



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIARIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ARIANA CANDIDO DE CASTRO**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE LEITE  
PASTEURIZADO EM UMA USINA BENEFICIADORA DE LEITE DE  
CABRA SITUADA NO CARIRI PARAIBANO**

**SUMÉ - PB  
2019**

**ARIANA CANDIDO DE CASTRO**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE LEITE  
PASTEURIZADO EM UMA USINA BENEFICIADORA DE LEITE DE  
CABRA SITUADA NO CARIRI PARAIBANO**

**Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Engenharia de Produção  
do Centro de Desenvolvimento Sustentável  
do Semiárido, da Universidade Federal de  
Campina Grande, como requisito parcial  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Produção.**

**Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup> Maria Creuza Borges de Araújo.**

**SUMÉ - PB  
2019**

C355c Castro, Ariana Candido de.  
Controle estatístico do processo no envase de leite pasteurizado em uma usina beneficiadora de leite de cabra situada no Cariri Paraibano. / Ariana Candido de Castro. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

59 f.

Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup> Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Controle estatístico do processo. 2. Gráfico de controle. 3. Controle da qualidade do processo. 4. Usina beneficiadora de leite. 5. Leite de cabra – controle. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II. Título.

CDU: 658.56(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

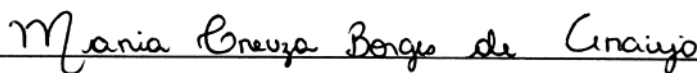
Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**ARIANA CANDIDO DE CASTRO**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE LEITE  
PASTEURIZADO EM UMA USINA BENEFICIADORA DE LEITE DE  
CABRA SITUADA NO CARIRI PARAIBANO**

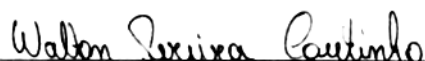
Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**BANCA EXAMINADORA:**



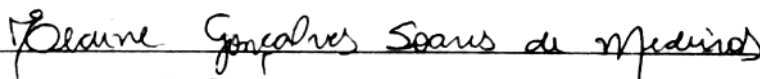
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Creuza Borges de Araújo

Orientadora - UAEP/CDSA/UFCG



Prof.<sup>o</sup> Dr. Walton Pereira Coutinho

Examinador I - UAEP/CDSA/UFCG



Prof.<sup>a</sup> Me. Elaine Gonçalves Soares de Medeiros

Examinadora II - IFPB

Trabalho aprovado em: 03 de dezembro de 2019.

**SUMÉ - PB**

*Dedico este trabalho a minha mãe Ana Maria  
Candido, por todo apoio e incentivo para a  
realização dos meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, à Deus, por sempre está comigo, iluminando minha caminhada, concedendo sabedoria e coragem para enfrentar esta longa jornada e para superar as dificuldades impostas pela a vida.

À minha mãe Ana Maria Candido, por sempre está presente, acreditando no meu futuro, dando palavras de incentivo durante toda a jornada, pelo carinho, e pelo ensino dos valores que me foram passados e que com certeza levarei comigo durante a vida.

A meu pai Demétrius Castro e meus irmãos, José Ambrósio e Davi Castro pelo carinho e suporte que necessitei durante todos esses anos.

A minha tia Maria José Candido, minha avó Ana Cândida e a minha cunhada Natalia Sousa por cuidarem de mim e por todas as palavras de incentivo e motivação

Ao meu namorado, Vicente Neto, que sempre acreditou no meu potencial, pela paciência e, sobretudo, por todo amor, carinho e companheirismo, obrigada por me acalmar e tornar meus dias mais felizes.

A toda minha família, que direta ou indiretamente me influenciou e me ajudou a chegar até aqui.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção da UFCG– CDSA, por todos os conhecimentos transmitidos, em especial à minha orientadora, Maria Creuza Borges de Araújo, pelo carinho e atenção expresso durante as aulas e orientações, além de todos conselhos e incentivos para vida pessoal e acadêmica.

Aos meus amigos Clara Sampaio, Higor Candido e Julio Meira que iniciaram esta jornada comigo e aos amigos Tamires Bezerra, Luana Rufino e Gilvando Vilarim que ganhei durante esta trajetória, obrigada por participarem dos momentos mais importantes da minha vida, por todas brincadeiras, trabalhos, palavras de apoio, por serem a calma em meio a tempestade e principalmente por se tornarem minha família em Sumé.

Aos amigos Adelanio Menezes, Roberta Meira, Ericles Meira e seus familiares, por todos os momentos de diversão proporcionados nos finais de semanas.

A todos os amigos e colegas de faculdade, obrigada por terem feito parte da minha vida e por terem contribuído para meu crescimento pessoal e profissional.

*“Tudo o que temos de decidir é o que fazer com o tempo que nos é dado.”*

*(J.R.R. Tolkien)*

## RESUMO

Diante do atual cenário de competitividade, as empresas devem buscar continuamente produzir itens com maior qualidade, de modo a reduzir custos e perdas de recursos, e garantir sua presença no mercado. Assim, o Controle Estatístico do Processo apresenta-se como uma ferramenta eficiente para o monitoramento do processo fabricação de produtos, influenciando diretamente na qualidade dos elementos produzidos e no relacionamento dos clientes com a empresa. Diante do exposto, o presente trabalho exhibe uma análise do processo de envase de leite pasteurizado, em uma empresa beneficiadora de leite, localizada no Cariri Paraibano, por meio da aplicação de gráficos de controle e dos cálculos dos índices de capacidade e desempenho do processo. O intuito deste estudo foi identificar o comportamento do processo da empresa, inspecionando o peso do leite armazenado na embalagem e assim gerar dados estatísticos que fundamentem a tomada de decisão, assim como identificar se este atende à legislação em vigor. Os resultados evidenciaram que o processo se encontra fora de controle, não atendendo os limites de especificação da empresa e nem os critérios impostos pela legislação. A partir desta avaliação, recomendou-se melhorias que resultarão em um processo mais eficaz e padronizado.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico do Processo. Gráfico de Controle. Processo de Envase.



## **ABSTRACT**

In view of the actual scenario of competitively, the companies should continually look for produce items with a better quality, in order to reduce shorts and losses of resources, and ensure your presence on the market. Thus, the statistical control of the process presented as one too efficient for the monitoring of the process manufacturing of products, directing influenced on the quality of the elements produced and on the relationship of the costumers with the company. Based on the above considerations, the presents work shows off one analyze of the process of filling of pasteurized milk, in one company benefactor milk, localized on cariri paraibano, by means of the application of control graphics and calculations of index of capacity and performance of the process. The aims of this study was identifies the performance of the process of the company, inspecting the height of the milk stored in the package and this way create statistical data that substantiate the decision making, as well as identify if this meets the existing legislation. The results showed that the process is out of control, not meeting the company's specification limits or the criteria imposed by improvements were recommended that will result in a more effective and standardized process.

**Keywords:** Statistical Process Control. Control Chart. Filling Process.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Estrutura do trabalho.....	<b>16</b>
<b>Figura 2</b>	Etapas da pesquisa.....	<b>33</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Valores da distribuição normal (Z) de acordo com os níveis de confiança mais utilizados.....	<b>20</b>
<b>Tabela 2</b>	Tolerâncias individuais admissíveis para massa e volume.....	<b>36</b>
<b>Tabela 3</b>	Critério para a média.....	<b>36</b>
<b>Tabela 4</b>	Critério individual.....	<b>37</b>
<b>Tabela 5</b>	Pesos dos itens analisados para a amostra, médias, amplitudes e desvios padrão.....	<b>42</b>
<b>Tabela 6</b>	Relação entre amostras e operador responsável pelo processo.....	<b>45</b>
<b>Tabela 7</b>	Amostra para análise com base na legislação.....	<b>48</b>
<b>Tabela 8</b>	Parâmetros para análise com base na legislação.....	<b>48</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Típico gráfico de controle.....	<b>21</b>
<b>Gráfico 2</b>	Representação gráfica de processos sob controle e fora de controle.....	<b>22</b>
<b>Gráfico 3</b>	Exemplo dos gráficos de Controle $\bar{x}$ e R.....	<b>25</b>
<b>Gráfico 4</b>	Exemplo dos gráficos de controle $\bar{x}$ e S.....	<b>27</b>
<b>Gráfico 5</b>	Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios ( $\sigma$ ).....	<b>35</b>
<b>Gráfico 6</b>	Teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov das médias amostrais.....	<b>43</b>
<b>Gráfico 7</b>	Gráficos de controle para $\bar{x}$ e S.....	<b>44</b>
<b>Gráfico 8</b>	Análise dos índices de capacidade e desempenho do processo.....	<b>47</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$C_p$  - Índice de capacidade potencial do processo;

$C_{pk}$  - Índice de capacidade efetiva do processo;

$P_p$  - Índice de desempenho potencial do processo;

$P_{pk}$  - Índice de desempenho efetivo do processo;

$Q_n$  - Conteúdo nominal;

CEP - Controle Estatístico do Processo;

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia;

KS - Kolmogorov-Smirnov;

LIC - Limite Inferior de Controle (LIC);

LIE - Limite Inferior de Especificação;

LM - Linha Média;

LSC - Limite Superior de Controle;

LSE - Limite Superior de Especificação;

POP - Procedimento Operacional Padrão;

PPM - Parte por milhão.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS.....	14
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivos Gerais.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	<b>ESTRUTURA DO TRABALHO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1	CONTROLE DA QUALIDADE DO PROCESSO.....	17
2.2	<b>CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....</b>	<b>18</b>
2.3	AMOSTRAGEM.....	19
2.4	GRÁFICOS DE CONTROLE.....	21
<b>2.4.1</b>	<b>Tipos de Gráficos de Controle.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Gráficos de Controle <math>\bar{x}</math> e <math>R</math>.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Gráfico de Controle <math>\bar{x}</math> e <math>S</math>.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Capacidade e ou desempenho do Processo.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Índices de Capacidade Potencial e de Desempenho Potencial.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Índices de Capacidade Efetiva e de Desempenho Efetivo.....</b>	<b>29</b>
2.5	CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NA FASE DE ENVASE DO PROCESSO PRODUTIVO.....	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	32
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	33
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>38</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	38
<b>4.1.1</b>	<b>Processamento do leite pasteurizado.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Análise dos dados.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Análise dos gráficos de controle.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Análise dos Índices de Capacidade e Desempenho do Processo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Análise dos dados sob o ponto de vista da legislação.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Recomendações.....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	53
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O atual ambiente de mercado global, caracterizado por crescentes expectativas dos compradores, rápidas mudanças tecnológicas, alterações nos padrões demográficos e de consumo e aumento da competição, têm pressionado as empresas manufatureiras a buscar a redução de custos de fabricação, o incremento da qualidade, da flexibilidade na fabricação, da produtividade no chão de fábrica, e a implantar uma ampla variedade de ferramentas, técnicas e filosofias gerenciais. Diante do panorama exposto, a entrega de produtos e/ou serviços com alta qualidade ao consumidor tem sido um fator chave na performance da empresa.

Conforme Shewhart (1931), o método mais eficaz para ampliar a qualidade é a partir do controle sobre o processo e não sobre o produto. Neste contexto, Mucidas (2010) afirma que o Controle Estatístico do Processo (CEP), revela-se como uma ferramenta capaz de inspecionar e avaliar o processo de produção, de modo que os gráficos de controle permitem a visualização do desempenho do processo, contribuindo para a identificação de variações expressivas com o propósito de evitar a fabricação de itens fora de especificações. Montgomery (2004) afirma que a qualidade é inversamente proporcional à variabilidade, isto é, à medida que a variabilidade nas propriedades de um produto decresce, a qualidade do mesmo aumenta.

