas. Sua utilidade é tanto maior quanto mais organizados forem os dados que suportam”. Com isso é importante garantir a segurança e precisão no momento da coleta dos dados.

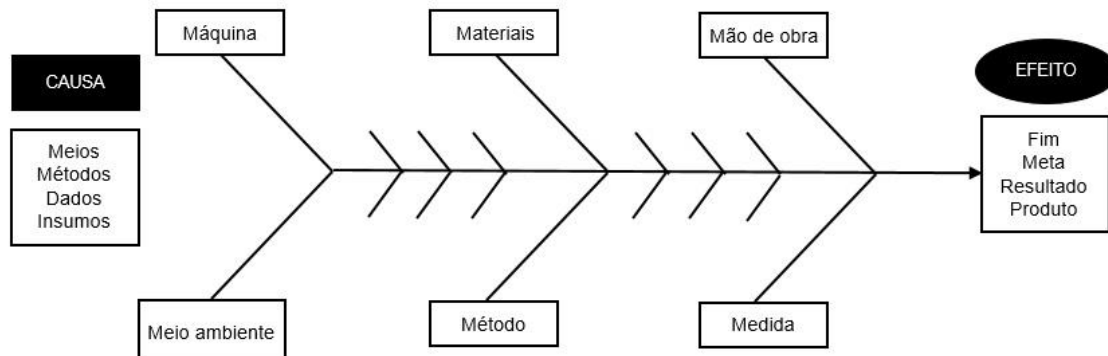
### 2.2.2 Diagramas de Causa e Efeito (Ishikawa)

Seleme e Stadler (2008), citam que Ishikawa, em 1953, consolidou estudos na forma de um diagrama de causa-efeito em uma fábrica. Trata-se de uma ferramenta que permite a representação gráfica de uma análise criteriosa que define as causas que estão levando a um acontecimento ou efeito. Esse diagrama mostra a relação entre uma característica da qualidade e seus diversos fatores determinantes.

Ainda de acordo com Seleme e Stadler (2008), existem dois métodos representativos para a construção desse diagrama, são eles o diagrama de causa-efeito para identificação de causas e o diagrama para levantamento sistemático das causas. No primeiro, parte-se de um problema existente e busca-se identificar as possíveis causas do seu aparecimento. Neste caso o processo deve ser muito bem reconhecido para ser efetivo. No segundo, estrutura-se o



problema a fim de uma possível resolução, ou seja, identifica-se sistematicamente as causas. Segundo os autores, “os dois diagramas são muito utilizados na avaliação da qualidade, uma vez que permitem a geração de melhorias e o conhecimento do processo, representando os fatores fundamentais da qualidade. A Figura 1 mostra um modelo geral do diagrama de causa-efeito.



**Figura 1 - Modelo de Ishikawa**  
**Fonte: Seleme e Stadler (2008)**

O diagrama baseia-se em 6Ms, que segundo Seleme e Stadler (2008), têm os seguintes significados:

- 1M (máquina): refere-se à operacionalização do equipamento e ao seu funcionamento adequado;
- 2M (materiais): análise das características dos materiais quanto ao seu padrão, sua uniformidade, etc.;
- 3M (mão de obra): caracteriza-se se a mão de obra é devidamente treinada, se tem as habilidades necessárias, e se está qualificada para o desempenho da tarefa;
- 4M (meio ambiente): avalia-se se situações de execução e/ou infraestrutura fixa podem ser a causa de um determinado efeito;
- 5M (método): considera-se a forma como serão desenvolvidas as ações;
- 6M (medida): traduz-se pelos instrumentos de medição utilizados e pela forma como os valores são representados (por distância, tempo, temperatura etc.).

### 2.2.3A Ferramenta 5W2H

De acordo com Lisbôa e Godoy (2012, p. 37), “A técnica 5W2H é uma ferramenta prática que permite, a qualquer momento, identificar dados e rotinas mais importantes de um projeto ou de uma unidade de produção”. Trata-se de uma ferramenta que permite identificar itens importantes de projetos dentro das organizações. Possibilita denominar as funções de cada um dentro da empresa.

Ainda segundo Lisbôa e Godoy (2012), é um método constituído de sete perguntas que ajudam a implementar soluções. As seguintes questões devem ser respondidas:

- O quê? Qual a atividade? Qual é o assunto? O que deve ser medido? Quais os resultados dessa atividade? Quais atividades são dependentes dela? Quais atividades são necessárias para o início da tarefa? Quais os insumos necessários?

- Quem? Quem conduz a operação? Qual a equipe responsável? Quem executará determinada atividade? Quem depende da execução da atividade? A atividade depende de quem para ser iniciada?

- Onde? Onde a operação será conduzida? Em que lugar? Onde a atividade será executada? Onde serão feitas as reuniões presenciais da equipe?

- Por quê? Por que a operação é necessária? Ela pode ser omitida? Por que a atividade é necessária? Por que a atividade não pode fundir-se com outra atividade? Por que A, B e C foram escolhidos para executar esta atividade?

- Quando? Quando será feito? Quando será o início da atividade? Quando será o término? Quando serão as reuniões presenciais?

- Como? Como conduzir a operação? De que maneira? Como a atividade será executada? Como acompanhar o desenvolvimento dessa atividade? Como A, B e C vão interagir para executar esta atividade?

- Quanto custa realizar a mudança? Quanto custa a operação atual? Qual é a relação custo / benefício? Quanto tempo está previsto para a atividade?

### 2.3 CONCEITO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

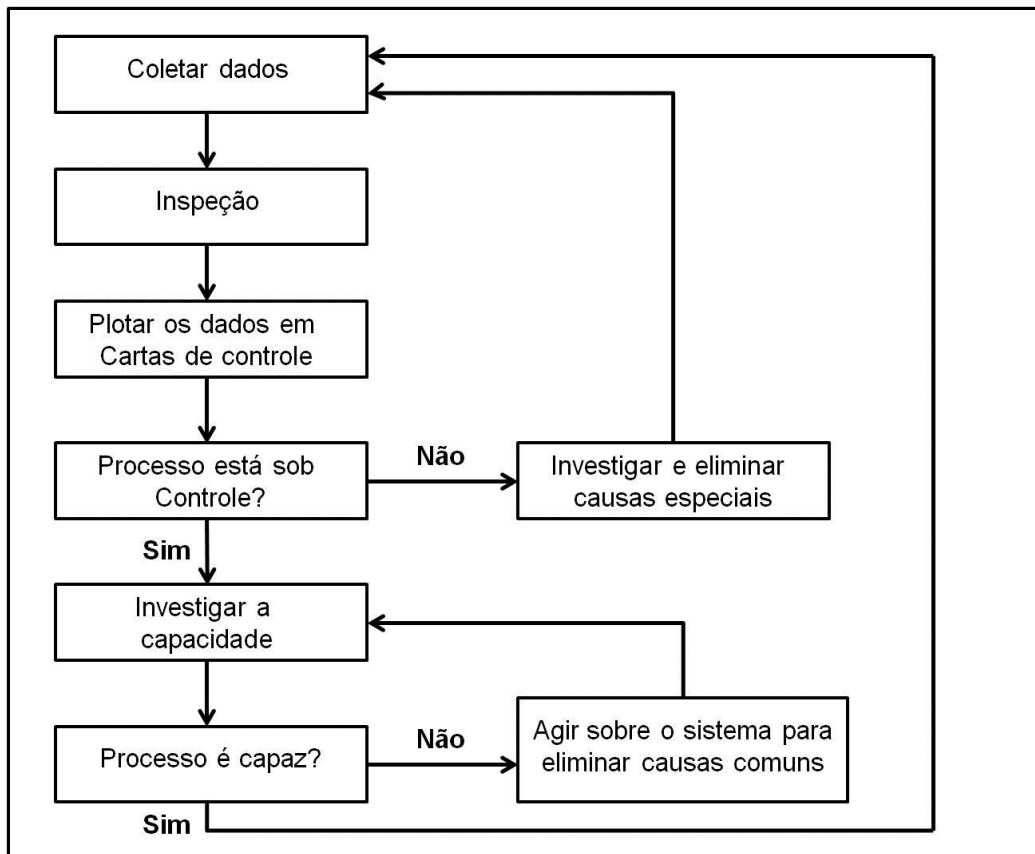
A base para o controle estatístico de processos, como o próprio nome diz, está na Estatística. A Estatística surgiu para auxiliar indústrias na melhoria da qualidade de seus produtos (PIRES, 2000).

O princípio de funcionamento do CEP se dá através de cartas de controle, que de acordo com Pires (2000) são ferramentas que previnem e bloqueiam reincidências das chamadas causas especiais, as quais tratam-se de problemas detectados na identificação do comportamento do processo ao longo do tempo.

Pires (2000), enfatiza que a utilização das cartas de controle fornece um diagnóstico da situação atual dos processos; evita ajustes desnecessários no processo; previne a incidência de defeitos e proporciona aumentos de produtividade. Elas têm por objetivo analisar a estabilidade do processo e identificar variações no processo, ou seja, as causas especiais. Fazem isso monitorando as variáveis, que são características de qualidade expressa em valores contínuos, e também monitorando atributos, que são características de qualidade expressas como presença ou ausência do atributo e assim, determinam o desempenho do processo.

O sucesso na implantação do CEP depende do grau de entendimento e compreensão da empresa acerca das cartas de controle por ela utilizadas. Cartas de controle auxiliam na identificação de ações a serem tomadas nos processos sendo monitorados e fornecem informações que podem ser utilizadas para reduzir em um curto período de tempo os defeitos (PIRES, 2000).

A Figura 2 mostra os primeiros passos a serem tomados em uma empresa quando se decide aplicar o CEP.



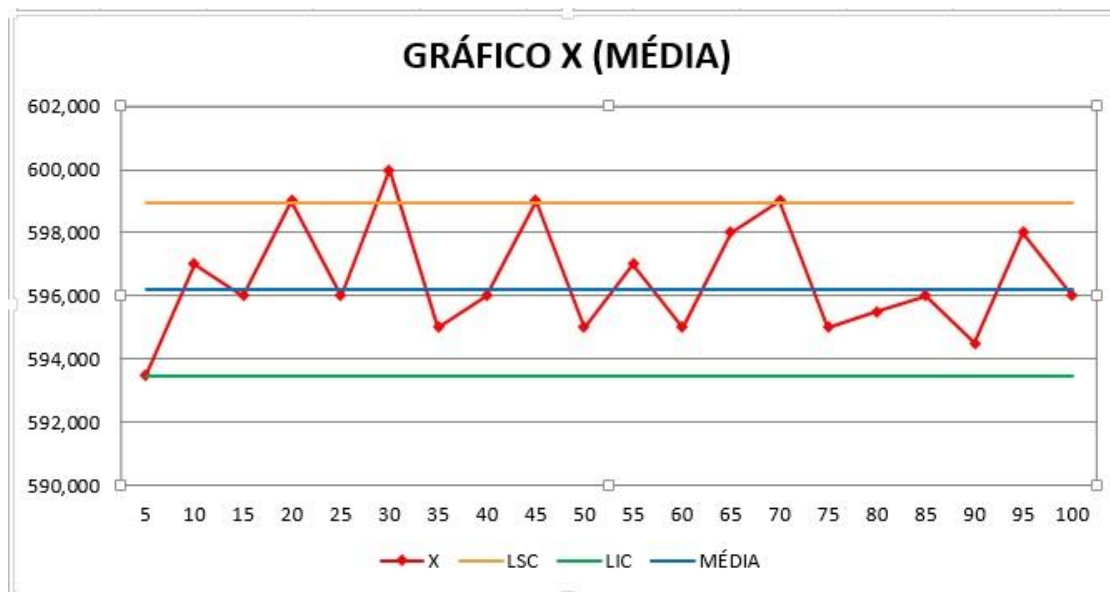
**Figura 2 - Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos**  
 Fonte: Ribeiro e Caten (1988)

### 2.3.1 Cartas de Controle

As cartas de controle são as principais ferramentas utilizadas pelo CEP. Elas nada mais são que gráficos, os quais são plotados através da coleta de dados do objeto de estudos em um período de tempo tendo como objetivo, segundo Marcondes Filho e Fogliato (2001), avaliar o comportamento dinâmico da variável a partir das medições efetuadas.

Essas cartas são ferramentas estatísticas que fornecem informações sobre o processo estudado. As informações são dadas através de grupos de amostras que são coletadas periodicamente. Os grupos são a imagem do que o processo está produzindo em um determinado momento (ROSÁRIO, 2004).

A Figura 3 mostra um exemplo generalizado de cartas de controle.



**Figura 3 - Exemplo de Carta de Controle tipo X**  
**Fonte: Rosário (2004)**

Os gráficos das cartas de controle são plotados em coordenadas cartesianas, onde no eixo das ordenadas constam medidas de uma determinada característica do produto, enquanto no eixo das abcissas encontram-se os subgrupos (SILVA, 1999).

De acordo com Rosário (2004), as tradicionais linhas das cartas de controle de Shewhart são da seguinte maneira:

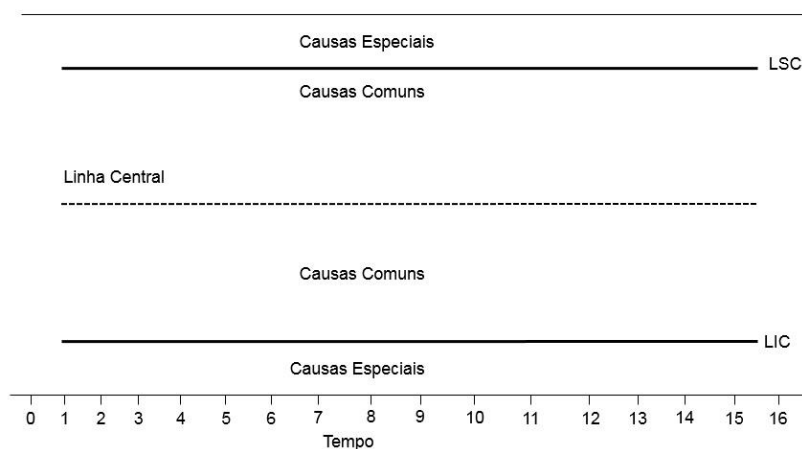
Existem três linhas paralelas ao eixo da abscissa identificadas como uma linha central (LC), relacionada a um valor médio e duas linhas chamadas de limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC), aceitáveis como limites para definir o intervalo de mudanças devido às causas comuns e fixado para contemplar uma variação de mais ou menos três desvios padrões (ROSÁRIO, 2004, p.31)

Segundo Falcão (2001), é preciso fazer um planejamento inicial para determinar a frequência da coleta de amostras para a montagem da carta de controle e posterior análise.

De acordo com Spiegel e Stephens (2009), todo processo possui variações e elas podem ser comuns ou especiais. As causas comuns são aquelas que advêm de variações naturais que existem em máquinas, materiais e pessoas. Já as causas especiais, ou causas associadas, advêm de desgastes excessivos de ferramentas, novos operadores, mudanças de materiais, novo alimentador, entre outros. Spiegel e Stephens (2009) ainda afirmam que uma

das finalidades dos gráficos de controle é localizar e, se possível, eliminar as causas especiais de variação.

A Figura 4 mostra uma composição geral das cartas de controle:



**Figura 4 - Composição geral das Cartas de Controle**  
**Fonte: Spiegel e Stephens (2009)**

Antes de se começar a desenvolver as cartas de controle é preciso definir quais características de interesse serão analisadas. Essas características podem ser de natureza qualitativa ou quantitativa e são diferenciadas em variáveis ou atributos (GOES, 2003).

As variáveis são todas as características de uma população que podem ser medidas, enquanto os atributos diferem das variáveis, pois são todas as características de uma população que não podem ser medidas. No caso dos atributos, os indivíduos ou objetos são colocados em categorias ou tipos e conta-se a frequência com que ocorrem. Por exemplo: masculino e feminino, estado civil, tipo de moradia, religião. As variáveis consistem no conjunto de resultados possíveis de um fenômeno, observação ou característica. Por exemplo: Número possível do sexo masculino e feminino, número de filhos de um grupo de casais, pesos de pessoas adultas (GOES, 2003).

De forma sucinta podemos definir que dados como tempo, peso, volume, comprimento, queda de pressão, concentração, etc., são considerados contínuos e são chamados de dados de variáveis. E quando conta-se números de itens defeituosos em uma amostra ou números de defeitos associados com um tipo particular de item, os dados são denominados de atributos. Spiegel e Stephens (2009), consideram que as variáveis são de maior nível que os atributos. As cartas de controle são divididas entre variáveis e atributos.

### 2.3.1.1 Gráficos de variáveis

De acordo com Ribeiro e Caten (2012) e Toledo e Alliprandini (2004), os gráficos de controle por variáveis podem ser:

- $\bar{X}$  e R (gráficos da média e da amplitude): Costumam ser os mais utilizados e devem ser usados simultaneamente, pois se complementam. O gráfico  $\bar{X}$  controla a variabilidade no nível médio do processo e suas mudanças. É importante analisar a dispersão do processo que gera variabilidade e isso pode ser detectado pelo gráfico R das amplitudes.

- $\tilde{X}$  e R (gráficos da mediana e da amplitude): Tratam-se de gráficos de fácil aplicação e com isso podem ser usados em amostras pequenas ( $n \leq 5$ ). Para amostras grandes ( $n > 5$ ) mostram-se ineficazes, pois podem apresentar erros de cálculo das medianas amostrais.

- X e R (gráficos de valores individuais e da amplitude): Esses gráficos são mais usuais quando se quer controlar um processo através de leituras individuais e não por amostras.

- $\bar{X}$  e S (gráficos da média e do desvio-padrão): Em alguns casos, o monitoramento do desvio-padrão (S) pode ser mais conveniente que o monitoramento da amplitude. Trata-se de um indicador mais eficiente da variabilidade, principalmente para amostras grandes ( $n \geq 10$ ). Recomenda-se o uso desses gráficos quando:

- Os dados possam ser coletados por computador e a rotina de cálculos for de fácil implementação.
- Os processos forem mais refinados e controlados por especialistas.
- As amostras forem grandes (subgrupos de tamanho  $n \geq 10$ ).

- Gráficos de Pré-Controle: São baseados nos limites de especificação do produto e limites naturais de variação do processo. Esse tipo de gráfico é utilizado quando deseja-se detectar, de forma rápida, mudanças significativas no processo. Trata-se de um sistema rápido, econômico e que pode ser utilizado pelo próprio operador. Porém a sua aplicação exige que o processo atenda a alguns requisitos, tais como elevada capacidade do processo.

### 2.3.1.2 Gráficos de atributos

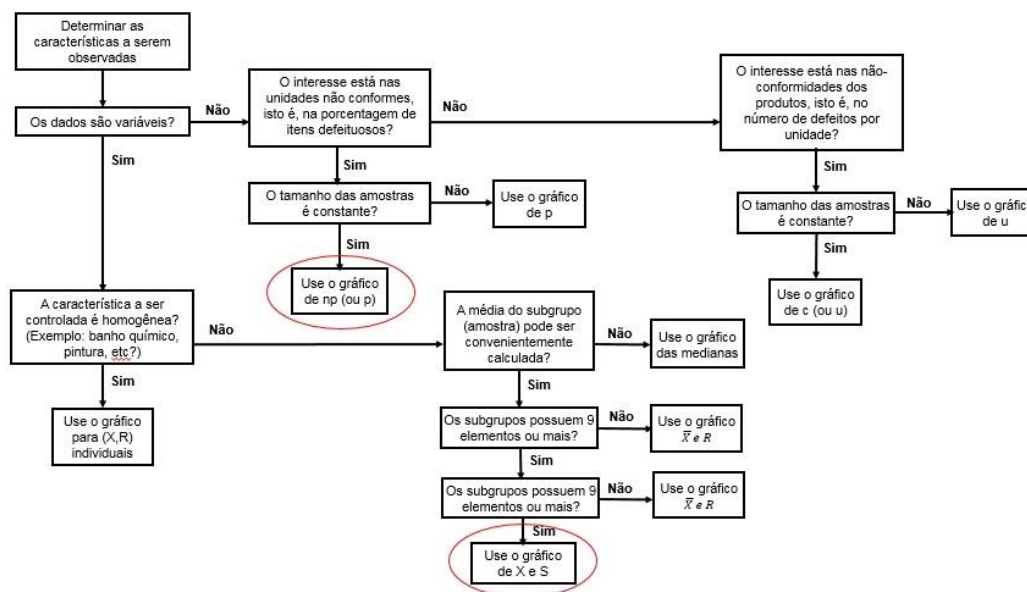
Segundo Toledo e Alliprandini (2004), os gráficos de atributo são utilizados nas seguintes situações:

- Quando o número de características a controlar em cada produto é muito grande;
- Em lugar de mensurações, convém empregar calibradores do tipo passa não- passa;
- O custo de mensuração é elevado em relação ao custo da peça;
- A verificação da qualidade pode ser feita por simples inspeção visual.

Os principais tipos de gráficos de atributo são:

- Gráficos de  $p$ : para o controle da proporção de unidades defeituosas em cada amostra;
- Gráficos de  $np$ : para o controle do número de unidades defeituosas por amostra;
- Gráficos de  $c$ : para o controle do número de defeitos por amostra;
- Gráficos de  $u$ : para o controle do número de defeitos por unidade de produto (TOLEDO E ALLIPRANDINI, 2004).

O esquema demonstrado na Figura 6, trata-se de uma base para auxiliar na escolha dos gráficos.



**Figura 5 - Esquema para escolha de gráfico de controle**  
 Fonte: Toledo e Alliprandini (2004)



### 2.3.1.3 Gráficos $\bar{X}$ e S

Segundo Falcão (2001), para avaliar a capacidade de um processo aplica-se o método do  $6\sigma$ , onde calculam-se os limites naturais considerando a extensão de seis desvios-padrão ( $6\sigma$ ) em torno da média e assim, o processo apresenta distribuição normal de probabilidades.

De acordo com Ribeiro e Caten (2012), a fórmula para o cálculo do desvio-padrão é:

$$S = \sqrt{\sum (xi - \bar{x})^2 / (n - 1)} = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2 - nx^{-2} / (n - 1)} \quad (1)$$

Os limites de controle da média são calculados usando:

$$LCS = \bar{x} + A_3\bar{S} \quad (2)$$

$$LCI = \bar{x} - A_3\bar{S} \quad (3)$$

Onde  $A_3$  é uma constante que depende do tamanho da amostra, cujos valores são apresentados no Anexo A.

E os limites de controle do desvio-padrão são calculados usando:

$$LCS = B_4\bar{S} \quad (4)$$

$$LCI = B_3\bar{S} \quad (5)$$

Onde  $B_4$  e  $B_3$  são constantes que dependem do tamanho da amostra, cujos valores são apresentados no Anexo A.

### 2.3.1.4 Gráfico de $Np$ para número de não-conformes

A carta  $Np$  mede o número de produtos defeituosos ou produtos não-conformes em uma amostra (RIBEIRO; CATEN, 2012).

Para cada subgrupo, anota-se os valores:

$n$  = número de itens inspecionados.

$d$  = número de itens defeituosos (não-conformes).

Calcula-se então:

$$p = d / n \quad (6)$$

O número médio de não-conformes:

$$n\bar{p} = (d_1 + d_2 + \dots + d_k) / k \quad (7)$$

E o desvio-padrão:

$$\sigma_{np} = \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} \quad (8)$$

Onde  $d_i$  é o número de não-conformes no subgrupo  $i$ ,  $n_i$  é o tamanho da amostra do subgrupo  $i$  e  $k$  é o número de subgrupos.