Manter a padronização em relação aos produtos alimentícios, comercializados é essencial, uma vez que, a venda de itens incompatíveis com as especificações prescritas no rótulo da embalagem poderá ocasionar perdas de clientes e multas a empresas, por não atender os padrões exigidos por lei (MARTINS et al., 2013). Segundo Seidel (2009), no setor lácteo, não é diferente, visto que, o leite é um dos alimentos de maior relevância para o consumo humano, em virtude do seu alto valor nutricional, conseqüentemente, apresenta testes rigorosos de avaliação em termos de qualidade e adequação aos sistemas de industrialização. Deste modo, a inclusão de métodos estatísticos na indústria é indispensável para o gerenciamento da qualidade, visto que, fornecem dados a serem utilizados como base na tomada de decisão, apresentando o grau de confiabilidade das informações envolvidas.

Portanto, o CEP é uma ferramenta significativa no controle dos padrões de produção, sua aplicação permite analisar o processo e viabiliza o aperfeiçoamento do mesmo, assim, garantindo a confiabilidade do produto final e elevando a qualidade dos itens obtidos de um processo mais eficaz. Neste sentido, este trabalho visa, identificar o comportamento do processo de envase de leite pasteurizado, por meio de métodos estatísticos que contribuam

para a realização de melhorias do mesmo, possibilitando o crescimento da empresa no seu setor de atuação.

## 1.1 OBJETIVOS

De modo a solucionar o problema, definiu-se os seguintes objetivos.

### 1.1.1 Objetivos Gerais

Aplicar ferramentas de Controle Estatístico do Processo na área de envase de leite pasteurizado em uma empresa de leite de cabra e derivados, a fim de propor melhorias para aumentar a qualidade do processo.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a empresa e o seu processo produtivo de pasteurização do leite de cabra;
- Coletar dados para elaboração da amostra;
- Construir os gráficos de controle e analisar os resultados;
- Avaliar a capacidade e performance do processo;
- Avaliar o processo diante da legislação;
- Propor melhorias para o aumento da qualidade do processo.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O consumo de leite animal se intensificou logo após o surgimento da agricultura, devido à dificuldade de mantê-lo conservado, o mesmo necessitava ser consumido fresco ou em forma de queijo, (BEJA-PEREIRA et al., 2006). A Revolução Industrial ampliou o consumo, uma vez que facilitou o transporte do mesmo das zonas rurais às grandes cidades e viabilizou o surgimento de instrumentos e métodos que possibilitaram o processamento do leite, prolongando seu tempo de conserva e a fabricação dos seus derivados (BRASIL, 2009).

Segundo Mucidas (2010), o desenvolvimento industrial do Brasil, após a Segunda Guerra Mundial, promoveu o progresso das indústrias de laticínios, provocando, assim, a realização de pesquisas que ampliassem a produção devido ao aumento da demanda. Com o



beneficiamento, o leite pode ser consumido em sua forma original ou convertido em derivados, tais como queijos, manteiga, iogurte, leite condensado, leite fermentado, doce de leite, leite em pó e creme de leite, entre outros. De acordo com Siqueira (2018), tal variedade gerou um faturamento de R\$ 70,2 bilhões para a indústria de laticínios no Brasil em 2017, obtendo um crescimento de 4% em relação ao ano anterior.

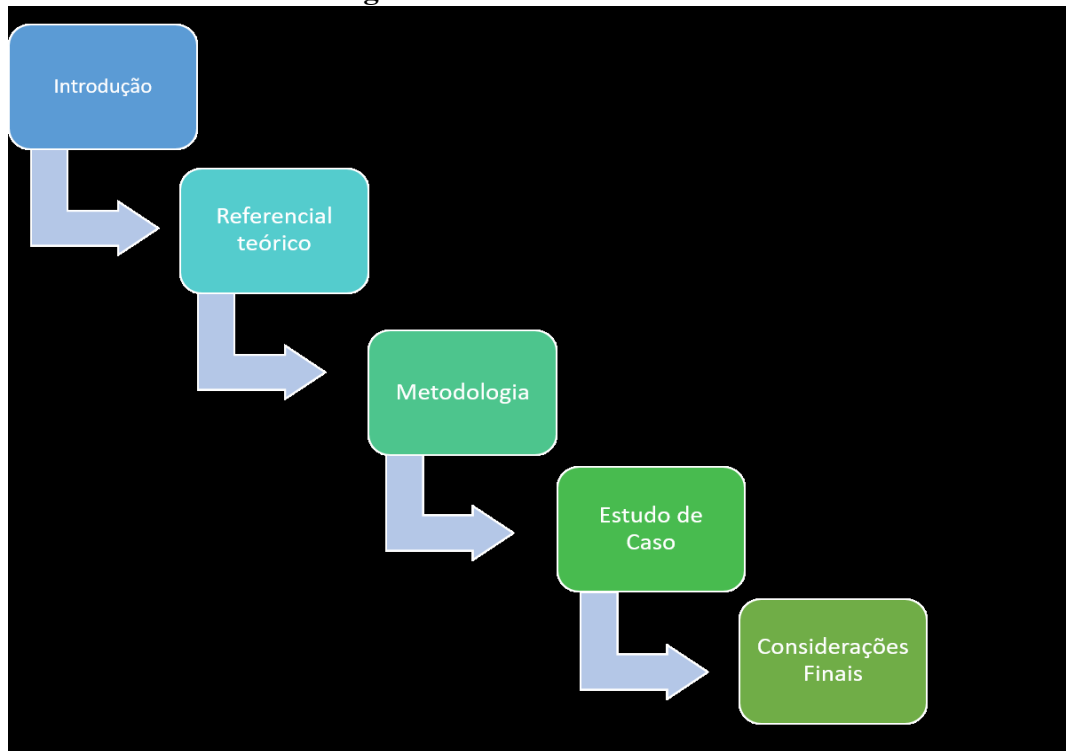
Conforme Embrapa (2018), o Brasil produz cerca de 270 milhões de litros de leite de cabra por ano; no entanto, ainda se refere a uma produção relativamente pequena, considerando que o país tem cerca de 10 milhões de caprinos, com cerca de 90% do rebanho localizado na região Nordeste. De acordo com Holanda Junior (2008) grande parcela desta produção destina-se a programas governamentais de merenda escolar e de combate à desnutrição infantil na população carente, resultando no aumento da produção/consumo do leite, no progresso do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e no incentivo à agricultura familiar. Segundo Cícero Cartaxo de Lucena, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, o leite de cabra apresenta qualidades indiscutíveis, em especial como substituto para as crianças com alergia ao leite de vaca e também para produção de derivados; devido aos elevados teores de gordura, este leite aumenta a resposta imunológica do organismo e é uma importante fonte de cálcio (EMBRAPA, 2018).

O leite e seus derivados são produtos altamente perecíveis, conseqüentemente requerem controles rígidos de qualidade. Para garantir e monitorar a qualidade, adotaram-se ferramentas de controle e parâmetros a serem seguidos, impostos por institutos de fiscalização a fim de que os consumidores não sejam prejudicados com aquisição do produto.

Diante do exposto, observa-se a importância desta pesquisa para a empresa, visto que a mesma busca analisar o processo e propor melhorias ao mesmo, que contribuirá para o aumento da qualidade dos produtos. Tais melhorias visa garantir com que a organização cumpra as especificações indicadas no rótulo da embalagem e com os critérios do INMETRO para a verificação do conteúdo líquido de produtos pré-medidos com conteúdo nominal. Além disto, esta análise auxiliará aos demais pesquisadores em estudos futuros, servindo como base para realização de trabalhos desta área aplicadas em outras instituições.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco partes, que são descritas de forma sucinta a seguir. A Figura 1 sistematiza a estrutura do trabalho.

**Figura 1-** Estrutura do trabalho.

Fonte: Autor (2018)

O primeiro capítulo refere-se à introdução do tema que será abordado no estudo, apresentando o problema de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa para a realização do trabalho e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 consiste no referencial teórico, que apresenta conceitos e fundamentos sobre a temática. São abordados assuntos tais como Controle Estatístico do Processo (CEP), amostragem, gráficos de controle capacidade e ou desempenho do processo e estudos de caso acerca do CEP aplicados na fase de envase de diversos processos produtivo.

O capítulo 3 expõe a metodologia empregada para a concepção do estudo, especificando o mesmo quanto a sua abordagem, a sua natureza, aos seus objetivos e aos seus procedimentos técnicos. Posteriormente, são retratadas as etapas para a realização da pesquisa, mostrando os procedimentos de coleta e análise de dados.

O quarto capítulo exhibe o estudo de caso, descrevendo a caracterização da empresa e processa a ser avaliado, assim como a construção dos gráficos e seu diagnóstico, análises acerca da capacidade e/ou desempenho do processo e seu comportamento de acordo com a Portaria INMETRO nº 248, de 17 de julho de 2008, além de apresentar recomendações para melhorar o processamento do leite pasteurizado. No último capítulo são apresentadas as considerações finais acerca do trabalho realizado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção irá apresentar o levantamento bibliográfico da literatura para o embasamento teórico da pesquisa. Será abordada a temática do Controle de Qualidade do Processo, especificando a questão dos Gráficos de Controle, que serão utilizados nesta pesquisa. Em seguida, são expostas questões relativas à indústria de alimentos e o controle estatístico em processos de envase.

### 2.1 CONTROLE DA QUALIDADE DO PROCESSO

Desde a revolução industrial, as empresas buscam melhorias para seus processos de bens e serviços, com a finalidade de atender às satisfações dos clientes e suas definições de qualidade. Assim, a qualidade tornou-se reconhecida como um diferencial, elemento fundamental que possibilita a permanência da organização no mercado (PALADINI, 2009). Contudo, segundo Peinado (2007), com o tempo, a qualidade deixou de ser fator de distinção transformando-se em requisito indispensável para participar do mercado.

Para Matino (2006) a competitividade das instituições diante do mercado consumidor é resultado dos seus produtos ou serviços, que necessitam ser confiáveis e desempenhar seu papel conforme o anunciado, promovendo o contentamento dos usuários e assim, possibilitando o progresso da empresa com a minimização de perdas e custos de falha. Segundo Juran (1993), qualidade é o conjunto de peculiaridades que contemplam as necessidades e anseios dos clientes, sem a presença de deficiência ou falha, assegurando o nível de contentamento dos consumidores. Para Deming (1982), a qualidade é caracterizada pela melhoria contínua de produtos e processos, buscando atender as expectativas dos clientes.

A satisfação dos usuários possui um elevado grau de importância para o sucesso de qualquer instituição. Tal pensamento é validado por Oliver (2009), que salienta que a satisfação dos clientes tem sido observada como a razão primordial para o êxito de toda organização por mediação da fidelização do cliente. Crosby (1979), retrata a qualidade como a conformidade com os requerimentos do projeto. No entanto, ao longo do tempo, esse autor modificou seu conceito, passando a definir a qualidade como a conformidade com os requerimentos dos clientes (CROSBY, 1992).

Para Silva (2009), a qualidade é definida como “sinônimo da procura contínua de melhoria em todas as vertentes, desde a política e estratégia da organização até aos indicadores financeiros mais relevantes, passando pelos níveis de satisfação de todos os stakeholders”. Deste modo, a qualidade exige um bom desempenho e integração de todas as funções principais da organização, tais como a produção, marketing, planejamento e desenvolvimento de produtos, suportadas pelas funções de apoio (SLACK, CHAMBERS e JHONSTON, 2002; GARVIN, 2002).

## 2.2 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

Segundo Peinado (2007), pode-se compreender por processo de produção a interação entre de recursos a serem transformados e recursos transformadores, que sofrem alterações e dão origem ao produto final, isto é, geram bens e/ou serviços. Para Harrington (1993) “processo é qualquer atividade que recebe uma entrada (input), agrega-lhe valor e gera uma saída (output) para um cliente interno ou externo, fazendo uso dos recursos da organização para gerar resultados concretos”. Enquanto Juran (1995) afirma que o “processo é uma série sistemática de ações direcionadas para a consecução de uma meta”.

Granjeiro-Júnior et al. (2012) comenta que Controle Estatístico do Processo é uma área da qualidade que busca analisar os processos de fabricação a fim de atender os parâmetros previamente estabelecidos, portanto, visa minimizar os desperdícios de insumos e amplia a produtividade e eficiência do processo. Mucida (2010) afirma que o CEP tem como princípio identificar o momento em que um processo está em estado de controle, avaliar se o mesmo se afasta deste estado e propor ações corretivas com base nas informações obtidas. De acordo com Galuch (2002), o CEP refere-se a um método preventivo, que compara constantemente os resultados de um processo com o padrão estabelecido, por meio de dados estatísticos, com o propósito de identificar as tendências para variações significativas, e assim, reduzi-las ou eliminá-las. Logo, o CEP identifica as variabilidades do processo, por meio de técnicas de estatística, quantificando e qualificando as suas variações (MOURA; LINO; FERNANDES, 2008).

Para Souza (2003) a variabilidade diz respeito a variação ou dispersão nas variáveis (diâmetros, pesos, densidades, etc.) ou atributos (cor, defeitos, etc.), esta ocorre em todo e qualquer processo de produção, gerando diferenças entre as unidades produzidas, logo, o emprego de ferramentas estatísticas contribui para a redução da variabilidade. A variabilidade

do processo pode ocorrer por causas comuns ou especiais (MONTGOMERY, 2001; COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005):

- Causas aleatórias ou comuns: são pequenas variações, próprias do processo, impossíveis de serem eliminadas (ex.: vibrações, temperatura, umidade, falhas na sistemática do processo, entre outras.), tais causas geraram produtos sem defeitos, sendo considerado um processo sob controle;
- Causas atribuíveis ou especiais: são perturbações maiores do que as das causas anterior, sendo um problema ou modo de operação anormal (ex: ajuste incorreto ou desajuste de uma máquina, rompimento de um tubo, matéria prima com defeito, entre outros.), portanto, pode ser corrigido ou eliminado, todavia, essas causas especiais devem ser evitadas por gerarem defeitos e o processo que as apresenta é considerado fora de controle.

Assim, utilização do CEP promove a obtenção de dados detalhados do processo, viabilizando a aplicação de melhorias contínuas e a eliminação de possíveis fatores que provoquem a não conformidade do processo, por meio de medidas corretivas de maior eficiência, capazes de garantir um processo estável e controlável ao longo do tempo (LIMA et al, 2011; GRANJEIRO-JÚNIOR et al, 2012). Conforme Costa, Epprecht e Carpinetti, (2005), ferramentas distintas são empregadas no Controle Estatístico de Processos e, entre as mais relevantes, destacam-se: diagrama de causa e efeito, diagrama de concentração de defeito, diagrama de dispersão, histograma, gráfico de controle, gráfico de Pareto e folha de verificação. Entretanto, segundo Montgomery (2009), o gráfico de controle é reconhecido como a ferramenta mais eficaz do CEP.

### 2.3 AMOSTRAGEM

Todo processo apresenta propriedades específicas, possibilitando a ocorrência de variabilidade no processo e assim, tornando improvável a produção de bens ou serviços completamente idênticos, podendo ainda gerar produtos defeituosos ou que não atendam aos padrões de especificação, por falha no processo (SOUZA, 2003; COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

De acordo com Marotti (2008) e Mucidas (2010), geralmente, examinar todos os bens após um processo de fabricação e compará-lo às especificações não é uma prática viável. A inspeção por amostragem é uma opção para avaliar a qualidade do produto e do processo, reduzindo o tempo de análise e os custos envolvidos (BOLFARINE e BUSSAB, 1994;

BUSSAB e MORETTIN, 1987). Marotti et al. (2008) afirma que para elaborar conjecturas válidas acerca de todos os produtos, a partir de uma amostra, é necessário que a mesma seja representativa. Para garantir a confiabilidade e obter resultados mais próximos da realidade de todo o lote avaliado, o processo de seleção da amostra deve ser realizado de forma aleatória, livre de escolhas tendenciosas e equivocadas (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

Segundo Agranonik e Hirakata (2011) é possível calcular o tamanho da amostra a partir das equações a seguir:

- Para populações finitas (<10000):

$$n = \frac{p(1-p)Z^2N}{\varepsilon^2(N-1)+Z^2p(1-p)} \quad (\text{Equação 1})$$

- Para populações infinitas ou desconhecidas:

$$n = \frac{p(1-p)Z^2}{\varepsilon^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

n: tamanho da amostra;

p: proporção esperada (desvio padrão);

N: tamanho da população;

$\varepsilon$ : tamanho do intervalo de confiança (margem de erro);

Z: valor da distribuição normal para determinado nível de confiança (Tabela 01).

A Tabela 1 permite obter os intervalos de normalidade para um determinado nível de confiança.

**Tabela 1** - Valores da distribuição normal (Z) de acordo com os níveis de confiança mais utilizados.

	Nível de confiança (%)		
	90	95	99
Z	1,645	1,96	2,575

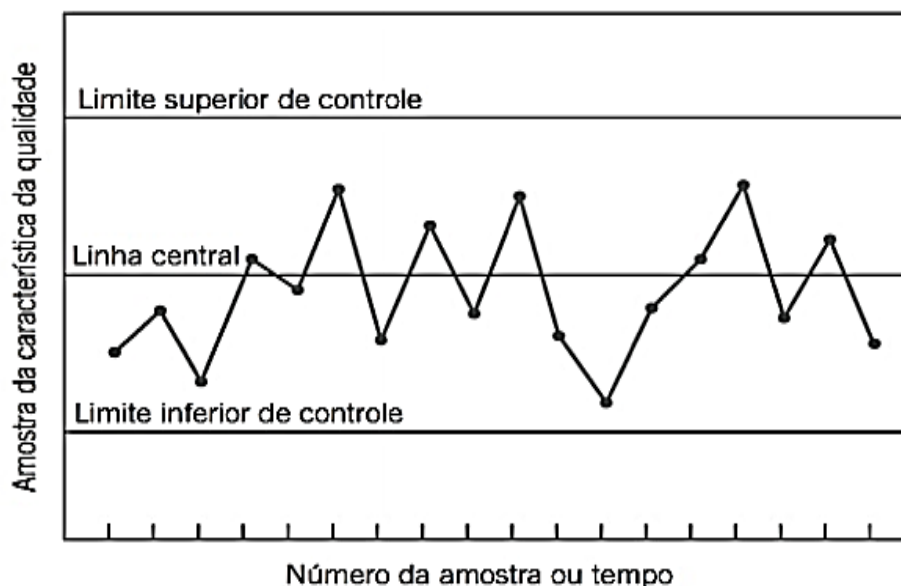
**Fonte:** Agranonik e Hirakata (2011)

Para definir o tamanho da amostra a ser utilizada neste trabalho, será empregada a equação (1) para populações finitas, pois a empresa a ser estudada trabalha com lotes de 1000 unidades.

## 2.4 GRÁFICOS DE CONTROLE

As informações utilizadas para avaliação do CEP são obtidas por meio de medições de variáveis de interesse em determinados pontos de tempo e, posteriormente, expostos em gráficos de controle (LIMA et al, 2009). Montgomery e Runger (2009) declaram que tais gráficos dizem respeito a “uma disposição gráfica de uma característica da qualidade [...] usada para monitorar um processo”. Estes são empregados no controle estatístico do processo, com o propósito de identificar possíveis dispersões, determinando se o processo é estável ou não, por meio da relação dos fatores medidos com os limites aceitáveis especificados, e assim, reduzir a quantidade de bens fora dos parâmetros estabelecidos e os custos de produção (ALENCAR; LOPES; SOUZA, 2007; MARTINS, 2008). O Gráfico 1 mostra um exemplo de gráfico de controle.

**Gráfico 1** - Típico gráfico de controle.

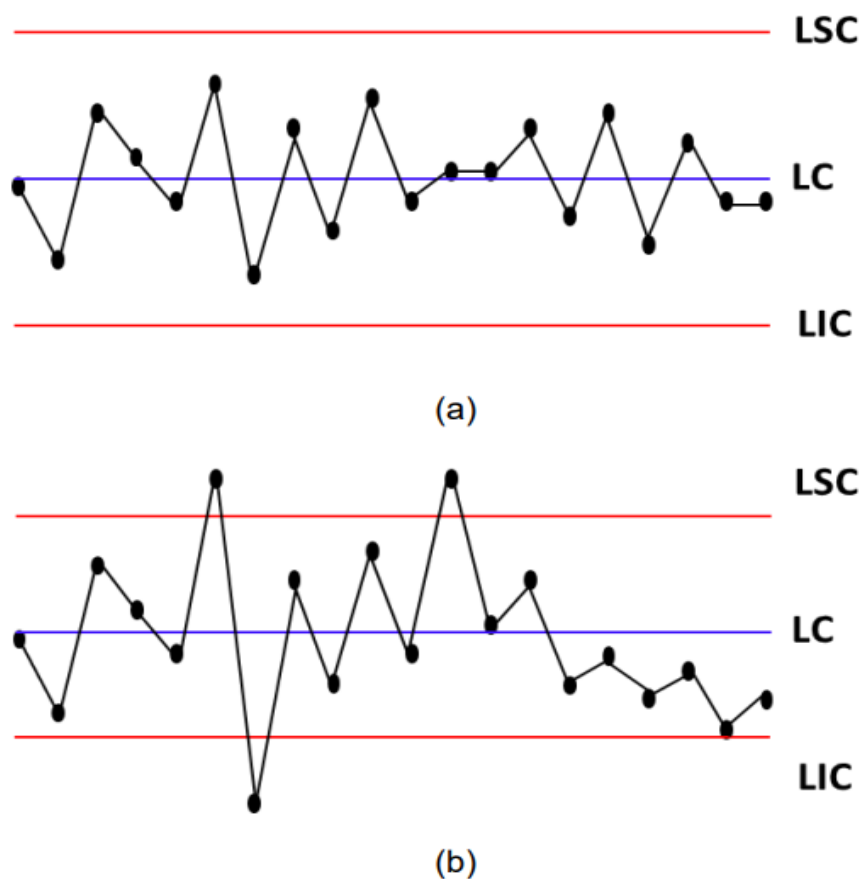


Fonte: Montgomery (2009)

Segundo Vieira (1999), nos gráficos de controle exibem três linhas paralelas denominadas Limite Superior de Controle (LSC), Linha Média (LM) e Limite Inferior de Controle (LIC), indicando se os valores do processo estão sob ou fora de controle. A Gráfico 2 apresenta gráficos de controles onde processo encontra-se estável (gráfico a) e fora de controle (gráfico b). Lima (2009) assegura que um processo é classificado como sob controle, quando todos valores presentes no gráfico estiverem dispostos dentro dos limites de controle,

sem qualquer tendência particular e de forma aleatória. No entanto, se os pontos saírem dos limites de controle ou apresentarem uma disposição atípica, o processo é julgado como fora de controle (KUME, 1993; VIEIRA, 1999).