Os limites de controle são calculados da seguinte forma:

$$LCS = n\bar{p} + 3\sigma_{np} \quad (9)$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sigma_{np} \quad (10)$$

### 2.3.1.5 Interpretações para cartas de controle

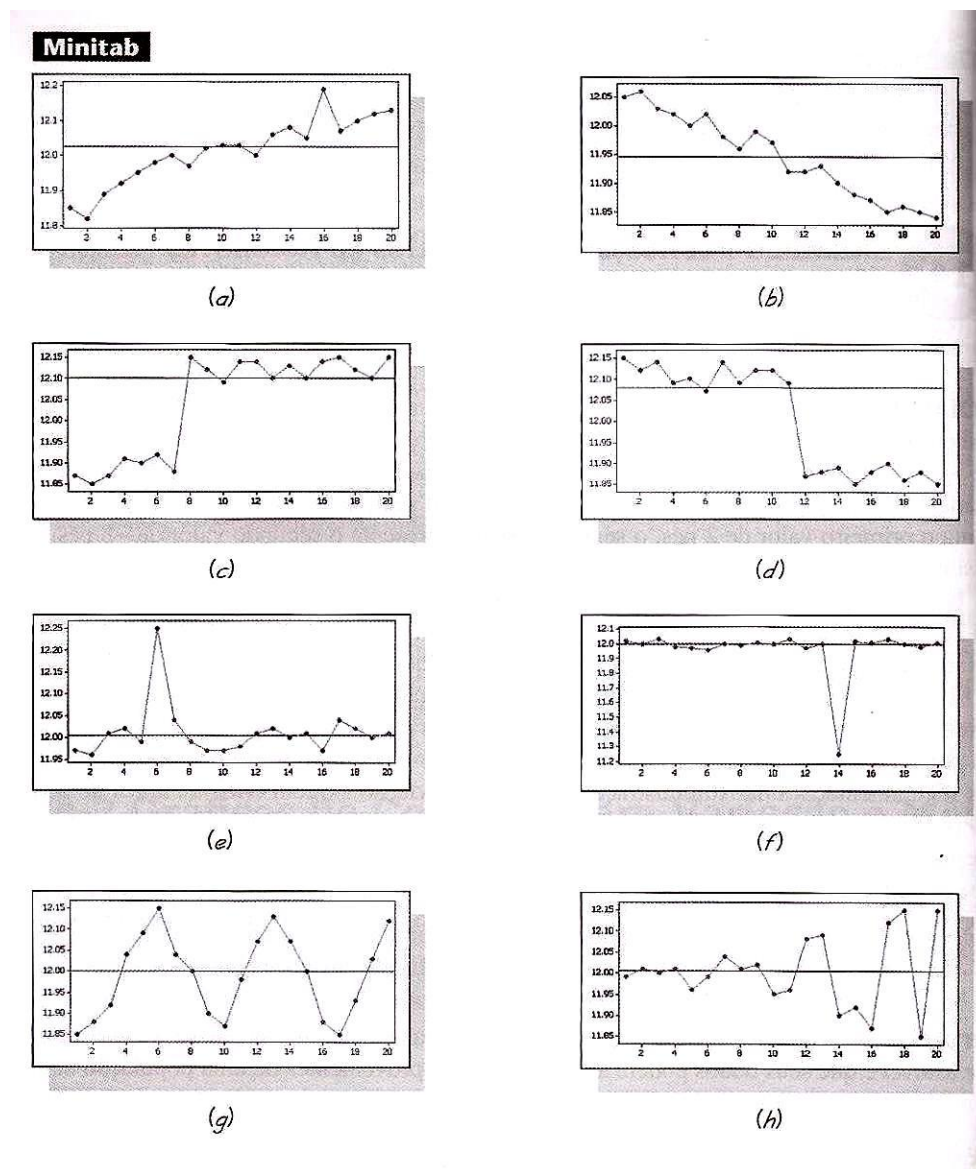
Para a interpretação dos gráficos, é preciso analisar dois itens. Primeiramente é verificado se o processo está sob controle estatístico, baseado no comportamento atual do processo. O segundo item a ser analisado é se os bens ou serviços do processo correspondem às especificações do planejamento (TRIOLA, 2008).

Segundo Triola (2008), existem três critérios para se determinar quando um processo não é estatisticamente estável (fora do controle estatístico), são eles:

- Existe um padrão, uma tendência, ou um ciclo que não é aleatório.
- Existe um ou mais pontos fora dos limites de controle
- Regra da sequência de 8: Há oito pontos consecutivos, todos acima ou todos abaixo da linha central.

Triola (2008) enfatiza que em um processo estatisticamente estável, existe uma probabilidade de 0,5 de um ponto ficar acima ou abaixo da linha central, de modo que é muito improvável que oito pontos consecutivos estejam todos acima ou todos abaixo dela.

Com isso, Triola (2008) ainda faz uma análise sobre resultados aleatórios em exemplos de gráficos de controle, como os apresentados na Figura 6.



**Figura 6 - Resultados aleatórios em exemplos de gráficos de controle**  
**Fonte: Triola (2008)**

De acordo com Oliveira et al. (2013), se for encontrado algum ponto fora dos limites de controle ou qualquer outro padrão não aleatório, significa que no processo podem estar presentes causas especiais de variação.

Encontrar pontos que não estão dentro dos limites são casos raros, então, “presume-se que uma causa especial ocorreu devido à existência destes valores extremos” Oliveira et al. (2013, p.18). Sendo assim, devem-se identificar e corrigir estas causas e em seguida calcular novos limites. É preciso repetir esse processo até que nenhum padrão de não conformidade seja encontrado, neste momento, considera-se que o processo atingiu o estado de controle. (OLIVEIRA ET AL. 2013).

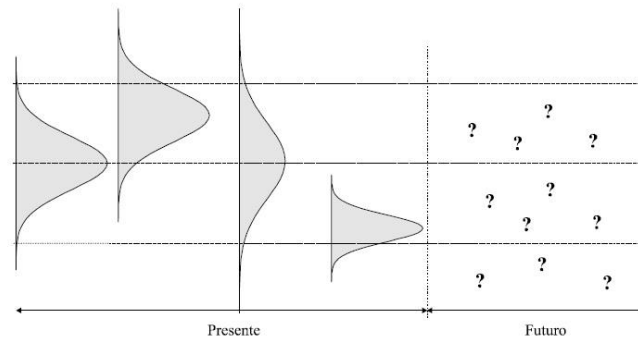
Percebe-se, através da Figura 6, que os gráficos irão demonstrar os mais variados resultados e por isso é preciso fazer uma análise minuciosa dos resultados para poder fazer uma correta interpretação e posteriormente sugerir correções adequadas (TRIOLA, 2008).

Conforme Leite (2010), a verificação do controle estatístico do processo pode ser feita de acordo com vários testes que detectam pontos fora de controle, sendo eles:

- Teste 1: verifica se o ponto está localizado acima do LSC ou abaixo do LIC;
- Teste 2: analisa a presença de nove pontos consecutivos localizados acima ou abaixo da LC;
- Teste 3: testa se existem seis ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes;
- Teste 4: verifica a existência de quatorze pontos alternados em uma linha;
- Teste 5: Dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Teste 6: testa se existem quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Teste 7: quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio-padrão da linha central;
- Teste 8: verifica se existem oito pontos consecutivos acima ou abaixo, em qualquer lateral, a mais de um desvio-padrão da linha central.

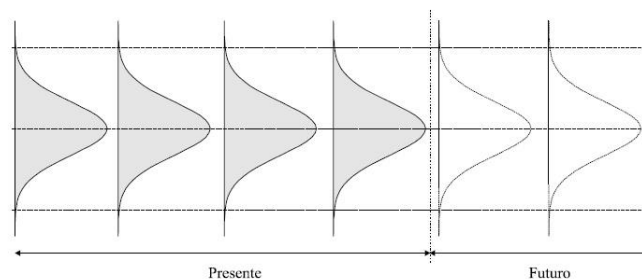
### 2.3.2 Estabilidade do Processo

De acordo com Falcão (2001), se um processo apresenta apenas causas comuns de variação, ele será estável ao longo do tempo, ou seja, está sob controle estatístico. Se apresenta causas especiais de variabilidade ele não será estável ao longo do tempo. A estabilidade é um fator muito importante na análise de um processo. Se um processo é instável, conseqüentemente é imprevisível e isso torna difícil a análise da sua capacidade de gerar produtos dentro do padrão esperado. A Figura 7 mostra uma perspectiva de um processo instável.



**Figura 7 - Processo instável**  
**Fonte: Falcão (2001)**

Falcão (2001) diz que quando um processo não apresenta causas especiais, a probabilidade de aparecerem amostras fora dos limites é pequena e com isso os parâmetros do processo (média e amplitude) permanecem os mesmos. Quando aparecem amostras fora dos limites de controle significa que há mudança no processo que podem ter causas especiais. A Figura 8 mostra uma perspectiva de um processo estável.



**Figura 8 - Processo estável**  
**Fonte: Falcão (2001)**

É importante que as causas especiais sejam identificadas e solucionadas. Na maioria das vezes são fáceis de serem identificadas e podem ser feitas pelo próprio operador da máquina ou qualquer funcionário da empresa. Solucionando a causa é necessário definir novos parâmetros de limites de controle para estreitar a análise posterior. Quanto menor o número de causas especiais mais estável é o processo e com isso mais bem definido e previsível ao longo do tempo. Desta forma, é possível assumir compromisso com a exigência do cliente (FALCÃO, 2001).

### 2.3.3 Capacidade do Processo

Um produto de qualidade somente poderá ser obtido quando os processos de fabricação forem capazes de satisfazer de forma consistente os objetivos especificados. Quando os processos não satisfazem a essas exigências, o produto tem seu custo aumentado na forma de perdas e retrabalhos. Uma vez considerado estável o processo, sua capacidade pode ser avaliada (TOLEDO; ALLIPRANDINI, 2004).

Falcão (2001, p. 53), afirma que: “Somente após a eliminação das causas especiais, é possível avaliar se um processo é capaz de atender às especificações de uma determinada característica de qualidade”.

#### 2.3.3.1 Caso dos atributos

Neste caso o estudo da capacidade de processo consiste na comparação do valor considerado aceitável (especificação) para o atributo em estudo com a média calculada para o atributo no processo que está sendo analisado. Por exemplo, no caso dos gráficos de controle da fração defeituosa (p), o valor da média corresponde à média da percentagem de itens defeituosos. Essa porcentagem média do processo seria comparada com o valor de p especificado para o produto/lote (TOLEDO; ALLIPRANDINI, 2004).

#### 2.3.3.2 Determinação dos limites naturais de tolerância de um processo utilizando variáveis

Toledo e Alliprandini (2004) definem que, o desvio padrão natural de um processo é a unidade de referência para a determinação do que pode ser chamada de tolerância natural de um processo ou os limites naturais de tolerância de um processo. O cálculo dessa tolerância consiste na determinação do desvio padrão natural a partir das amplitudes das amostras que vem sendo coletadas na produção.

Desvio-padrão:

$$\bar{\sigma} = \bar{R}/d_2 \quad (11)$$

Onde,  $\bar{R}$  é a média das amplitudes amostrais e  $d_2$  é um fator de correção que depende exclusivamente do tamanho ( $n$ ) das amostras e encontra-se no Anexo A. A variabilidade natural ou o limite natural de tolerância do processo será o equivalente a  $6\sigma$  (TOLEDO; ALLIPRANDINI, 2004).

Para o cálculo da capacidade do processo são analisados dois índices  $C_p$  e  $C_{pk}$ .

$$C_p = T_e / 6\bar{\sigma} \quad (12)$$

Onde,  $T_e$  é definido como a tolerância de especificação dada pelo fabricante e  $\bar{\sigma}$  é a média dos desvios-padrão.

De acordo com Toledo e Alliprandini (2004), um processo será considerado capaz quando o  $C_p$  for maior que 1, ou seja, quando a variabilidade natural do processo ( $6\sigma$ ) for menor que a tolerância admissível da especificação. Como é utilizado o  $\sigma_R$  (desvio padrão calculado a partir das amplitudes), alguns autores consideram a necessidade de que o  $C_p$  seja maior que 1,33. O Quadro 1 apresenta uma orientação para interpretação da capacidade do processo.

Cp ou Cpk	Nível	Conceito/Interpretação
Maior que 1,33	A	CAPAZ – Confiável, os operadores do processo exercem completo controle sobre o mesmo, pode-se utilizar o pré-controle.
Entre 1 e 1,33	B	RELATIVAMENTE CAPAZ – Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade deve monitorar e fornecer informações para evitar a deterioração do processo.
Entre 0,75 e 0,99	C	INCAPAZ – Pouco confiável, requer controle contínuo das operações, pela fabricação e pelo controle da qualidade, visando evitar descontroles e perdas devido a refugos, retrabalhos, paralisações, etc.
Menor que 0,75	D	TOTALMENTE INCAPAZ – O processo não tem condições de atender às especificações ou padrões, por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

**Quadro 1 - Interpretação da capacidade do processo.**

**Fonte: Toledo e Alliprandini (2004)**

Se um processo não é capaz de atender as especificações pode ser porque a média não está sendo estimada da forma correta ou a variação do processo é muito grande e ultrapassa os limites naturais do processo (FALCÃO, 2001).

Para análise da capacidade do processo também é importante verificar a centralização do resultado do processo em relação aos limites de especificação. Por isso, deve-se utilizar o índice de capacidade  $C_{pk}$ . Este índice considera a diferença que possa existir entre a média do processo e o valor nominal (ou valor central da especificação), ou seja, a descentralização do processo (TOLEDO; ALLIPRANDINI, 2004).

$$C_{pk} = \min \left| \frac{LCS - \bar{X}}{3\bar{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LCI}{3\bar{\sigma}} \right| \quad (13)$$

A interpretação do resultado também segue o Quadro 1.

Toledo e Alliprandini (2004) dizem que na análise do processo pode-se constatar quatro situações possíveis. Cada situação exigirá ou possibilitará um controle da qualidade específico. O Quadro 2 mostra as relações entre capacidade e controle do processo.

	<b>Controle</b>	
<b>Capacidade</b>	SOB CONTROLE/ESTÁVEL (CAUSAS COMUNS)	FORA DE CONTROLE/INSTÁVEL (CAUSAS COMUNS E ESPECIAIS)
<b>Capaz</b>	Caso A – Situação desejável. Autocontrole, Pré-Controle.	Caso C – O processo parece ok quanto a atender às especificações, mas é preciso melhorar seu controle. A qualquer momento pode sair de controle. O estudo de capacidade exigiu que o processo estivesse estável.
<b>Incapaz</b>	Caso B – Processo estável, mas não tem capacidade de produzir no padrão de qualidade requerido.	Caso D – Pior situação possível, causadora de problemas e perdas. É necessário eliminar causas especiais, preparar melhor o processo e refazer a análise. Exige inspeção completa.

**Quadro 2 - Relações entre capacidade e controle do processo**  
Fonte: Toledo e Alliprandini (2004)

Falcão (2001) diz que o índice  $C_p$  é uma medida que considera a dispersão de um processo e o índice  $C_{pk}$  avalia a capacidade efetiva de um processo. Um processo ser considerado capaz significa que ele apresenta apenas causas comuns de variação e com isso está apto a atender as necessidades dos clientes.



### 3 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados a classificação da pesquisa, a descrição da empresa, o processo produtivo de bandejas de ovos e a metodologia que será seguida para aplicação do controle estatístico de processos no processo de produção de bandejas de ovos.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Para Moresi (2003, p. 8), “Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos”. Quando não se consegue obter informações para solucionar um problema, a pesquisa é realizada.

De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa pode ser classificada do ponto de vista da sua natureza: pesquisa básica ou pesquisa aplicada e também do ponto de vista da forma de abordagem do problema: pesquisa Quantitativa ou Qualitativa.

Silva e Menezes (2005), definem que a pesquisa básica não apresenta uma aplicação prática prevista, mas tem como objetivo gerar novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência. Já a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática para, assim, solucionar problemas específicos.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, Silva e Menezes (2005) definem que pesquisa quantitativa coloca em números informações para análise e classificação. Este tipo de pesquisa utiliza-se de técnicas estatísticas como percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outras. Já a pesquisa qualitativa utiliza-se da interpretação de fenômenos e atribuição de significados. Não usa métodos e técnicas estatísticas, mas sim o ambiente natural para coleta de dados. “Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem” (SILVA; MENEZES, 2005, p. 20).

Para Gil (1991), do ponto de vista de seus objetivos a pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa.

Gil (1991), define que a pesquisa exploratória envolve levantamento bibliográfico, entrevistas, análises de exemplos. Tem o objetivo de criar familiaridade com o problema tornando-o explícito ou com a construção de hipóteses. São as pesquisas bibliográficas e estudos de caso. A pesquisa descritiva utiliza-se de técnicas padronizadas para coleta de dados, através de observação sistemática e questionário. Tem por objetivo descrever as características de uma população, acontecimento e relações entre variáveis. Já a pesquisa explicativa explica o “porquê” dos acontecimentos. Busca identificar o que é determinante para sua ocorrência. Requer uso experimental para ciências naturais e método observacional nas ciências sociais. Geralmente são pesquisas experimentais ou Expost-facto.

Esta pesquisa se encaixa, do ponto de vista de sua natureza, como pesquisa aplicada, pois existe uma aplicação em uma empresa. Do ponto de vista da forma de abordagem, como pesquisa quantitativa, pois existe uma coleta de dados para análise e classificação. E do ponto de vista de seus objetivos, como descritiva, pois visa descrever as características de uma produção em uma empresa e a relação entre suas variáveis.

### 3.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

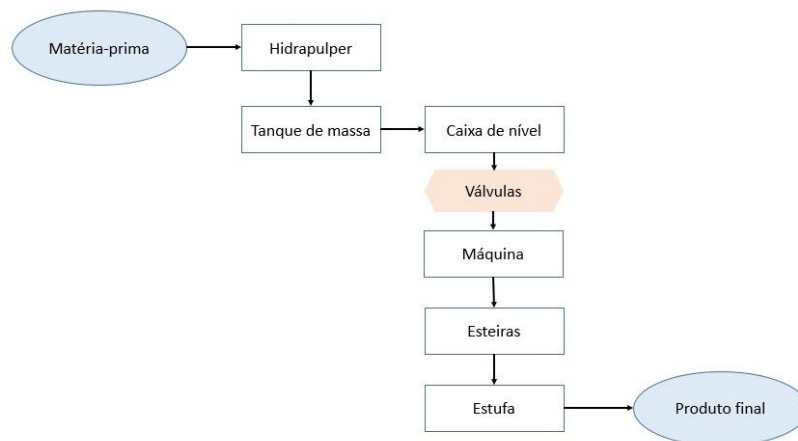
O trabalho apresentado foi aplicado em uma indústria de produção de bandejas de ovos através da coleta de dados da produção e posterior aplicação do CEP.

Situada em Cruzeiro do Sul, no interior do Paraná, a ESSENCIAL BANDEJAS foi fundada em novembro de 1999 por Kelsner Baroni. Vendo que seu pai, Valdir Baroni, granjeiro na região, estava enfrentando dificuldade na demanda por bandejas de ovos, Kelsner decidiu fundar a empresa para, inicialmente, ajudar Valdir nos negócios familiares. Começou com uma máquina com capacidade para 800 bandejas por hora e atualmente conta com cinco máquinas de capacidade para 1800 bandejas por hora e duas com capacidade

para 800. A empresa trabalha atualmente 24 horas por dia o ano todo, com paradas programadas para manutenção.

### 3.3 PROCESSO PRODUTIVO DE BANDEJAS DE OVOS

O Fluxograma 1 a seguir, mostra de forma simplificada como se dá a produção de bandejas de ovos.



**Fluxograma 1 - Processos de produção de bandejas de ovos**  
**Fonte: Autoria própria**

A matéria-prima base para a produção de bandejas de ovos são aparas de papéis. Para uma melhor qualidade da bandeja é preferível o uso de jornal reciclado. Esta matéria prima é colocada em um tanque hidrapulper, que é como um liquidificador grande com peneiras para retenção de impurezas. A Figura 9 ilustra esse processo.



(a)



(b)

**Figura 9 - (a) Jornal como matéria-prima; (b) Hidrapulper**  
**Fonte: Autoria própria**

Após passar por ele, segue para um tanque mestre com agitador para que não haja decantação do produto. Este tanque mantém a massa preparada para ir para a produção, porém sua consistência ainda não é a ideal e com isso a massa é bombeada para uma caixa de nível.

A caixa de nível fica situada numa altura acima da máquina para que a mistura possa se encaminhar para a máquina por gravidade. Na saída da caixa de nível, é controlada a gramatura ideal para ir para a produção. A gramatura é controlada manualmente através de registros de água (válvulas), os quais podem ser acionados ou desligados para o correto controle de gramatura antes de seguir para a próxima etapa. A Figura 10 ilustra esse processo.



**Figura 10 - (a) Tanque mestre; (b) Válvulas**  
Fonte: Autoria própria

Chegando na máquina, a matéria-prima se transformará no produto quase acabado. A máquina faz sozinha todo o processo de produção, depositando as bandejas ainda molhadas em uma esteira, a qual entra em uma estufa para secagem do produto. As estufas recebem calor de fornos que se encontram na parte exterior ao barracão. O trabalho ideal se dá por meio de um forno para cada máquina, com temperatura entre 100°C a 110°C. A Figura 11 mostra um exemplo de uma máquina produtora de bandejas de ovos.



**Figura 11 - Máquina produtora de bandejas de ovos**  
**Fonte: Aatoria própria**

A esteira faz um caminho de ida e volta dentro da estufa, que dura em torno de 22 minutos, fazendo com que o produto saia em sua forma final e pronta para empacotamento, conforme pode ser observado na Figura 12.



**Figura 12 - Bandejas saindo da estufa como produto final**  
**Fonte: Aatoria própria**

### 3.4 APLICAÇÃO DO CEP NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BANDEJAS DE OVOS

Para a aplicação do CEP na empresa, as seguintes ações foram seguidas:

- Inicialmente foi feito a definição do projeto, onde definiu-se a equipe de trabalho, assim como cronograma de atividades;
- Foi definido posteriormente o procedimento de coleta de dados. Qual a frequência, tamanho da amostra, sistema de medição e registro de dados, bem como a distribuição de tarefas para a correta coleta dos dados.
- No dia da implantação, analisou-se o ambiente de produção, bem como foi feito o registro de todos os passos, desde a matéria-prima até o produto final;
- Em seguida, coletou-se os dados de acordo com o que foi programado anteriormente;
- Depois de coletados os dados veio a parte de cálculos para geração dos gráficos para estudo. Esse processo foi feito através de um *software* adequado.
- Posteriormente foi feita a análise de variabilidade do processo.
- Por fim foi feito um estudo de possíveis melhorias para posterior otimização do processo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão explicitados os resultados obtidos desde a coleta de dados até a posterior geração de cartas de controle e por fim, a análise dos resultados obtidos.

Inicialmente foram definidos os tipos de dados que seriam coletados, bem como o tipo de característica da qualidade cada dado coletado seria enquadrado. Em conversa com o fabricante da máquina e o gerente da empresa, observou-se que os dados interessantes para coleta seriam: espessura da bandeja em milímetros (*mm*), peso em gramas (*g*) e analisar bandejas que estivessem definidas como Não-Conformes. Isso porque, as bandejas devem ter o peso ideal e estar dentro da conformidade para que possa comportar os ovos de forma correta e a espessura ideal para que possa ser transportado de forma correta dentro de caixas padrão que são utilizadas para o transporte.

De acordo com Oliveira et al. (2013, p. 16), “não há regra geral para determinar a quantidade de subgrupos e/ou o tamanho dos subgrupos”. Os autores enfatizam que, “20 a 25 subgrupos com 4 ou 5 replicatas são considerados adequados para fornecer estimativas preliminares”.

Dessa forma, observando que cada lote apresenta 100 unidades, definiu-se 20 amostras (lotes) com subgrupos (*n*) de 10 unidades, para que se pudesse ter uma maior variabilidade para o cálculo do desvio-padrão.

Analisando o tipo dos dados, especificou-se que a espessura e peso tratam-se de variáveis de controle, bem como as bandejas decretadas como não-conformes tratam-se de atributos.