**Gráfico 2** - Representação gráfica de processos sob controle e fora de controle.



Fonte: Oliveira (2013)

Conforme Galuch (2002), os gráficos de controle podem ser empregados com as intenções de: alcançar um estado de controle estatístico, monitorar um processo e, ainda, determinar a aptidão do processo. Werkema (1995) saliente que um gráfico de controle não identifica quais são as causas especiais de variação que estão atuando em um processo fora de controle estatístico, mas ele dispõe informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas.



### 2.4.1 Tipos de Gráficos de Controle

Os gráficos de controle podem ser categorizados conforme as características de qualidade analisadas no processo, sendo classificados em dois tipos, os que retratam as análises da qualidade por atributos, e os que descrevem as análises a partir de variáveis (LIMA et al, 2009). Conforme Galuch (2002), os gráficos de controle por variáveis referem-se a atributos da qualidade que são capazes de ser expressos em termos numéricos, assim, podendo analisar o desempenho de medições em uma escala contínua, como o comprimento, concentração ou peso. Segundo Werkema (1995) e Montgomery (2009) os de gráficos de controle para variáveis mais utilizados são:

- a) **Gráfico de Controle para Média ( $\bar{x}$ ):** Tem como objetivo monitorar o nível médio da qualidade do processo, avaliando a variabilidade entre amostras a partir das médias;
- b) **Gráfico de Controle para Amplitude (R):** Desempenha a função de medir a variabilidade dentro da amostra, a partir das amplitudes. Segundo os autores, deve-se utilizar este gráfico em conjunto com o gráfico de controle para média, uma vez que a média do processo pode estar estável, mas sua amplitude não, assim como as médias das amostras podem ser equivalentes e a amplitude nas amostras serem distintas. Deste modo, o gráfico R garante o acompanhamento mais eficiente do processo;
- c) **Gráfico de Controle para Desvio Padrão (S):** Semelhante ao gráfico de controle para amplitude é preferível quando o tamanho da amostra  $n$  é relativamente grande,  $n > 10$ , já que o método das amplitudes perde eficiência para estimar  $\sigma$  tratando-se de amostras grandes; ou quando o tamanho da amostra  $n$  é variável. Este gráfico também deve ser usado em conjunto com o gráfico de controle para média;
- d) **Gráfico de Controle para Medidas Individuais:** É empregado em ocorrências nas quais o tamanho da mostra do processo seja igual a um, ou quando várias medidas consistem em uma mesma unidade.

Já os gráficos de controle para atributos dizem respeito a fatores da qualidade que não podem ser expressos em uma escala quantitativa, sendo conceituados como conforme ou não conforme, tal como a presença de manchas ou riscos, presença de etiqueta, entre outros (RIBEIRO; TEN CATEN, 2012). De acordo Werkema (1995) e Montgomery (2009) os de gráficos de controle para atributos mais utilizados são:

- a) **Gráfico de Controle para a Fração Não Conforme:** Trata-se da razão entre o número de elementos não conforme em relação ao número total produzido. Se o elemento não atender os parâmetros em um ou mais fatores, passa a ser categorizado como não conforme;
- b) **Gráfico de Controle para a Fração Não Conformidades (Defeitos):** Refere-se ao número médio de não conformidades por unidade de item produzido, sendo utilizado quando é necessário fazer um controle de defeitos por produto.

Os gráficos de controle de qualidade, sejam por variáveis ou por atributos, são elaborados a partir em algumas características de qualidade, que permitem enxergar se o processo está sob controle (LACHMAN; LIEBERMAN; KANIG, 2001). Entretanto, Galuch, (2002) afirma que os gráficos por variáveis nos apresentam mais informações em comparação com os de atributos, fazendo com que sejam mais utilizados para o CEP.

Nas próximas sessões serão apresentadas as formulações matemáticas para o desenvolvimento dos gráficos de controle citados.

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

Segundo Oliveira et al. (2013), a construção dos limites de controle do gráfico para a média ( $\bar{x}$ ) pode ser realizada por meio das seguintes equações:

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

$$\text{Linha Central} = \bar{\bar{x}} \quad (\text{Equação 4})$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \quad (\text{Equação 5})$$

A estimativa da média do processo ( $\bar{\bar{x}}$ ) deve ser realizada a partir de amostras ou subgrupos, sendo pelo menos 20 ou 25 amostras. Assim, suponha que  $m$  amostras estejam disponíveis, cada uma com  $n$  observações da característica da qualidade, comumente  $n$  será pequeno (MONTGOMERY, 2009):

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (\text{Equação 6})$$

A constante  $A_2$  encontra-se tabulada para vários tamanhos de amostras na Tabela do Anexo A. Ademais, o cálculo das amplitudes das  $m$  amostras consiste na diferença entre a

maior e a menor observação da amostra, isto é,  $R = x_{máx} - x_{mín}$ , sendo assim, a média das amplitudes do número  $m$ , é expressa a seguir (LOURENÇO FILHO, 1985):

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (\text{Equação 7})$$

Conforme Samohyl (2009), a variabilidade do processo pode ser observada por meio dos valores das amplitudes amostrais  $R$  em um gráfico de controle, o cálculo dos limites é efetuado a partir das seguintes equações:

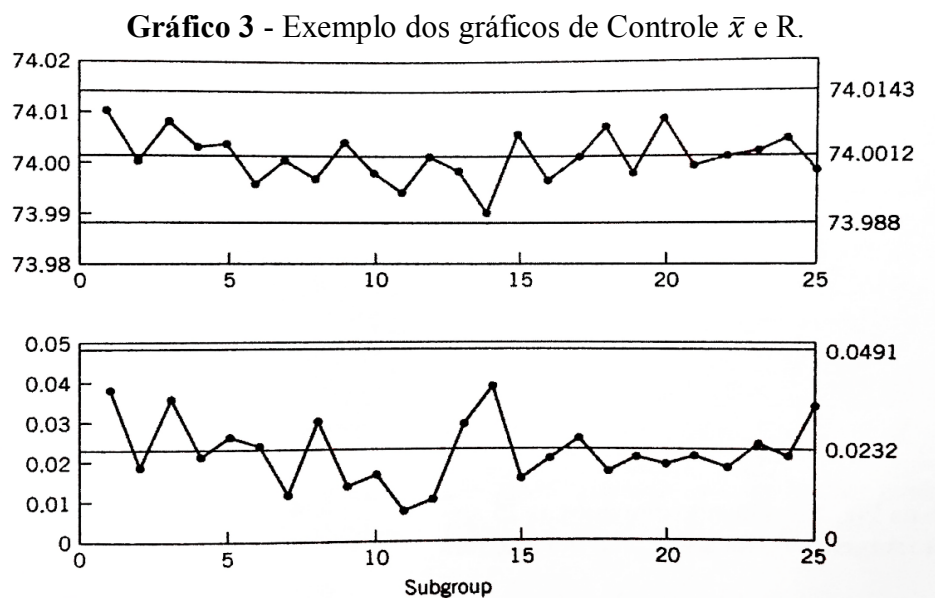
$$LSC = D_4 \bar{R} \quad (\text{Equação 8})$$

$$\text{Linha Central} = \bar{R} \quad (\text{Equação 9})$$

$$LIC = D_3 \bar{R} \quad (\text{Equação 10})$$

As constantes  $D_3$  e  $D_4$  encontram-se na Tabela do Anexo A.

O Gráfico 3 é um exemplo dos gráficos de controle  $\bar{x}$  e  $R$ , no qual o primeiro representa o gráfico de  $\bar{x}$ , onde o eixo vertical esquerdo exibe as médias das amostras, o eixo horizontal diz respeito ao número da amostra, a linha central refere-se ao processo sob controle, as linhas acima e abaixo da linha central trata-se dos limites superior e inferior, respectivamente.



Fonte: Montgomery (2009)

Já o segundo (Gráfico 3), retrata o gráfico de  $R$ , no qual o eixo vertical esquerdo representa as amplitudes das amostras, o eixo horizontal, assim como o gráfico de  $\bar{x}$  apresenta o número da amostra, a linha central exibe a amplitude média, a linha acima da linha central trata-se do limite superior, enquanto o limite inferior está exposto no eixo horizontal, uma vez que o número de observações foi menor que seis, tornando a constante  $D_3$  igual à zero, assim o limite inferior tem como valor o número zero.

### 2.4.3 Gráfico de Controle $\bar{x}$ e $S$

A elaboração do gráfico de controle  $\bar{x}$  e  $S$  assemelha-se a mesma sequência de etapas dos gráficos  $\bar{x}$  e  $R$ , com a exceção de que, para cada amostra, deverá ser calculada a média amostral  $\bar{x}$  e o desvio padrão. Logo, os limites de controle do gráfico de  $\bar{x}$  podem ser obtidos por meio das equações (SAMOHYL, 2009):

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{S} \quad (\text{Equação 11})$$

$$\text{Linha central} = \bar{\bar{x}} \quad (\text{Equação 12})$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{S} \quad (\text{Equação 13})$$

Considerando que  $\bar{\bar{x}}$  é estimado conforme a equação (6) e a constante  $A_3$  encontra-se na Tabela do Anexo A, similar ao gráfico de controle  $\bar{x}$  e  $R$ . Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), a estimativa para  $\bar{S}$  é realizada a partir da média dos desvios padrão, de  $m$  amostras, cada uma de tamanho  $n$ :

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i \quad (\text{Equação 14})$$

Sendo a fórmula do desvio padrão:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{Equação 15})$$

Conforme Montgomery (2009), a construção dos limites de controle do gráfico de  $S$  pode ser realizada por meio das seguintes equações:

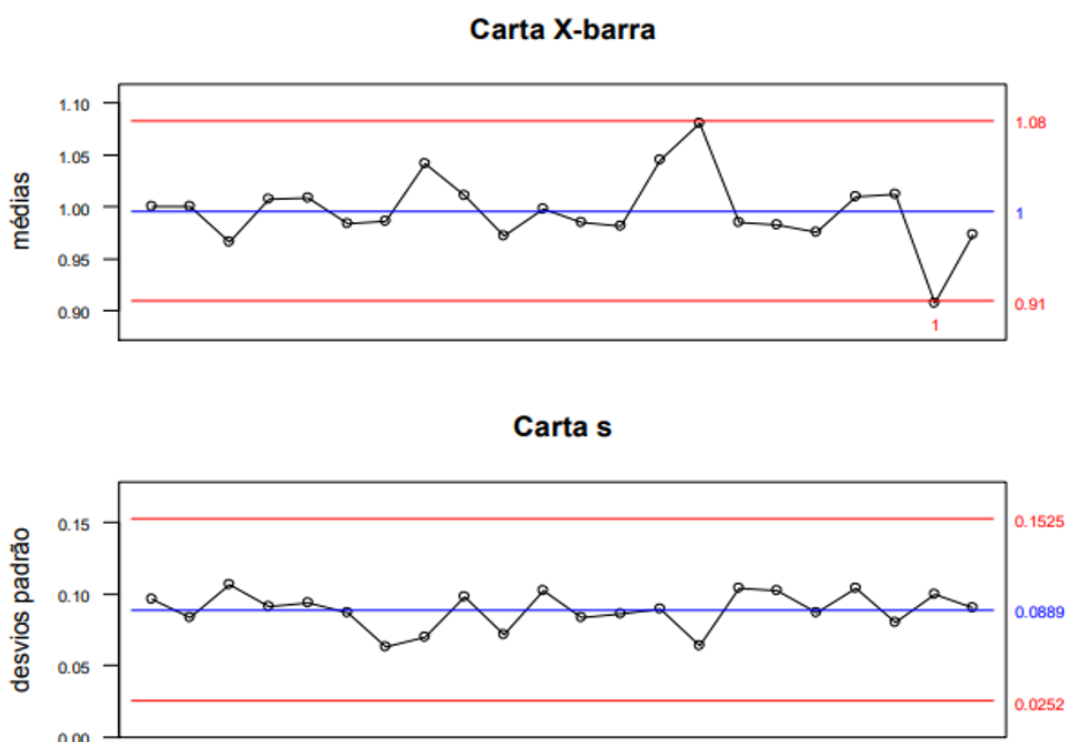
$$LSC = B_4\bar{S} \quad (\text{Equação 16})$$

$$\text{Linha central} = \bar{S} \quad (\text{Equação 17})$$

$$LIC = B_3\bar{S} \quad (\text{Equação 18})$$

As constantes  $B_3$  e  $B_4$  encontram-se na Tabela do Anexo A. O Gráfico 4 é um exemplo dos gráficos de controle  $\bar{x}$  e  $S$ , no qual a primeira ilustração retrata o gráfico de  $\bar{x}$ , semelhante ao gráfico de  $\bar{x}$  e  $R$ .

**Gráfico 4** - Exemplo dos gráficos de controle  $\bar{x}$  e  $S$ .



**Fonte:** Oliveira (2013)

No gráfico de  $S$  (apresentado no Gráfico 4), o no eixo vertical representa o desvio padrão das amostras, o eixo horizontal exibe o número da amostra, a linha central indica o desvio padrão médio e as linhas em vermelho referem-se aos limites superior e inferior.

Para elaboração dos gráficos de controle deste estudo, será utilizado os gráficos de  $\bar{x}$  e  $S$ , já que a amostra a ser analisada será relativamente grande ( $n > 10$ ) para representar fielmente o lote da empresa.

#### 2.4.4 Capacidade e ou desempenho do Processo

Almas (2003) salienta que um processo estar dentro dos limites de controle estatístico não implica que os produtos resultantes atendem às especificações de qualidade exigidas. Logo, o objetivo da análise da capacidade e desempenho do processo é diagnosticar se os processos são capazes de produzir bens conforme os padrões de especificação, avaliando os parâmetros funcionais do produto, e não o processo em si (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005). Conforme Oliveira et al. (2011) “produzir de acordo com as especificações é o principal foco do estudo da capacidade do processo e também uma garantia da qualidade do processo e produto de qualquer empresa”

De acordo com Montgomery (2009), a análise da capacidade e desempenho de um processo é essencial para elevar a qualidade e, assim, seus dados são empregados em vários setores do ciclo do produto, tais como: prever até que ponto o processo manterá as tolerâncias; auxiliar os autores do produto na seleção ou modificação de um processo; contribuir na estimativa de um intervalo entre amostras para o monitoramento do processo; planejamento do produto e do processo; reduzir a variabilidade em um processo de fabricação.

A avaliação da capacidade do processo é realizada a partir da variabilidade de um processo estável em relação as especificações do projeto, isto é, quando os valores dos gráficos de controle estiverem dentro dos limites, sendo empregado os índices de capacidade do processo (ICP) –  $C_p$ ,  $C_{p_k}$ ,  $C_{pm}$  e  $C_{pm_k}$  para tal avaliação. (OLIVEIRA, 2014). Montgomery (2004) afirma que se o processo não se encontra estável deve-se ser aplicar os índices do desempenho de um processo (IDP) -  $P_p$ ,  $P_{p_k}$ ,  $P_{pm}$  e  $P_{pm_k}$ , que analisam se a amostra gerada do processo tem condição de atender as especificações estabelecidas.

Segundo com Rodrigues (2001) “embora  $C_{pm}$  e  $C_{pm_k}$  sejam um avanço em relação à  $C_p$  e  $P_p$ , por serem funções do desvio padrão, da média e do valor alvo do processo, eles apresentam resultados insatisfatórios.” Sendo assim, este estudo abordará apenas os índices  $C_p$ ,  $C_{p_k}$ ,  $P_p$  e  $P_{p_k}$ .

#### 2.4.5 Índices de Capacidade Potencial e de Desempenho Potencial

O índice  $C_p$  ( $P_p$ ) mostra a capacidade (desempenho) de um processo quando sua média corresponder a um valor alvo (T), localizado no ponto médio (M) entre os limites de especificação, ou seja, os índice relacionam a amplitude das especificações (tolerâncias) a

variabilidade (natural ou não) a qual o processo está submetido (GALUCH, 2002; SAMOHYL, 2009; MUCIDAS, 2010). De acordo com Kane (1986), o índice  $Cp$  é definido como:

$$Cp = \frac{LSE-LIE}{6\sigma_{ST}} \quad (\text{Equação 19})$$

Onde LES e LIE são os limites superior e inferior de especificação estabelecidos à característica em estudo no processo e  $\sigma_{ST}$  é o desvio padrão parcial. Conforme Samohyl (2009), o  $\sigma_{ST}$  pode ser calculado por meio da equação a seguir:

$$\sigma_{ST} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (\text{Equação 20})$$

Já  $\bar{R}$  refere-se a médias das amplitudes e  $d_2$  trata-se do coeficiente de Shewhar, que aumenta de acordo com o tamanho da amostra, tal valor pode ser encontrado na Tabela do anexo A.

De acordo com Kotz e Johnson (1993), o índice  $Pp$  é definido como:

$$Pp = \frac{LSE-LIE}{6\sigma_{LT}} \quad (\text{Equação 21})$$

LES e LIE são os limites superior e inferior de especificação e  $\sigma_{LT}$ , o desvio padrão total observado àquela característica, este desvio pode ser encontrado a partir da equação (15).

O processo pode ser considerado como adequando quando o índice  $Cp$  ( $Pp$ )  $\geq 1,33$ , ou seja, o processo, é capaz de atender à especificação; para valores ente 1 e 1,33 ( $1 < Cp$  ( $Pp$ )  $< 1,33$ ) os resultados estão dentro dos limites de tolerância, sendo um processo aceitável; em casos que o  $Cp$  ( $Pp$ )  $< 1$ , o processo é considerado incapaz (GALUCH, 2002; MONTGOMERY e RUNGER, 2012; OLIVEIRA, 2014).

#### 2.4.6 Índices de Capacidade Efetiva e de Desempenho Efetivo

O índice de  $Cp_k$  ( $Pp_k$ ) mede a capacidade (desempenho), considerando a centralização do mesmo, a fim de indicar a capacidade que o processo possui em produzir efetivamente resultados aceitáveis, variando dentro dos limites especificados de controle

(SANTOS; BREIER; TEN CATEN, 2014). Conforme Bothe (1997), as equações destes índices são:

$$Cp_k = \min \left( Cp_s = \frac{LSE - \mu}{3\sigma_{ST}}, Cp_i = \frac{\mu - LIE}{3\sigma_{ST}} \right) \text{ (Equação 22)}$$

$$Pp_k = \min \left( Pp_s = \frac{LSE - \mu}{3\sigma_{LT}}, Pp_i = \frac{\mu - LIE}{3\sigma_{LT}} \right) \text{ (Equação 23)}$$

Onde LES e LIE são os limites superior e inferior de especificação,  $\mu$  refere-se a média da amostra,  $\sigma_{ST}$  é o desvio padrão parcial e  $\sigma_{LT}$  diz respeito ao desvio padrão total observado àquela característica.

De acordo com a ASQC (AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL, 1986), o valor mínimo recomendado para o  $Cp_k$  ( $Pp_k$ ) é de 1,33, se  $Cp_k$  ( $Pp_k$ ) for igual a 2,0, o processo é capaz e está oscilando em apenas 50% da especificação; se  $Cp_k$  ( $Pp_k$ ) for igual a 1,0, a capacidade do processo é marginal; e se  $Cp_k$  ( $Pp_k$ ) for menor que 1,0, o processo não pode ser considerado capaz.

Segundo Toledo (2005), os termos capacidade, capabilidade, aptidão e desempenho de processo possuem o mesmo significado, uma vez que todos representam medidas estatísticas que indicam a taxa de variação existente no processo em relação às especificações dos clientes. Os índices de capabilidade, baseados nas suposições de normalidade dos dados e de controle estatístico do processo são geralmente conhecidos como CP e CPK, já processos onde as amostras são relativamente pequenas ou para os quais não se tenha certeza de sua estabilidade são utilizados os índices PP e PPK (MOREAS, 2006). Sendo assim, a utilização dos índices expostos neste trabalho dependerá da estabilidade do processo em estudo.

## 2.5 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NA FASE DE ENVASE DO PROCESSO PRODUTIVO

Vários autores realizaram estudos acerca da aplicação do controle estatístico do processo na etapa de envase, nos mais diversos tipos de processos produtivos. A seguir serão retratadas algumas destas análises.

Araújo et. al (2010), utilizaram os gráficos de controle por variável, em conjunto com o cálculo dos índices de capacidade, na etapa de envase de margarina, constatando que o



processo estava sob controle., No entanto, a avaliação dos índices de capacidade expôs que o processo não era capaz de atender as especificações.

Alecrim (2015) buscou identificar as principais causas da variabilidade do peso do iogurte de morango 180g, por meio de fluxogramas, histogramas e gráficos de controle que apresentaram pontos em alerta, assim, foram sugeridos novos limites de especificação para o processo que o tornaram mais eficaz, isto só foi possível através de análises das causas especiais do processo, mediante ao uso de diagrama de causa e efeito, afim de elimina-las, tornando assim o processo sob controle.

Amancio, Alfineto e Machado (2018), aplicaram o gráfico de controle de XR em uma fábrica de doces de frutas em barras, com base na coleta de 20 amostras contendo 5 subgrupos, identificou-se que processo estava sob controle estatístico, entretanto, apresentava a necessidade de ajuste por meio do deslocamento da média do atual do processo, para a média da especificação, deste modo, reduzindo os desperdícios.

Mucidas (2010) fez uso dos gráficos de controle de XR e analisa a capacidade do processo na fase de envase de leite UHT, o estudo foi sedimentado por máquinas e turnos. Para as três máquinas, o processo mostrou-se incapaz, possuindo duas com processos fora de controle. Os resultados recomendam a priorizar a manutenção da máquina de maior capacidade de envase e no turno da madrugada, já que representam os pontos mais críticos do processo.

Os trabalhos expostos acima foram utilizados para que houvesse uma melhor compreensão a respeito da utilização dos Gráficos de Controle, bem como de índices de capacidade e desempenho do processo, no que diz respeito à abordagem da aplicação do Controle Estatístico do Processo, com o objetivo atingir melhores resultados para a empresa estudada

### 3 METODOLOGIA

Este tópico descreve as premissas metodológicas empregadas para o desenvolvimento da pesquisa. Desta forma, inicialmente é apresentada a caracterização da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Em seguida são definidas as etapas para a realização do trabalho.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Souza (2002), a pesquisa científica compreende um processo metódico de pesquisa, empregando procedimentos científicos a fim de obter respostas para um problema. Uma pesquisa pode ser caracterizada quanto à sua natureza, forma de abordagem, objetivos e procedimentos técnicos empregados.