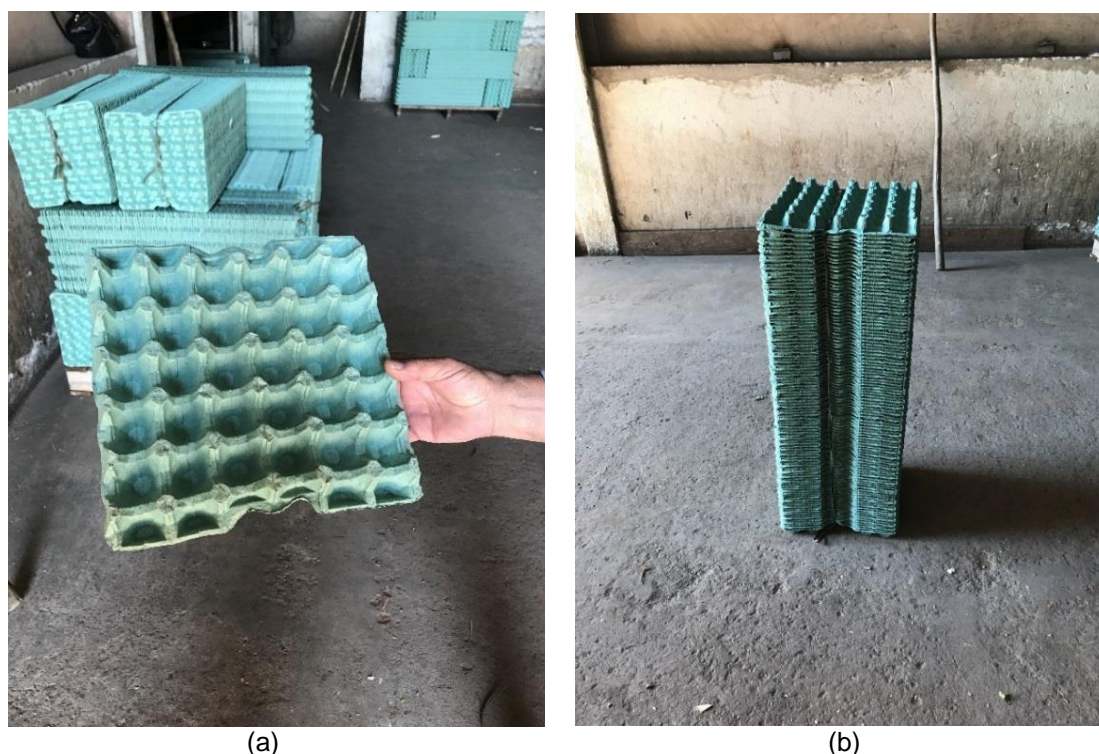
Em relação aos gráficos, definiu-se a forma mais adequada para a análise dos dados coletados seriam: X-S para espessura e peso e gráfico de *np* para os não-conformes. A escolha se deu porque as amostras dos primeiros (espessura e peso) apresentam facilidade em apresentar uma rotina de cálculo e porque apresentam subgrupos (*n*) igual a 10. Já para o segundo (não-conforme), é desejável o controle da proporção de unidades defeituosas em cada amostra.

No dia da coleta, inicialmente foi inspecionada a empresa de uma maneira geral através de fotos e vídeos para se ter uma ideia de como eram feitos os processos e a produção. Os dados foram coletados através de um

paquímetro novo, marca *Western*, referência W235; uma balança nova, marca *Naikesi*, modelo DS-5000H e inspeção visual. O registro foi feito através de folha de verificação.

Na parte da produção, foi observado que coloca-se em média 35kg de matéria-prima para bater no Hidrapulper. Em relação aos fornos, estavam trabalhando com um forno para duas máquinas pequenas e outro forno para uma máquina grande. As temperaturas nos medidores estavam indicando 89°C, 101°C, 105°C, 122°C e 124°C.

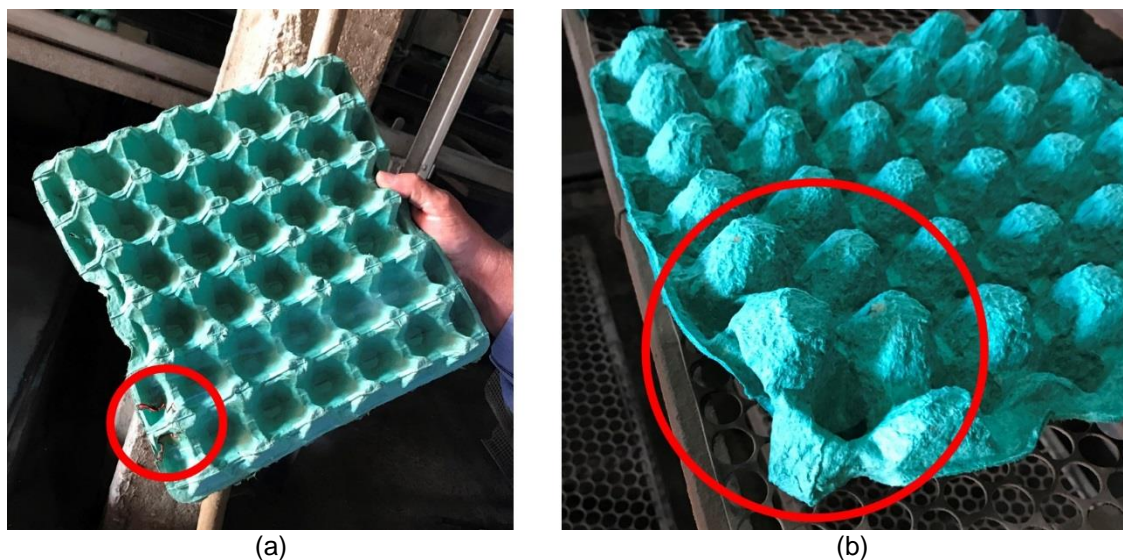
As bandejas saem secas e são recolhidas por funcionários, construindo assim os lotes com 100 unidades cada. Esses lotes são levados a um depósito onde, posteriormente, são carregados em caminhões para o transporte. Na Figura 13 podem ser observadas as bandejas que foram analisadas na empresa.



(a) (b)  
**Figura 13 - (a) Produto final coletado na empresa; (b) Lote com 100 unidades**  
**Fonte: Autoria própria**

Durante a coleta de dados pôde-se registrar as bandejas consideradas não conformes. Esses defeitos podem ser observados na Figura 14, onde na letra (a) observa-se uma bandeja que saiu queimada da estufa e na letra (b) a bandeja apresentou não conformidade em um de seus cantos.





(a) (b)  
**Figura 14 - Registro de bandejas defeituosas**  
**Fonte: Autoria própria**

Para a coleta de dados, foi acompanhada a produção de uma das máquinas da empresa. Essa máquina consta de duas formas, cuja produção é de 800 bandejas por hora. Para sair um novo lote (100 bandejas) ela gastava em média 8 minutos.

Foram analisados 20 lotes seguidos para a coleta de dados, sendo que a cada lote eram inspecionadas as 10 primeiras bandejas. Os primeiros dados coletados foram os de espessura através de paquímetro. Estas medições foram anotadas em folha de verificação, a qual pode ser verificada no Anexo B.

Após a coleta dos dados de espessura foi a vez dos dados de peso, sendo que foram pesadas as mesmas bandejas as quais foram medidas as espessuras. Os dados coletados foram anotados em folha de verificação, a qual pode ser verificada no Anexo C.

A coleta de dados não-conformes foi feita através de inspeção visual juntamente com o operador que estava montando os lotes. O registro foi feito através de fotografia e folha de verificação. A folha de verificação pode ser verificada no Anexo D.

## 4.1 CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DOS GRÁFICOS DE CONTROLE PARA ESPESSURA, PESO E UNIDADES DEFEITUOSAS

Foi utilizado um *software* adequado para a resolução dos cálculos necessários e construção de seus respectivos gráficos. Todas as tabelas construídas estão nos Anexos B, C e D.

### 4.1.1 Espessura

A empresa não faz nenhum controle de espessura, porque as bandejas saem de acordo com o molde da máquina. O fabricante da máquina diz que o ideal é que as bandejas tenham espessura entre 1,5mm a 2mm.

Para os dados de espessura foram gerados gráficos do tipo X-S.

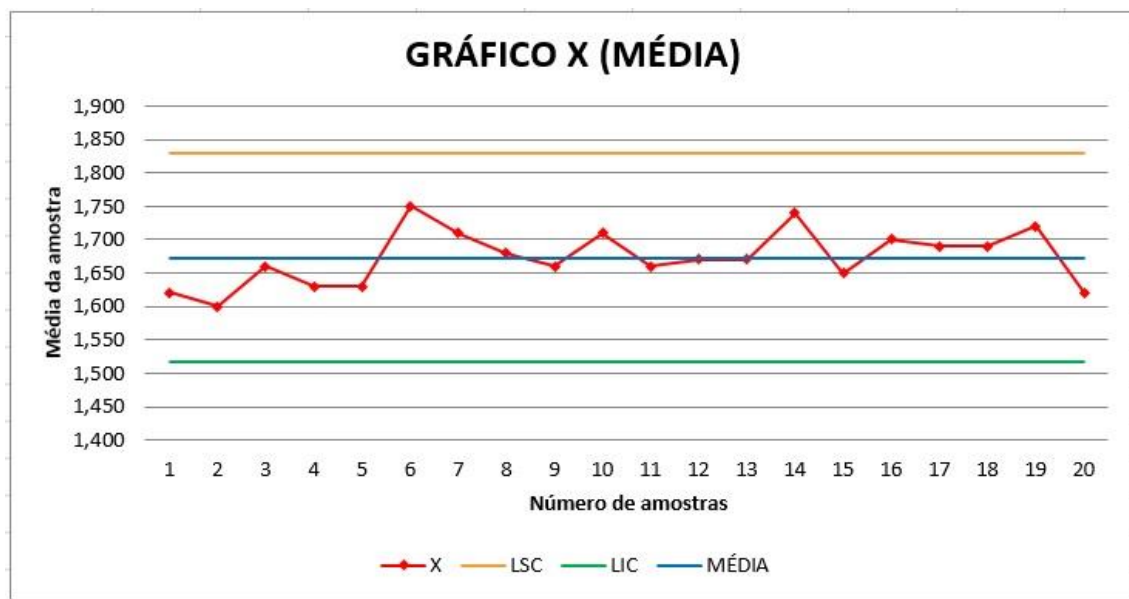
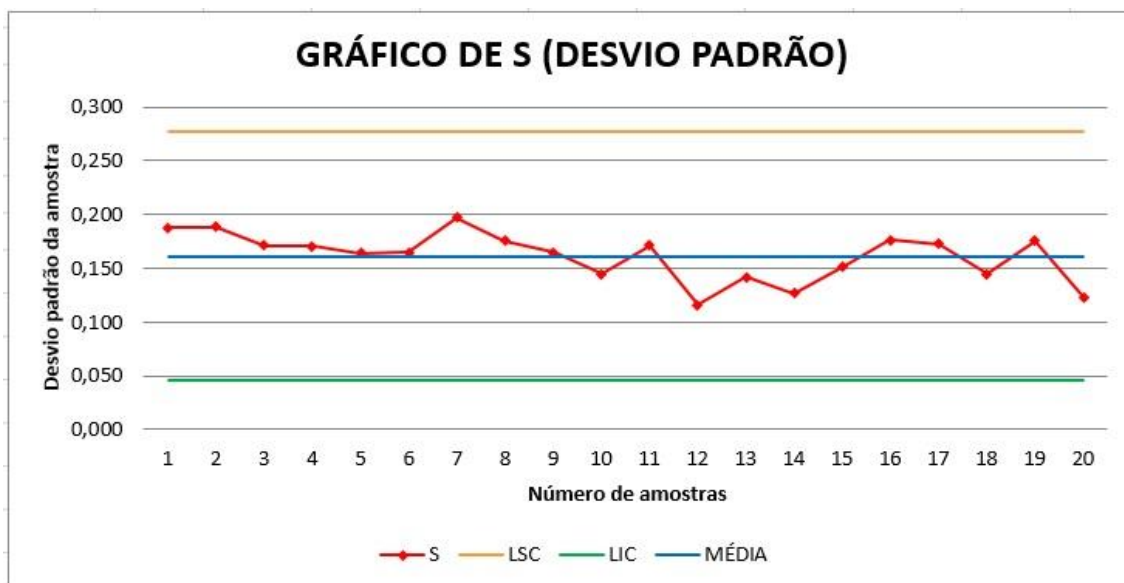


Gráfico 1 - Gráfico X (média) para espessura  
Fonte: Autoria própria

No Gráfico 1 percebe-se a distribuição dos pontos de forma aleatória e dentro dos limites de especificação.



**Gráfico 2 - Gráfico S (desvio-padrão) para espessura**  
**Fonte: Autoria própria**

Assim como no Gráfico 1, no Gráfico 2 também percebe-se a distribuição dos pontos de forma aleatória e dentro dos limites de especificação.

Analisando os dois gráficos e fazendo a análise de especificação do ponto de vista de Triola (2008) e Leite (2010), tem-se que:

- Não há uma óbvia tendência para cima, que corresponda a valores que crescem com o tempo.
- Não há uma óbvia tendência para baixo, que corresponda a valores continuamente decrescentes.
- Não há, a partir de certo ponto, um deslocamento para cima.
- Não observa-se um deslocamento repentino para baixo ou para cima.
- Não observa-se um valor excepcionalmente para baixo ou para cima.
- Não existe um padrão cíclico não-aleatório.
- Não observa-se variações crescentes ao longo do tempo.
- Não há pontos localizados acima do LSC ou abaixo do LIC;
- Não ocorrem quatorze pontos alternados em uma linha;
- Não se observa dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Não ocorrem quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo da linha central;

Através dessa análise, como nenhum dos dois gráficos se enquadra em nenhum dos itens e também não apresentam pontos além dos limites de especificação, pode-se dizer que não existem causas especiais atuando no processo e por isso ele é estável.

Sabendo que o processo é estável, calculou-se a capacidade do processo baseado em Toledo e Alliprandini (2004):

$$\bar{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

$$\bar{\sigma} = 0,460/3,078$$

$$\bar{\sigma} = \mathbf{0,149}$$

$$Cp = T_e/6\sigma$$

$$Cp = (2 - 1,5)/(6 * 0,149)$$

$$Cp = \mathbf{0,558}$$

E,

$$C_{pk} = \min \left| \frac{LCS - \bar{X}}{3\bar{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LCI}{3\bar{\sigma}} \right|$$

$$C_{pk} = \min \left| \frac{2 - 1,75}{3 * 0,149}, \frac{1,75 - 1,5}{3 * 0,149} \right|$$

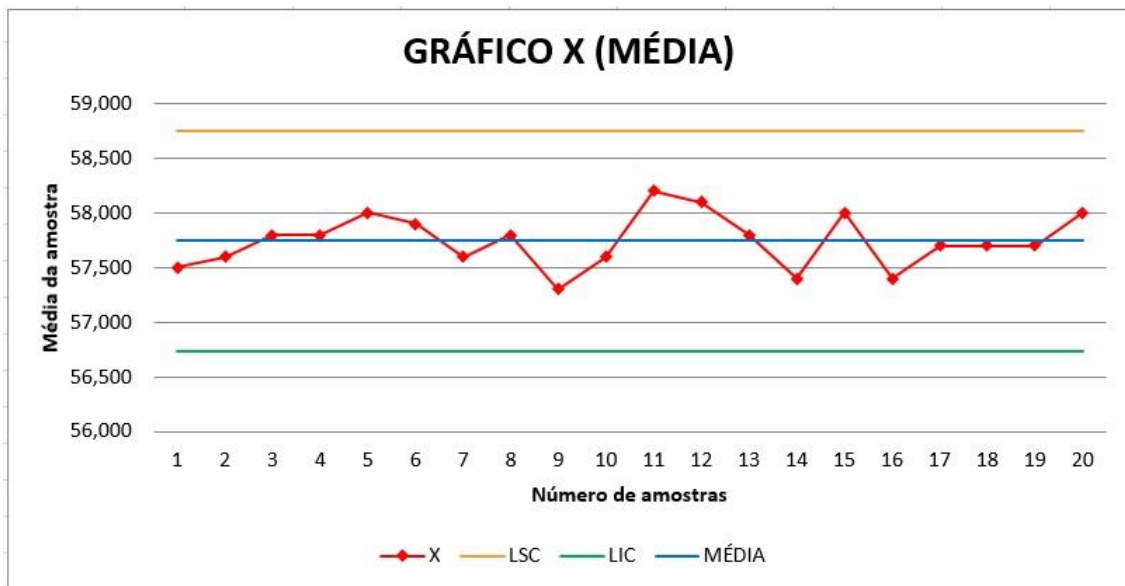
$$C_{pk} = \min|0,558; 0,517|$$

$$C_{pk} = \mathbf{0,558}$$

De acordo com a análise de Toledo e Alliprandini (2004) nos Quadros 1 e 2 (páginas 28 e 29), percebe-se que tanto Cp quanto Cpk são menores que 0,75, então trata-se de um processo incapaz, ou seja, o processo apesar de ser estável, não tem capacidade de produzir no padrão de qualidade requerido. Segundo Toledo e Alliprandini (2004), o processo não tem condições de atender as especificações ou padrões, por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

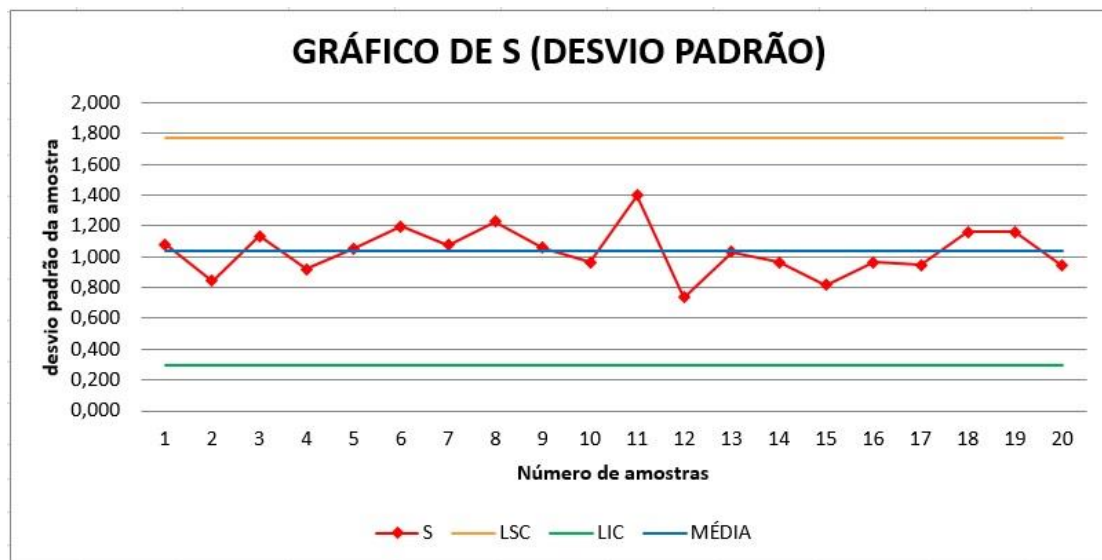
#### 4.1.2 Peso

Segundo o fabricante da máquina, o limite de especificação para o peso de uma bandeja seca deve estar entre 55g a 62g. Para estes dados também foram gerados gráficos do tipo X-S.



**Gráfico 3 - Gráfico de X (média) para peso**  
Fonte: Autoria própria

No Gráfico 3 percebe-se a distribuição dos pontos de forma aleatória e dentro dos limites de especificação.



**Gráfico 4 - Gráfico de S (desvio-padrão) para peso**  
Fonte: Autoria própria

No Gráfico 4 percebe-se a distribuição dos pontos de forma aleatória e dentro dos limites de especificação.

Novamente fazendo a análise de Triola (2008) e Leite (2010), foi possível perceber que em nenhum item e nenhum teste se enquadraram os gráficos, ou seja, não houve pontos fora dos limites de especificação, não houveram casos cíclicos não aleatórios, ou pontos extremos dentro das margens de especificação

ou ainda vários pontos consecutivos acima ou abaixo das linhas. Sendo assim, neste caso também constatou-se que não houve causas especiais dentro do processo e com isso trata-se de um processo também estável.

Para a análise de capacidade foram gerados os seguintes cálculos:

$$\bar{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

$$\bar{\sigma} = 3,050/3,078$$

$$\bar{\sigma} = \mathbf{0,991}$$

$$Cp = T_e/6\sigma$$

$$Cp = (62 - 55)/(6 * 0,991)$$

$$\mathbf{Cp = 1,177}$$

E,

$$C_{pk} = \min \left| \frac{LCS - \bar{X}}{3\bar{\sigma}}, \frac{\bar{X} - LCI}{3\bar{\sigma}} \right|$$

$$C_{pk} = \min \left| \frac{62 - 58,5}{3 * 0,991}, \frac{58,5 - 55}{3 * 0,991} \right|$$

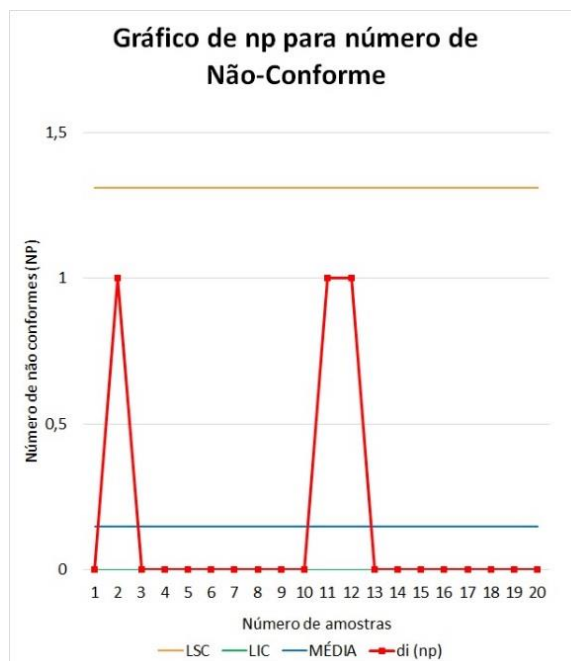
$$C_{pk} = \min|1,177; 1,177|$$

$$\mathbf{C_{pk} = 1,177}$$

Neste caso, comparando Cp e Cpk com os Quadros 1 e 2 (páginas 28 e 29), tem-se que o processo é capaz, ou seja, relativamente confiável, os operadores exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade deve monitorar e fornecer informações para evitar a deterioração do processo (TOLEDO; ALLIPRANDINI, 2004).

#### 4.1.3 Bandejas Não-Conforme

Para os dados de bandejas não-conformes foi gerado o Gráfico 5 do tipo np.



**Gráfico 5 - Gráfico np para número de não-conformes**  
**Fonte: Autoria própria**

Feita a análise de estabilidade do processo de acordo com Triola (2008) e Leite (2010) notou-se que, como nos casos anteriores, não se enquadraram nos itens e testes. Como se pode observar, este caso apresenta apenas três pontos considerados de pico e os três encontram-se dentro dos limites de especificação. Trata-se de um gráfico bem menos sinuoso que os anteriores e que também não apresenta casos cíclicos não-aleatórios. Ele apresenta alguns trechos com pontos consecutivos, porém isso ocorre por estar dentro do padrão de conformidade. Sendo assim, esse processo não possui a atuação de causas especiais e é considerado estável.

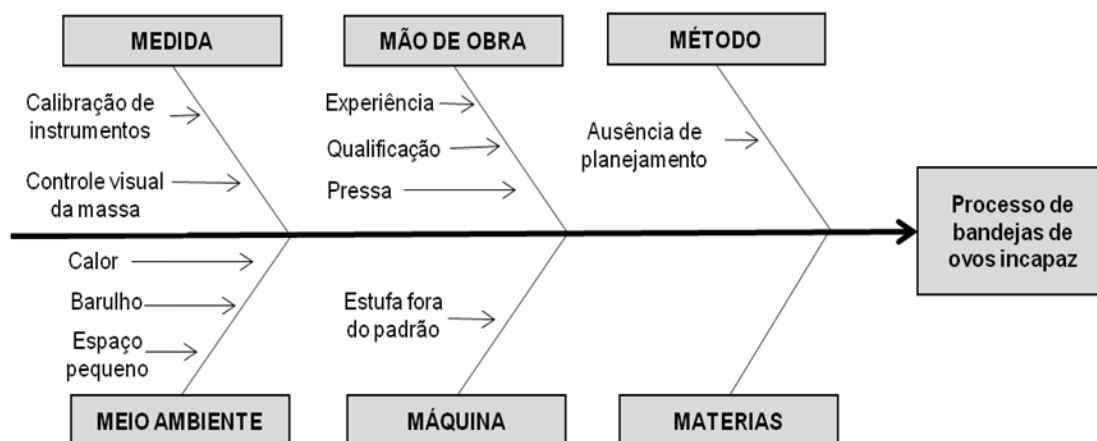
Quanto à capacidade do processo, este consiste na comparação do valor considerado aceitável (especificação) para o atributo em estudo com a média calculada para o atributo no processo que está sendo analisado. No caso do número de bandejas não conformes, é considerado aceitável 1 unidade defeituosa a cada lote de 100 unidades, considerando 99% de conformidade. Nesse sentido, apenas as amostras 2, 11 e 12 tiveram lotes com 1 produto não conforme e o restante das amostras apresentaram 100% de conformidade. Trata-se de um processo capaz, uma vez que o número de unidades não conformes em cada lote é considerado aceitável.