Quanto à natureza, Gil (2010) afirma que uma pesquisa aplicada tem o intuito de gerar conhecimentos para aplicação prática, tendo em vista a solução de problemas ou necessidades concretas e imediatas encontrados na realidade. Assim, este estudo tem como natureza uma pesquisa aplicada, uma vez que tem como objetivo empregar os conhecimentos obtidos para o gerenciamento da qualidade do processo, com o propósito de detectar os padrões de produção, a estabilidade do processo e possíveis erros e/ou perdas que estejam ocorrendo na linha de produção observada.

Em relação a forma da abordagem, Godoy (1995) destaca a pesquisa quantitativa como a que considera que todas as variáveis podem ser quantificáveis e utiliza métodos e técnicas estatísticas para traduzir, em números, opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Para Minayo (2001), “a pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis”. Diante do exposto, o presente trabalho pode ser classificado como quali-quantitativo, quantitativo por utilizar métodos estatísticos para analisar o comportamento do processo, qualitativo por expor questões relacionadas à manutenção do equipamento utilizado para o processo.

Quanto aos objetivos, Gil (2007) explica que uma pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a

compreensão. Segundo este autor, uma pesquisa explicativa busca identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, isto é, explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos. Neste sentido, esta pesquisa caracteriza-se como exploratória-explicativa, já que tem como base levantamentos bibliográficos e busca reconhecer as causas que influenciam o processo de envase.

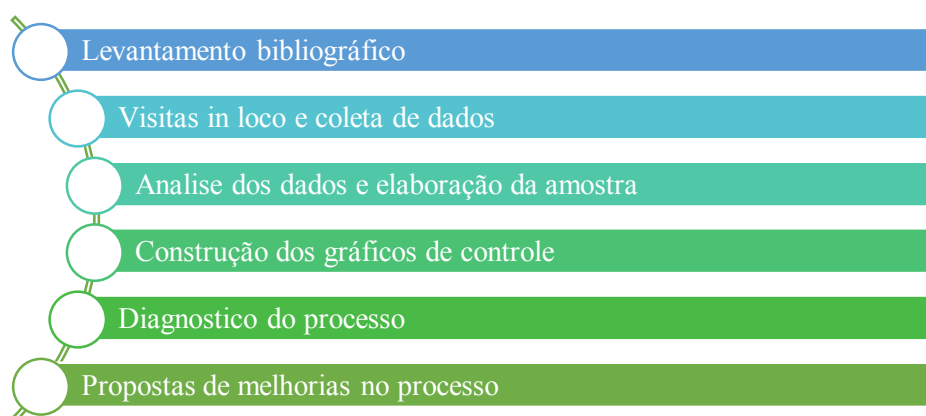
Com relação aos procedimentos técnicos, Lakatos e Marconi (1996) definem a pesquisa bibliográfica como um levantamento geral sobre os trabalhos já realizados na área. De acordo Yin (2001), o estudo de caso consiste em um aprofundado levantamento do objeto estudado, de modo que um extenso conhecimento das condições reais e fenômenos abordados sejam obtidos. Deste modo, este trabalho refere-se a um estudo de caso por analisar detalhadamente um processo de envase, empregando procedimentos técnicos de pesquisas bibliográficas que possibilitaram compreender a situação do processo.

Assim, este trabalho emprega procedimentos técnicos como a pesquisa bibliográfica, buscando encontrar informações sobre o assunto abordado, a partir de material já publicado, como também, o método estudo de caso, por envolver um estudo detalhado e aprofundado em relação a gestão de estoque na empresa em questão.

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A realização deste trabalho foi segmentado em fases. A Figura 2 sistematiza as etapas da pesquisa.

**Figura 2** - Etapas da pesquisa.



**Fonte:** Autor (2019).

A princípio foram realizadas pesquisas sobre o conteúdo e os principais conceitos acerca do tema abordado, que foram essenciais para fundamentar o desenvolvimento do presente estudo, por meio de materiais já elaborados sobre controle estatístico do processo, gráficos de controle e capacidade do processo.

Posteriormente, realizou-se visitas técnicas *in loco*, tendo em vista a obtenção de dados por meio de observações diretas, conversas com os funcionários e pesagens dos produtos para a elaboração de uma amostra que representasse fielmente a produção da empresa. A partir das informações recolhidas, constatou-se que a pasteurização do leite é o carro chefe da cooperativa, uma vez que é o único produto que possui venda garantida e a única linha de produção que opera todos os dias úteis da semana. Por estes motivos, a pasteurização do leite foi o processo escolhido para ser analisado.

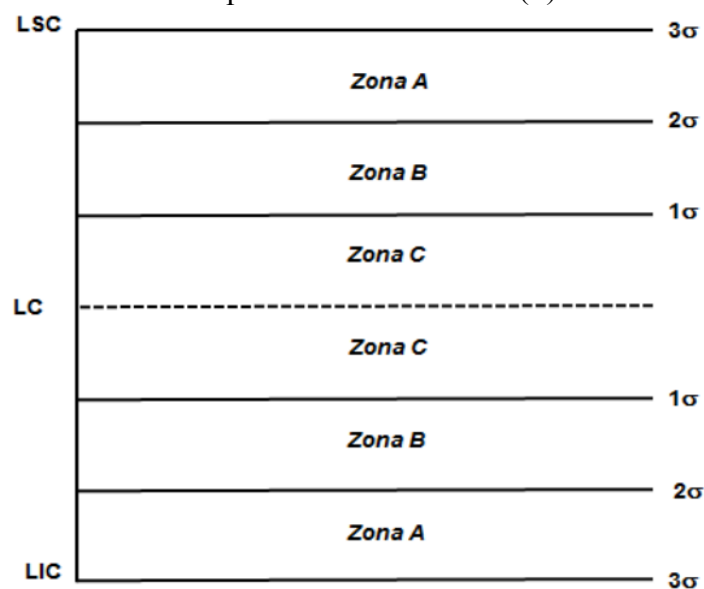
Visando o uso de uma amostra satisfatória, considerou-se, para o cálculo do tamanho de amostra, o nível de confiança de 95%, margem de erro de aproximadamente 4% e desvio padrão de 50%, valor comumente utilizado pelos pesquisadores (OCHOA, 2013), para a população de 1000 itens. A partir da equação (1), foi obtido uma amostra com 375 unidades. Segundo Oliveira (2013), não há uma regra para definir a quantidade de subgrupos e/ou o tamanho dos subgrupos, mas em geral, utiliza-se de 20 a 25 subgrupos. Assim, optou-se por dividir a amostra em 25 subgrupos com 15 observações cada. Para realizar as pesagens, foi escolhido um total de 25 caixotes (onde o produto é acondicionado após o processo), de forma aleatória, no decorrer de 13 dias. As observações foram executadas em 2 horários distintos ao longo do dia de produção, e no último dia da pesagem as observações ocorreram em um único horário.

Os dados coletados nas pesagens foram postos em uma planilha do Excel, que auxiliou na obtenção da média, amplitude e desvio-padrão, enquanto, para elaboração dos gráficos de controle, utilizou-se o software MINITAB. Para a avaliação dos gráficos utilizou-se os critérios de decisão para gráficos de controle da norma ISO 8258 – Shewhart Control Charts:

- Teste 1: 1 ou mais pontos acima do LSC ou abaixo do LIC;
- Teste 2: 9 pontos consecutivos na zona C ou no mesmo lado do LC;
- Teste 3: 6 pontos consecutivos, todos aumentando ou todos diminuindo;
- Teste 4: 14 pontos consecutivos alternando para cima e para baixo;
- Teste 5: 2 de 3 pontos consecutivos na zona A ou além dela;
- Teste 6: 4 de 5 pontos consecutivos na zona B ou além dela;
- Teste 7: 15 pontos consecutivos na zona C (tanto acima quanto abaixo do LC);
- Teste 8: 8 pontos consecutivos na zona B.

A conformidade dos dados do processo com algum destes teste, implica que o mesmo se encontra fora de controle. A Figura 6, auxiliará na compreensão das zonas descritas nos testes acima.

**Gráfico 5** - Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios ( $\sigma$ ).



**Fonte:** ISO 8258 – Shewhart Control Charts (1991).

Analisou-se ainda se o processo atende a Portaria INMETRO nº 248, de 17 de julho de 2008, que estabelece critérios para a verificação do conteúdo líquido de produtos pré-medidos, com conteúdo nominal igual, e comercializados nas grandezas de massa e volume. Tal regulamento refere-se acerca da diferença que é tolerada entre o conteúdo efetivo existente no interior da embalagem e o conteúdo nominal, isto é, aquele declarado na embalagem. O regulamento técnico orienta a respeito da tolerância individual (T), de acordo com o conteúdo nominal, conforme mostra a Tabela 2.

**Tabela 2** - Tolerâncias individuais admissíveis para massa e volume.

Conteúdo Nominal $Q_n$ (g ou mL)	Tolerância Individual T	
	Percentual de $Q_n$	g ou mL
5 a 50	9	-
50 a 100	-	4,5
100 a 200	4,5	-
200 a 300	-	9
300 a 500	3	-
500 a 1000	-	15
1000 a 10000	1,5	-
10000 a 15000	-	150
15000 a 25000	1	-

Fonte: INMETRO (2008)

Onde  $Q_n$  é o conteúdo nominal do produto, ou seja, aquele que foi declarado no rótulo. As seguintes considerações são feitas por este regulamento:

- Valores de T para  $Q_n$  menor ou igual a 1000g ou ml devem ser arredondados em 0,1g ou ml para mais;
- Valores de T para  $Q_n$  maior do que 1000g ou ml devem ser arredondados para o inteiro superior em g ou ml.

Para que o lote analisado seja aprovado sob os critérios do INMETRO, é preciso que ele atenda às condições indicadas nas Tabelas 3 e 4, simultaneamente.

**Tabela 3** - Critério para a média.

Tamanho do lote	Tamanho da amostra	Critério de aceitação para a média
50 a 149	20	$\bar{x} \geq Q_n - 0,640S$
150 a 4000	32	$\bar{x} \geq Q_n - 0,485S$
4001 a 10000	80	$\bar{x} \geq Q_n - 0,295S$

Fonte: INMETRO (2008)

Onde,  $\bar{x}$  é a média da amostra,  $Q_n$  refere-se ao conteúdo nominal do produto e  $S$  é o desvio padrão da amostra, obtido a partir da equação (15). Como o lote em estudo apresenta 1000 unidades, o tamanho da amostra a ser analisada para atender os critérios individuais do INMETRO

é de 32 itens, estes elementos foram retirados de forma aleatória das 375 unidades observadas para construção dos gráficos de controle.

**Tabela 4 - Critério individual.**

<b>Tamanho do lote</b>	<b>Tamanho da amostra</b>	<b>Critério de aceitação individual (c)</b>
50 a 149	20	1
150 a 4000	32	2
4001 a 10000	80	5

**Fonte:** INMETRO (2008)

Para o critério individual, é admitido um máximo de  $c$  unidades abaixo de  $Q_n - T$ . Os regulamentos propostos pelos órgãos competentes determinam apenas o limite mínimo de volume ou massa que é aceito pela legislação. Por fim, foram propostas melhorias, com o objetivo de manter o processo sob controle, permitindo que a empresa garanta a sua continuidade no mercado e assegure seu contrato com os programas sociais de distribuição de leite dos governos estaduais e municipais.

## 4 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo apresenta o estudo de caso em uma usina beneficiadora de leite de cabra, localizada no cariri Paraibano. Neste sentido, inicialmente é apresentada a caracterização da empresa em estudo e o processo a ser avaliado. Em seguida, será exposto os gráficos de controle e do desempenho do processo para aplicação do CEP, juntamente com suas análises e propostas de melhorias.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa A é uma pequena usina de beneficiamento de leite de cabra, situada no cariri paraibano. Sua concepção se deu a partir de uma Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos, fundada em 1997, que tinha como principais ações o recebimento diário de 250 litros de leite, destinados aos programas sociais dos governos estaduais e municipais.

Por se tratar de uma sociedade civil sem fins lucrativos, a associação não poderia comercializar seus produtos, diante deste obstáculo, surgiu a Empresa A, no ano de 2006, que além de pasteurizar o leite, produz e vende queijos finos artesanais, iogurtes e doces. Atualmente, a empresa recebe a produção de 10 municípios, sendo eles: Gurjão, Santa Luzia, Taperoá, Santo André, Parari, Boqueirão, Cabaceiras, Barra de São Miguel, Riacho de Santo Antônio e São Domingos do Cariri, gerando renda para cerca de 400 produtores.

A empresa pasteuriza e embala em média 3,2 mil litros de leite por dia. Este produto é destinado a alimentação das crianças de escolas públicas e a famílias de baixa renda, por meio de programas municipais e do Programa Leite da Paraíba, atividade realizada pelo Governo da Paraíba. Enquanto os doces, iogurtes e queijos, são comercializados em eventos, exposições e na loja local da cooperativa, tendo como principais clientes, turistas.

A produção dos queijos, é realizada diariamente, sendo fabricado em média 30 peças por dia, que posteriormente é armazenado na câmara fria para a maturação, que ocorre de 7 dias a 8 meses, dependendo do tipo do queijo. O catálogo da organização apresenta queijos banhados a vinho, branco, chimichurri, pimenta de aroeira, orégano, defumado e do reino. Já a produção dos iogurtes é realizada uma vez por semana, totalizando cerca de 400 litros ao mês. Após a mistura de todos os ingredientes, o composto é levado a câmara fria, onde passa 24h fermentando e em seguida ocorre o processo de envase e a estocagem. Enquanto o doce é fabricado a cada 15 dias resultando, em média, de 43 porções.

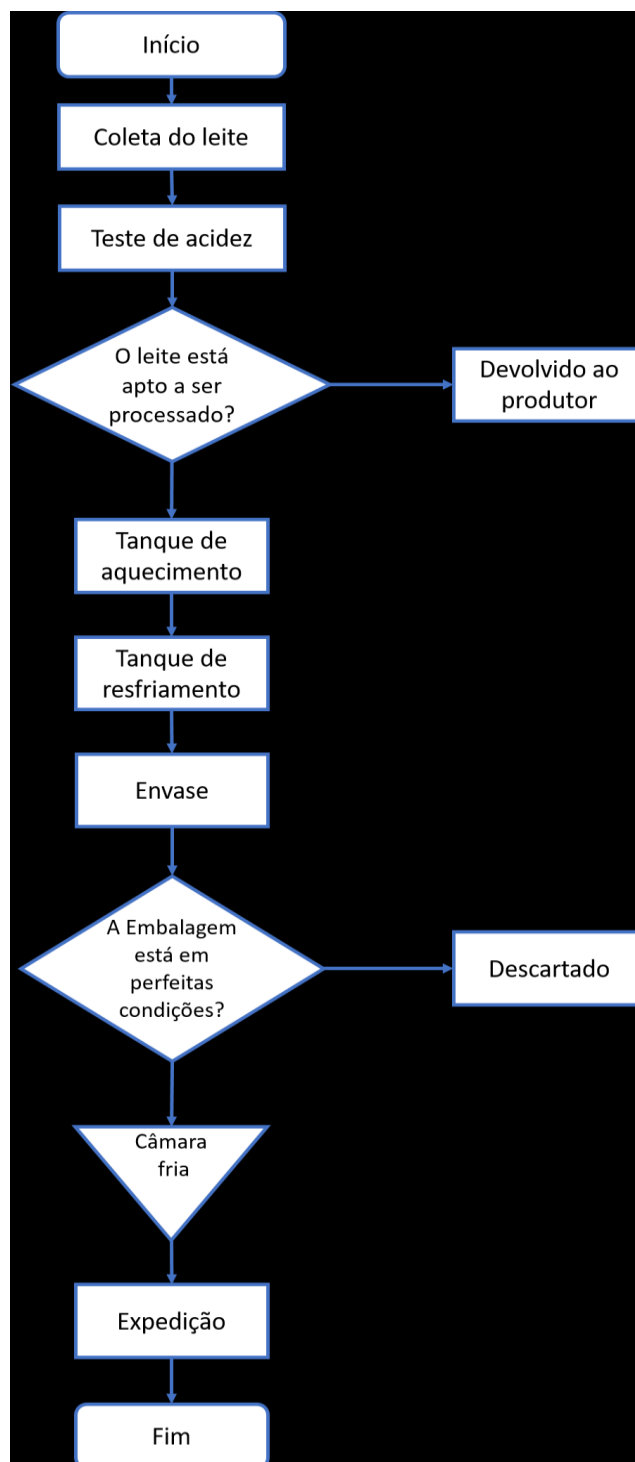


A cooperativa dispõe de um presidente que trabalha em conjunto ao diretor administrativo para manter o elo com companhias que possivelmente obterão seus produtos, gerenciar os recursos humanos e financeiros. Atualmente a instituição apresenta um quadro de 10 funcionários, uma secretária que recepciona os clientes, organiza as reuniões e degustações, e realiza a compra dos insumos necessários para toda a organização; um encarregado da fabricação dos queijos e doces; um encarregado da produção do iogurte e envase do leite, um encarregado pela recepção e análise do leite e abastecimento da caldeira, (estes dois últimos, permutam suas funções a cada dia); dois encarregados pelo transporte dos produtos finais e coleta do leite a ser processado; dois encarregados do controle de vacinação das cabras leiteiras e inspeção sanitária que as mesmas vivem e são ordenhadas, sendo um dos responsáveis técnico veterinário; um veterinário, responsável pelo controle de qualidade dos produtos a fim que atendam as normas de pasteurização do leite; e um encarregado pela limpeza de todo ambiente de trabalho.

Sendo assim, este trabalho realizará o controle estatístico do processo do leite pasteurizado, visto que se refere ao produto de maior demanda da empresa.

#### **4.1.1 Processamento do leite pasteurizado**

Com o objetivo de descrever melhor a pasteurização do leite, foi elaborado um fluxograma (Figura 8) que apresenta todas as etapas deste processo.

**Fluxograma 1** - O processo de pasteurização do leite da empresa A.

Fonte: Autor (2019).

O processo se inicia com a coleta do leite, no qual o encarregado faz o teste de acidez a fim de saber se o leite de um determinado produtor está apto a ser pasteurizado. Caso esteja, o mesmo é misturado com os demais em um tanque cilíndrico-vertical, de parede dupla, equipado por um

conjunto de placas e agitador, todo em aço inoxidável, onde o leite é aquecido entre 71 a 75 ° C, durante 15 segundos.

Logo depois, o leite é resfriado com água gelada a uma temperatura de 2° a 3° C e posteriormente armazenado em outro tanque. Este é transportado por canos para a máquina de envase. O equipamento data a embalagem, deposita o leite e veda a mesma. Após embalado, o funcionário inspeciona visualmente a embalagem e, em alguns casos, verifica o peso do produto a fim de saber se a máquina está operando corretamente. Após a inspeção, o colaborador acondiciona os produtos em pequenos lotes de 25 unidades em caixotes de plástico que serão armazenados na câmara fria a uma temperatura de cerca de 2° C, onde permanecerão até a expedição.

#### **4.1.2 Análise dos dados**

Este estudo foi realizado no setor de produção de envase de leite pasteurizado de uma usina de beneficiamento de leite de cabra, no qual, cada embalagem deve conter em média 1L de leite, no qual empresa adotou com peso ideal o valor de aproximadamente 1030 g, para corresponder a tal volume (1L).

Para o controle estatístico do processo e elaboração de gráficos de controle, foi realizada a pesagem de 375 unidades de leite pasteurizado, a fim de representar um lote de 1000 itens. Este resultado foi obtido a partir da equação (1) para cálculo do tamanho da amostra, apresentando um nível de confiança de 95%, desvio padrão de 50% e margem de erro de aproximadamente 4%. A amostra foi dividida em 25 subgrupos contendo 15 observações cada. A Tabela 5 exibe os pesos de cada item analisado para a amostra, as médias, amplitudes e desvio padrão de cada subgrupo e geral do processo, coletados durante 13 dias.

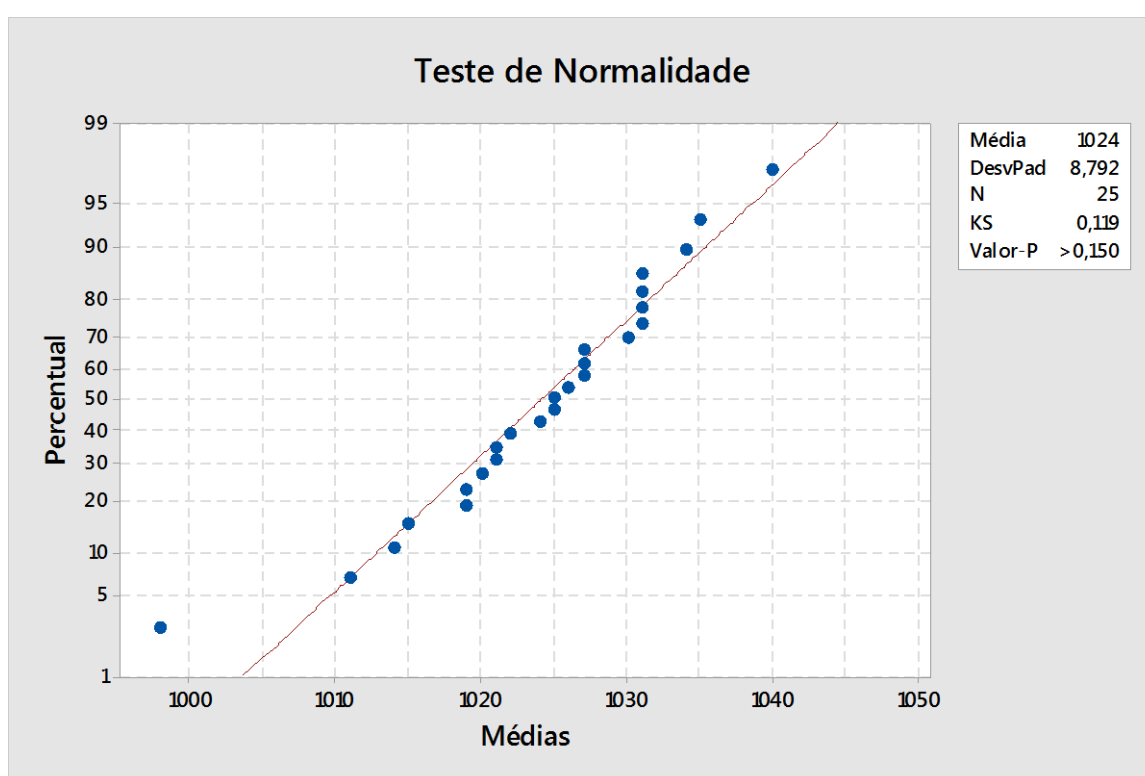
**Tabela 5** - Pesos dos itens analisados para a amostra, médias, amplitudes e desvios padrão.