Em resumo, a análise dos gráficos mostrou que o processo considerando a variável espessura não é capaz, mesmo sendo considerada sua

estabilidade como estável. Já para a variável peso, sua estabilidade foi considerada estável e o processo, relativamente capaz, ou seja, não alcançou o nível ideal para um processo totalmente capaz. Em relação ao atributo de não-conformes, o processo também foi considerado estável e capaz. Nesse sentido, foi utilizada a ferramenta Ishikawa para levantamento das possíveis causas que levaram à incapacidade do processo para posteriormente, sugerir por meio de um plano ação 5W2H possíveis ações de melhorias.

## 4.2 ISHIKAWA

O Diagrama de Causa e Efeito foi aplicado neste estudo a fim de encontrar as possíveis causas raízes do efeito: incapacidade do processo de produção de bandejas de ovos. Após a realização do brainstorming com o gerente industrial e o operador da máquina, sobre os possíveis motivos que geram a incapacidade do processo, foi factível a criação do diagrama de causa e efeito, representado na Figura 15.



**Figura 15 - Resultado diagrama Ishikawa**  
**Fonte: Autoria própria**

Pode-se observar diversos pontos críticos no processo de produção e torna-se necessário aplicar ações para mudá-los. As possíveis causas-raiz são: Fornos trabalhando fora das temperaturas ideais, além de não ter um forno para cada máquina, como especificado pelo fabricante. Falta de treinamento de funcionários. Meio-ambiente muito poluído, calor, falta de espaço, barulho. Falta de planejamento e falta de controle de ferramentas.



## 4.3 5W2H

Após a identificação dos fatores que geravam a incapacidade do processo, se fez necessário a elaboração de um Plano de Ação baseado nos princípios da ferramenta 5W2H, sendo que a pergunta “*How Much?(Quanto?)*” não será respondida neste trabalho, devido à complexidade das informações sobre custos. As ações sugeridas e como implantá-las podem ser visualizadas no Quadro 3.

<b>What (O quê?)</b>	<b>Who (Quem?)</b>	<b>Where (Onde?)</b>	<b>Why (Por que?)</b>	<b>When (Quando?)</b>	<b>How (Como?)</b>
Ajustar as temperaturas dos fornos e trabalhar com um forno para cada máquina.	Gerente.	Linha de produção.	Para que as estufas trabalhem de maneira ideal, sem alterar no produto final.	Imediatamente	Orientando funcionários.
Agendar treinamentos para funcionários.	Gerente.	Dentro ou fora da empresa	Para funcionários poderem trabalhar de forma correta na produção.	Imediatamente	Aplicar treinamento dentro da empresa ou contratar treinamentos terceirizados.
Ação corretiva para meio ambiente.	Gerente.	Linha de produção	Para melhorar o meio ambiente onde os funcionários produzem.	Imediatamente	Incentivar uso de EPIs. Fazer análise de refrigeração e ventilação no local. Incluir segurança no trabalho.
Corrigir falta de planejamento.	Gerente.	Toda a empresa	O planejamento é a base para o correto funcionamento da empresa.	Imediatamente	Continuar aplicando ferramentas da qualidade
Corrigir falta de controle de ferramentas.	Gerente.	Toda a empresa	Pode gerar erros na produção.	Imediatamente	Aplicar controle de metrologia para ferramentas. Calibração, testes, vencimento, etc.

**Quadro 3 - Análise 5W2H**  
**Fonte: Autoria própria**

O Plano de Ação tem por finalidade o planejamento de atividades/ações necessárias para atingir uma meta. Neste estudo, a meta foi a capacidade do processo de produção de bandejas de ovos, tornando as variáveis de controle (peso e espessura) dentro dos padrões estabelecidos, gerando satisfação do cliente e aumento da competitividade da organização.

## 5 CONCLUSÃO

Através do presente trabalho pode-se concluir que a engenharia de qualidade vem se tornando um ramo cada vez mais importante para as empresas, uma vez que disponibiliza de várias ferramentas para a implantação e posterior conclusão sobre os processos.

O CEP é uma ferramenta de fácil aplicação e que fornece resultados rápidos, direcionando a indústria para um próximo passo a fim de melhorar seu desempenho ou corrigir eventuais problemas.

Pode-se perceber também que a atuação de todas as pessoas é de suma importância. Pessoas e processos trabalhando juntos para que se possa alcançar os resultados almejados e conseguir atender à necessidade dos clientes.

Os processos estudados demonstraram resultados diferentes em relação à sua estabilidade e capacidade e com isso percebe-se a importância de se investigar mais de um quesito a fim de se chegar na excelência de qualidade.

A empresa em questão não apresentava nenhum tipo de controle de qualidade, o que fica evidente a necessidade dessa implantação para o seu desenvolvimento.

Este trabalho demonstrou como é possível coletar dados, analisar e sugerir melhorias através do CEP e ferramentas da qualidade, pois através desses mecanismos é possível notar alguns quesitos que precisam ser alterados e que antes estavam passando despercebidos.

Através dessa aplicação espera-se que a organização objeto de estudo possa implantá-las para melhorar seus processos.

## REFERÊNCIAS

AKAO, Y. ***Quality Function Deployment: integrating customer requirements into product design***. Cambridge: Productivity Press, 1990.

ASTM. ***Manual on presentation of data and control chart analysis***. 8. Ed. Newburyport: Neubauer, 2010.

CAMARGO, Wellington. **Controle de Qualidade Total** – Apostila. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Curitiba – PR, 2011.

CAMPOS, V. F. **Controle de qualidade total**. Rio de Janeiro: Block, 1992.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CATEN, C.T. **Controle integrado da Qualidade de Processos de manufatura de Revestimentos Cerâmicos** – Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

COHEN, L. ***Quality Function Deployment: How to make QFD work for you***. Reading (MA): Addison-Wesley, 1995.

COSTA, Antonio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugênio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Controle estatístico de qualidade**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2012.

FALCÃO, A. S. G. **Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais** - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre: UFRGS, 2001.

FILHO, D. M e Fogliatto, F.S. **Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador: 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GÓES, João. **Curso de Estatística Básica** – Apostila de estatística. [2003?]

GOMES, Fabrício M. **C.E.P.**, Lorena, 2010.

HRADESKY, J.L. **Productivity & Quality Improvement – A Practical Guide to Implementing Statistical Process Control**. New York: McGraw-Hill, 1998.

JURAN, J. M.; GRZYNA, Frank M. **Controle da Qualidade**. Vol I, II, III, IV, VI e VII, São Paulo: Pioneira, 1993.

LEITE, Suelen Jaqueline Silva. **Aplicação do controle estatístico no processo de embalagem de biscoitos na indústria de alimentos**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora – Minas Gerais, 2010.

LIMA, A.A.N.; LIMA, J.R.; SILVA, J.L.; ALENCAR, J.R.B.; SOARES-SOBRINHO, J.L.; LIMA, L.G.; ROLIM-NETO, P.J. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Revista de ciências farmacêuticas básica e aplicada**, v. 27, n.3, p.177-187, 2006.

LISBÔA, M. G. P.; GODOY, L. P. Aplicação do método 5w2h no processo produtivo do produto: a joia. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 4, n. 7, p. 32-47, 2012.

LOWRY, C. A.; MONTGOMERY, Douglas C. **A review of multivariate charts**. Arizona, 1995.

MENDONÇA, Ricardo Alexandre de Oliveira. **Gestão da Qualidade Total** – Apostila. [2001?].

MIRSHAWKA, V. **A implantação da qualidade e da produtividade pelo método do Dr. Deming.** São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 3rd Ed., New York: John Wiley, 1996.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to statistical quality control.** 6. Ed. Arizona, 2009.

MORESI, Eduardo. **Metodologia da Pesquisa.** Universidade Católica de Brasília – UCB. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação. Brasília – DF, 2003.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total.** São Paulo: Nobel, 1994.

OLIVEIRA, Camila C.; GRANATO, Daniel; CARUSO, Miriam S. F.; SAKUMA, Alice M. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio.** 1. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2013.

PIRES, V. T. **Implantação do Controle Estatístico de Processo em uma empresa de manufatura de óleo de arroz** - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre: UFRGS, 2000.

REBELATO, M. G.; OLIVEIRA, I. S. Um Estudo Comparativo entre a Gestão da Qualidade Total (TQM), o Seis Sigma e a ISO 9000. **Revista Gestão Industrial,** Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa - Paraná - Brasil ISSN 1808-0448 / v. 02, n. 01: p. 106-116, 2006.

RIBEIRO, J.L. e CATEN, C.T. **Controle Estatístico de Processos** - Apostila de Curso. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia – Porto Alegre: UFRGS, 1998.

RIBEIRO, José Luís Duarte. CATEN, Carla Shwengber ten. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p. (Série Monográfica Qualidade)

RIBEIRO JUNIOR. Elson Heraldo; PENTEADO, Rosangela de Fatima Stankowitz. **Modelo para formatação de trabalhos acadêmicos da UTFPR**. Ponta Grossa, 2011.

ROSÁRIO, Marcelo B. **Controle estatístico de processo**: Um estudo de caso em uma empresa da área de eletrodomésticos - Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

SAMOHYL, Robert Wayne. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SCHULER, Alexandre. **Controle estatístico**. 10. Ed. Pernambuco: 2010.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da Qualidade**: as ferramentas essenciais, IBPEX, 2008.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª ed. Atualizada e revisada. Florianópolis: 2005

SILVA, L. S. C. V. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Indústria de Laticínios Lactoplasa**: Um estudo de caso - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

SOARES, G. M. V. P. P. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo em Indústria de Bebidas**: um estudo de caso - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SPIEGEL, Murray R.; STEPHENS, Larry J. **Estatística**. São Paulo: Artmed Editora S.A., 2009.

TOLEDO, J. C. e ALLIPRANDINI, D. H. **CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE**. São Carlos. 2004.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

**ANEXO A - Tabela de constantes dos gráficos de controle**



n: Número de observações no subgrupo	X		S		R		
	$A_2$	$A_3$	$B_3$	$B_4$	$d_2$	$D_3$	$D_4$
2	1,880	2,659	0,000	3,267	1,128	0,000	3,267
3	1,023	1,954	0,000	2,568	1,693	0,000	2,574
4	0,729	1,628	0,000	2,266	2,059	0,000	2,282
5	0,577	1,427	0,000	2,089	2,326	0,000	2,114
6	0,483	1,287	0,030	1,970	2,534	0,000	2,004
7	0,419	1,182	0,118	1,882	2,704	0,076	1,924
8	0,373	1,099	0,185	1,815	2,847	0,136	1,864
9	0,337	1,032	0,239	1,761	2,970	0,184	1,816
10	0,308	0,975	0,284	1,716	3,078	0,223	1,777
11	0,285	0,927	0,321	1,679	3,173	0,256	1,744
12	0,266	0,886	0,354	1,646	3,258	0,283	1,717
13	0,249	0,850	0,382	1,618	3,336	0,307	1,693
14	0,235	0,817	0,406	1,594	3,407	0,328	1,672
15	0,223	0,789	0,428	1,572	3,472	0,347	1,653
16	0,212	0,763	0,448	1,552	3,532	0,363	1,637
17	0,203	0,739	0,466	1,534	3,588	0,378	1,622
18	0,194	0,718	0,482	1,518	3,640	0,391	1,608
19	0,187	0,698	0,497	1,503	3,689	0,403	1,597
20	0,180	0,680	0,510	1,490	3,735	0,415	1,585
21	0,173	0,663	0,523	1,477	3,778	0,425	1,575
22	0,167	0,647	0,534	1,466	3,819	0,434	1,566
23	0,162	0,633	0,545	1,455	3,858	0,443	1,557
24	0,157	0,619	0,555	1,445	3,895	0,451	1,548
25	0,153	0,606	0,565	1,435	3,931	0,459	1,541

Fonte: ASTM (1976)

A Tabela 1 é encontrada no manual de apresentação de dados para cartas de controle, formulado pela ASTM (*American Society for Testing and Materials*), que decidiu tabular e disponibilizar esses dados para facilitar análises sobre qualidade e estatística e fornecer informações sobre métodos de controle de qualidade para fazer recomendações para sua aplicação em trabalhos de engenharia. Através da utilização dos dados contidos na Tabela 1 é possível fazer a análise de dados observacionais obtidos por uma série de amostras e para detecção de pontos críticos que apresentem ausência de controle estatístico de qualidade (ASTM, 2010).

**ANEXO B - Folha de verificação e tabela de dados para espessura**

FOLHA DE VERIFICAÇÃO										
Local: Essencial Bandejas LTDA										
Onde: Processos, Inspeção e Embalagem										
Operador: Cleiton Rogério										
Data: 17/07/2017										
Carta de Controle X(MEDIA) e S(DESvio PADRAO)										
DADOS COLETADOS NA EMPRESA ESSENCIAL BANDEJAS (Espessura em mm)										
N° DA AMOSTRA	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10
1	1,8	1,5	1,6	2	1,4	1,6	1,8	1,5	1,5	1,5
2	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7	2	1,5	1,8	1,4	1,4
3	1,6	1,4	1,6	1,5	1,8	1,7	1,9	1,7	1,5	1,9
4	1,7	1,5	1,7	1,5	1,6	1,9	1,9	1,6	1,4	1,5
5	1,6	1,6	1,5	1,7	1,5	1,8	1,5	1,8	1,4	1,9
6	1,5	1,7	1,7	2	1,8	1,5	1,8	1,7	1,9	1,9
7	1,9	1,9	1,7	1,5	1,5	1,9	1,6	1,4	1,9	1,8
8	1,8	1,7	1,8	1,9	1,4	1,5	1,5	1,6	1,9	1,7
9	1,5	1,5	1,9	1,8	1,5	1,7	1,6	1,9	1,7	1,5
10	1,9	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,5
11	1,5	1,6	1,5	1,7	1,4	1,8	1,6	1,7	1,9	1,9
12	1,8	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7	1,8	1,8
13	1,7	1,7	1,5	1,6	1,5	1,7	1,8	1,5	1,9	1,8
14	1,7	1,9	1,7	1,8	1,7	1,8	1,9	1,8	1,5	1,6
15	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6	1,4	1,7	1,9
16	1,7	1,8	1,5	1,6	1,5	1,5	1,7	1,8	1,9	2
17	1,5	1,9	1,9	1,7	1,8	1,5	1,6	1,5	1,9	1,6
18	1,5	1,5	1,8	1,8	1,8	1,7	1,5	1,7	1,7	1,9
19	1,6	1,5	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,9	1,8	1,4
20	1,6	1,5	1,5	1,7	1,8	1,8	1,7	1,5	1,6	1,5

Carta de Controle X(MEDIA) e S(DESVIO PADRAO)														PARA X			PARA S		
DADOS COLETADOS NA EMPRESA ESSENCIAL BANDEJAS (Espessura em mm)																			
N° DA AMOSTRA	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	amplitude	X	S	LSC	LIC	MÉDIA	LSC	LIC	MÉDIA
1	1,8	1,5	1,6	2	1,4	1,8	1,8	1,5	1,5	1,5	0,8	1,620	0,187	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
2	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7	2	1,5	1,8	1,4	1,4	0,6	1,600	0,189	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
3	1,6	1,4	1,6	1,5	1,8	1,7	1,9	1,7	1,5	1,9	0,5	1,660	0,171	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
4	1,7	1,5	1,7	1,5	1,6	1,9	1,9	1,6	1,4	1,5	0,5	1,630	0,170	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
5	1,6	1,6	1,5	1,7	1,5	1,8	1,5	1,8	1,4	1,9	0,5	1,630	0,164	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
6	1,5	1,7	1,7	2	1,8	1,5	1,8	1,7	1,9	1,9	0,5	1,750	0,165	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
7	1,9	1,9	1,7	1,5	1,5	1,9	1,6	1,4	1,9	1,8	0,5	1,710	0,197	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
8	1,8	1,7	1,8	1,9	1,4	1,5	1,5	1,6	1,9	1,7	0,5	1,680	0,175	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
9	1,5	1,5	1,9	1,8	1,5	1,7	1,6	1,9	1,7	1,5	0,4	1,660	0,165	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
10	1,9	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,5	0,4	1,710	0,145	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
11	1,5	1,6	1,5	1,7	1,4	1,8	1,6	1,7	1,9	1,9	0,5	1,660	0,171	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
12	1,8	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7	1,8	1,8	0,3	1,670	0,116	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
13	1,7	1,7	1,5	1,6	1,5	1,7	1,8	1,5	1,9	1,8	0,4	1,670	0,142	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
14	1,7	1,9	1,7	1,8	1,7	1,8	1,9	1,8	1,5	1,6	0,4	1,740	0,126	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
15	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6	1,4	1,7	1,9	0,5	1,650	0,151	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
16	1,7	1,8	1,5	1,6	1,5	1,5	1,7	1,8	1,9	2	0,5	1,700	0,176	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
17	1,5	1,9	1,9	1,7	1,8	1,5	1,6	1,5	1,9	1,6	0,4	1,690	0,173	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
18	1,5	1,5	1,8	1,8	1,8	1,7	1,5	1,7	1,7	1,9	0,4	1,690	0,145	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
19	1,6	1,5	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,9	1,8	1,4	0,5	1,720	0,175	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161
20	1,6	1,5	1,5	1,7	1,8	1,8	1,7	1,5	1,6	1,5	0,3	1,620	0,123	1,830	1,516	1,673	0,277	0,046	0,161

$\sum X =$	33,460
$\sum S =$	3,226
$X =$	1,673
$S =$	0,161
A3	0,975
B3	0,284
B4	1,716
amplitude	0,460
d2	3,078

GRÁFICO X	
LIMITE CENTRAL	1,673
LSC	1,830
LIC	1,516

GRÁFICO S	
LIMITE CENTRAL	0,161
LSC	0,277
LIC	0,046

s	0,149	
cpk	0,558	0,517
cp	0,558	

**ANEXO C - Folha de verificação e tabela de dados para peso**

FOLHA DE VERIFICAÇÃO										
Local: Essencial Bandejas LTDA										
Onde: Processos, Inspeção e Embalagem										
Operador: Cleiton Rogério										
Data: 17/07/2017										
Carta de Controle X(MEDIA) e S(DESvio PADRAO)										
DADOS COLETADOS NA EMPRESA ESSENCIAL BANDEJAS (Peso em g)										
N° DA AMOSTRA	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10
1	58	58	56	57	56	58	57	59	59	57
2	58	57	57	58	59	58	58	57	58	56
3	58	59	58	57	57	56	57	58	58	60
4	58	58	58	57	59	56	59	58	57	58
5	59	56	59	58	59	57	57	58	59	58
6	58	57	58	57	56	57	59	59	60	58
7	56	57	56	58	58	59	57	59	58	58
8	56	57	59	59	56	59	59	58	58	57
9	58	56	57	59	58	58	56	57	56	58
10	57	57	58	59	57	56	59	58	58	57
11	57	59	59	56	59	58	59	56	59	60
12	59	59	58	58	58	57	59	58	57	58
13	59	58	59	56	57	57	58	59	58	57
14	58	57	57	59	58	58	56	57	56	58
15	57	58	57	58	59	59	57	58	58	59
16	57	56	56	58	58	57	59	58	57	58
17	56	59	58	58	58	57	58	59	57	57
18	56	56	57	59	59	58	58	58	57	59
19	57	58	59	58	58	59	57	56	59	56
20	58	59	59	58	57	58	56	59	58	58

Carta de Controle X(MEDIA) e S(DESVIO PADRAO)														PARA X			PARA S		
DADOS COLETADOS NA EMPRESA ESSENCIAL BANDEJAS (Peso em g)																			
N° DA AMOSTRA	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	amplitude	X	S	LSC	LIC	MÉDIA	LSC	LIC	MÉDIA
1	58	58	56	57	56	58	57	59	59	57	3,000	57,500	1,080	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
2	58	57	57	58	59	58	58	57	58	56	3,000	57,600	0,843	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
3	58	59	58	57	57	56	57	58	58	60	4,000	57,800	1,135	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
4	58	58	58	57	59	56	59	58	57	58	3,000	57,800	0,919	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
5	59	56	59	58	59	57	57	58	59	58	3,000	58,000	1,054	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
6	58	57	58	57	56	57	59	59	60	58	4,000	57,900	1,197	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
7	58	57	56	58	58	59	57	59	58	58	3,000	57,800	1,075	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
8	56	57	59	59	56	59	59	58	58	57	3,000	57,800	1,229	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
9	58	56	57	59	58	58	56	57	56	58	3,000	57,300	1,059	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
10	57	57	58	59	57	56	59	58	58	57	3,000	57,800	0,966	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
11	57	59	59	56	59	58	59	56	59	60	4,000	58,200	1,398	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
12	59	59	58	58	58	57	59	58	57	58	2,000	58,100	0,738	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
13	59	58	59	56	57	57	58	59	58	57	3,000	57,800	1,033	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
14	58	57	57	59	58	58	56	57	56	58	3,000	57,400	0,966	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
15	57	58	57	58	59	59	57	58	58	59	2,000	58,000	0,816	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
16	57	56	56	58	58	57	59	58	57	58	3,000	57,400	0,966	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
17	56	59	58	58	58	57	58	59	57	57	3,000	57,700	0,949	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
18	56	56	57	59	59	58	58	58	57	59	3,000	57,700	1,160	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
19	57	58	59	58	58	59	57	56	59	58	3,000	57,700	1,160	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034
20	58	59	59	58	57	58	56	59	58	58	3,000	58,000	0,943	58,753	56,737	57,745	1,775	0,294	1,034

$\Sigma X =$	1154,900
$\Sigma S =$	20,687
$X =$	57,745
$S =$	1,034
A3	0,975
B3	0,284
B4	1,716
amplitude	3,050
d2	3,078

GRÁFICO X	
LIMITE CENTRAL	57,745
LSC	58,753
LIC	56,737

GRÁFICO S	
LIMITE CENTRAL	1,034
LSC	1,775
LIC	0,294

cpk	1,177	1,177
cp	1,177	
s	0,991	

**ANEXO D - Folha de verificação e tabela de dados para não-conformes**



<b>FOLHA DE VERIFICAÇÃO</b>		
Local: Essencial Bandejas LTDA		
Onde: Processos, Inspeção e Embalagem		
Operador: Cleiton Rogério		
Data: 17/07/2017		
<b>Carta de Controle np para Fração de Não-Conformes</b>		
<b>DADOS COLETADOS NA EMPRESA ESSENCIAL BANDEJAS (nº de não-conformes para lotes de 100 unidades)</b>		
<b>LOTE</b>	<b>n</b>	<b>Não-Conformes</b>
1	100	0
2	100	1
3	100	0
4	100	0
5	100	0
6	100	0
7	100	0
8	100	0
9	100	0
10	100	0
11	100	1
12	100	1
13	100	0
14	100	0
15	100	0
16	100	0
17	100	0
18	100	0
19	100	0
20	100	0

Carta de Controle np para número de Não-Conformes						
DADOS COLETADOS NA EMPRESA ESSENCIAL BANDEJAS (nº de não-conformes para lotes de 100 unidades)						
LOTE	n	di (np)	pi	LSC	LIC	MEDIA
1	100	0	0	1,31102	0	0,15
2	100	1	0,01	1,31102	0	0,15
3	100	0	0	1,31102	0	0,15
4	100	0	0	1,31102	0	0,15
5	100	0	0	1,31102	0	0,15
6	100	0	0	1,31102	0	0,15
7	100	0	0	1,31102	0	0,15
8	100	0	0	1,31102	0	0,15
9	100	0	0	1,31102	0	0,15
10	100	0	0	1,31102	0	0,15
11	100	1	0,01	1,31102	0	0,15
12	100	1	0,01	1,31102	0	0,15
13	100	0	0	1,31102	0	0,15
14	100	0	0	1,31102	0	0,15
15	100	0	0	1,31102	0	0,15
16	100	0	0	1,31102	0	0,15
17	100	0	0	1,31102	0	0,15
18	100	0	0	1,31102	0	0,15
19	100	0	0	1,31102	0	0,15
20	100	0	0	1,31102	0	0,15

$\sum n =$	2000
$\sum d =$	3

$\bar{p} =$	0,0015
$n\bar{p} =$	0,15
$\sigma_{np} =$	0,387007752

LIMITE CENTRAL	0,15
LSC	1,311023256
LIC	0