Amostra (g)	1x	2x	3x	4x	5x	6x	7x	8x	9x	10x	11x	12x	13x	14x	15x	Média	Amplitude	Desvio padrão
1	1032	1028	1053	1019	1063	1057	1034	1055	1054	1030	1036	1040	1038	1042	1040	1041	44	13
2	1028	1029	1026	1027	1030	1026	1027	1025	1027	1027	1027	1025	1029	1026	1030	1027	5	2
3	1029	1034	1016	1037	1034	1026	1030	1034	1036	1034	1030	1039	1018	1025	1016	1029	23	8
4	1032	1032	1035	1028	1031	1031	1025	1028	1033	1034	1026	1029	1031	1027	1031	1030	10	3
5	1022	1026	1025	1018	1022	1017	1015	1027	1022	1023	1013	1023	1028	1016	1020	1021	15	5
6	1010	1015	1012	1016	1016	1014	1014	1015	1015	1014	1017	1018	1017	1012	1013	1015	8	2
7	1026	1029	1030	1025	1024	1026	1027	1028	1026	1029	1025	1026	1030	1023	1029	1027	7	2
8	1023	1026	1025	1024	1027	1024	1028	1027	1027	1024	1028	1023	1024	1022	1027	1025	6	2
9	1033	1035	1033	1036	1033	1036	1034	1033	1035	1031	1038	1034	1035	1034	1038	1035	7	2
10	1030	1026	1025	1024	1023	1023	1021	1036	1018	1024	1024	1019	1022	1036	1033	1026	18	6
11	1029	1035	1031	1035	1031	1030	1035	1031	1029	1032	1033	1032	1023	1029	1036	1031	13	3
12	1019	1056	1046	1022	1044	1044	1032	1024	1045	1020	1025	1024	1027	1022	1020	1031	37	12
13	1025	1021	1014	1012	1024	1024	1022	1020	1021	1018	1027	1023	1022	1021	1018	1021	15	4
14	1031	1030	1028	1026	1031	1016	1023	1026	1032	1025	1029	1027	1022	1026	1027	1027	16	4
15	1021	1026	1018	1018	1016	1022	1030	1029	1027	1015	1015	1031	1017	1029	1015	1022	16	6
16	1014	1012	1016	1013	1015	1016	1014	1016	1016	1012	1013	1013	1015	1011	1015	1014	5	2
17	1019	1019	1020	1019	1020	1022	1021	1018	1020	1021	1023	1020	1020	1025	1020	1020	7	2
18	1026	1027	1029	1025	1026	1026	1029	1031	1024	1029	1030	1032	1027	1030	1026	1028	8	2
19	1018	1018	1019	1024	1019	1019	1018	1021	1022	1021	1024	1022	1018	1016	1020	1020	8	2
20	992	999	1000	998	991	990	999	999	999	996	999	990	991	998	999	996	10	4
21	1033	1026	1030	1030	1027	1029	1031	1032	1031	1026	1029	1033	1031	1034	1036	1031	10	3
22	1027	1028	1022	1029	1032	1032	1032	1032	1032	1026	1029	1031	1034	1034	1030	1030	12	3
23	1022	1018	1022	1021	1021	1017	1016	1019	1018	1019	1018	1021	1019	1019	1018	1019	6	2
24	1014	1009	1010	1007	1011	1016	1011	1014	1010	1011	1011	1013	1022	1016	1013	1013	15	4
25	1034	1033	1033	1042	1033	1033	1039	1034	1036	1035	1040	1040	1028	1036	1035	1035	14	4
																$\bar{x}=1024$	$\bar{R}=13$	$\bar{S}=4$

Fonte: Autor (2019).

Conforme Montgomery (2004), é essencial que os dados utilizados para a construção de gráficos de controle sigam uma distribuição normal, uma vez que os limites de controle obtidos por meio de dados não-normais não são confiáveis. Deste modo, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) para averiguar a normalidade de todos os dados coletados, por meio do software MINITAB 18. Neste caso, o valor da probabilidade (P) deve ser superior ao nível de significância, isto é, maior ou igual a 0,05 para que sua normalidade seja aceita (MUCIDAS, 2010). O Gráfico 6 exibe o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov para as médias das amostras.

**Gráfico 6** - Teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov das médias amostrais.



Fonte: Autor (2019).

O gráfico elaborado mostra que a disposição das médias amostrais segue uma distribuição normal, uma vez que o valor-P apresentou valor superior a 0,150, consequentemente maior que o valor aceitável (0,05) para ser considerado como uma distribuição normal.

#### 4.1.3 Análise dos gráficos de controle

É de extrema importância o controle do processo na fase de envase. Sob o ponto de vista financeiro, a ocorrência de embalagens com quantidades acima do especificado

acarretará em custos desnecessário para a empresa, e, caso o produto esteja com menos conteúdo que o indicado, a empresa pode ser multada pela fiscalização.

Para a elaboração dos gráficos de controle foram utilizados os gráficos de  $\bar{x}$  e  $S$ , visto que são mais eficientes para amostras relativamente grandes, com subgrupos maiores ou iguais a 10. Sendo assim, os limites de controle foram calculados por meio das equações (11), (12) e (13) para o gráfico de  $\bar{x}$ , e equações (16), (17) e (18) para o gráfico de  $S$ . As constantes  $A_3, B_3$  e  $B_4$ , que serão utilizadas para realização dos cálculos, encontram-se expostas na Tabela do Anexo A.

$$LSC_{\bar{x}} = 1027,16$$

$$LSC_S = 6,29$$

$$LC_{\bar{x}} = 1024,00$$

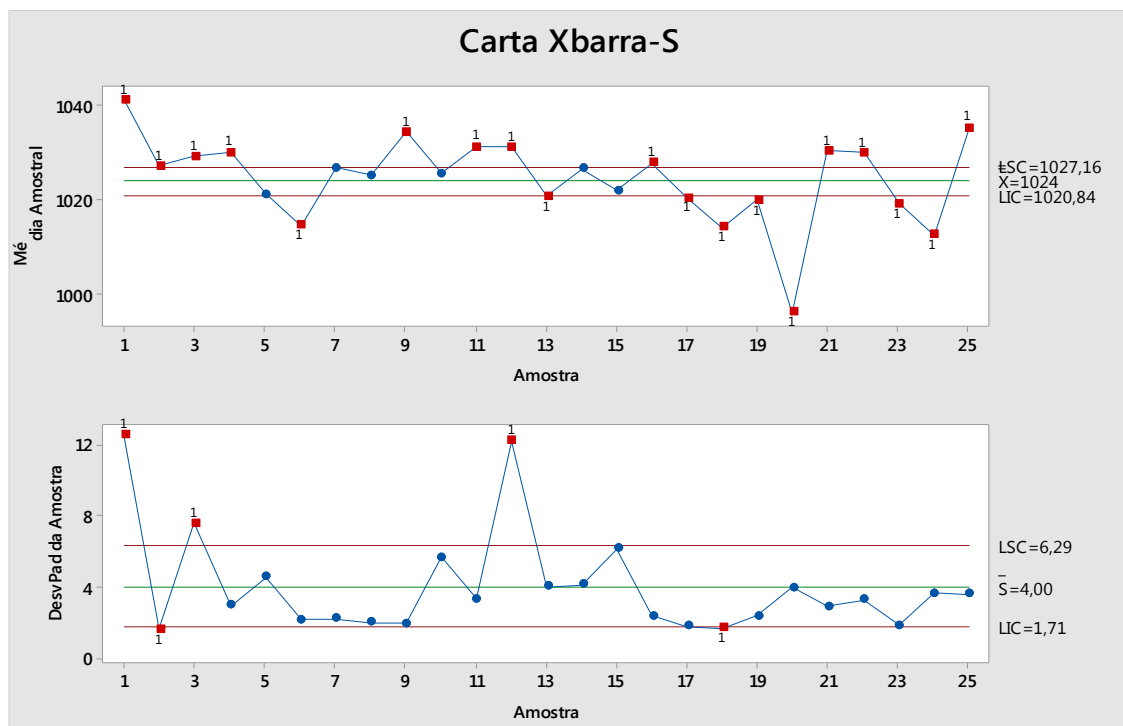
$$LC_{\bar{x}} = 4,00$$

$$LIC_{\bar{x}} = 1020,84$$

$$LIC_S = 1,71$$

O Gráfico 7 apresenta os gráficos de controle para  $\bar{x}$  e  $S$  a partir dos limites obtidos acima.

**Gráfico 7 - Gráficos de controle para  $\bar{x}$  e  $S$ .**



Fonte: Autor (2019).

Para análise dos gráficos de controle foram empregados os testes anteriormente mencionados na sessão de Metodologia. O Gráfico 2 mostra que o processo se encontra fora de controle, visto que 19 subgrupos de médias e 5 subgrupos de desvios padrão estão dispostos fora dos limites de especificação no gráfico de  $\bar{x}$  e gráfico de  $S$ , respectivamente (pontos em vermelho), sendo positivo apenas ao teste 1 (um ou mais pontos acima do LSC ou abaixo do LIC). Por meio do gráfico de  $S$  observa-se que o processo apresenta alta variabilidade, tal comportamento pode estar relacionado a problemas na máquina de envase ou devido a constante regulagem da máquina, feita pelo operador na tentativa de ajustar o processo. Vale salientar que além do processo estar fora de controle, o mesmo não atende as necessidades da empresa, visto que média geral do processo está 6 gramas abaixo do peso padrão da organização, que é 1030 gramas.

Como já citado anteriormente, no processo de envase são postos dois operários para execução das atividades de monitoramento do peso do produto final e acondicionamento do mesmo, estes colaboradores alternam entre si os dias em que serão responsáveis pelo processo (ex.: primeiro dia da semana, o responsável pelo processo é o operário A, no dia seguinte, o operário B). No entanto, no dia que os dados das amostras 1 e 2 foram recolhidas, o operário (operário C) encarregado pelo processo em estudo era o colaborador de outro setor e estava desempenhando as atividades de um dos responsáveis pelo setor de envase que se encontrava de férias. A Tabela 6 mostra os dias nos quais as amostras foram coletadas e o encarregado pelo setor.

**Tabela 6** - Relação entre amostras e operador responsável pelo processo.

<b>Dia</b>	<b>Amostras</b>	<b>Operário</b>
24 set	1 e 2	C
25 set	3 e 4	A
26 set	5 e 6	B
27 set	7 e 8	A
30 set	9 e 10	B
1 out	11 e 12	A
2 out	13 e 14	B
3 out	15 e 16	A
4 out	17 e 18	B
7 out	19 e 20	B
8 out	21 e 22	A
9 out	23 e 24	B
10 out	25	A

Fonte: Autor (2019).

Relacionando o Gráfico 7 com a Tabela 6 é possível observar que uma das amostras que obteve maior dispersão de dados com relação ao desvio padrão foi a amostra 1, monitorada pelo o operário C, em virtude do mesmo não estar habituado com o maquinário de envase. Acerca das médias do processo, nota-se que a maioria dos produtos processados pelo operador A estão acima do limite superior, próximos do peso padrão da empresa (1030 gramas), enquanto o operador B mantém grande parte dos produtos abaixo do limite inferior. Entretanto, no caso da amostra 20, ocorreu do operador se ausentar do seu posto de trabalho por alguns minutos para atender a demanda de outro setor, deixando o maquinário operando sem monitoramento. À medida que a máquina realiza o envase, a mesma diminui a quantidade de leite a ser armazenada devido à falta de ajuste do equipamento, causando o descontrole do processo.

Diante do exposto, é possível constatar que as principais causas para o descontrole do processo referem-se a erro humano, uma vez que o operador regula a máquina abaixo do padrão da empresa e ao desgaste da máquina, visto que a mesma altera sua configuração ao passo que envasa um item.

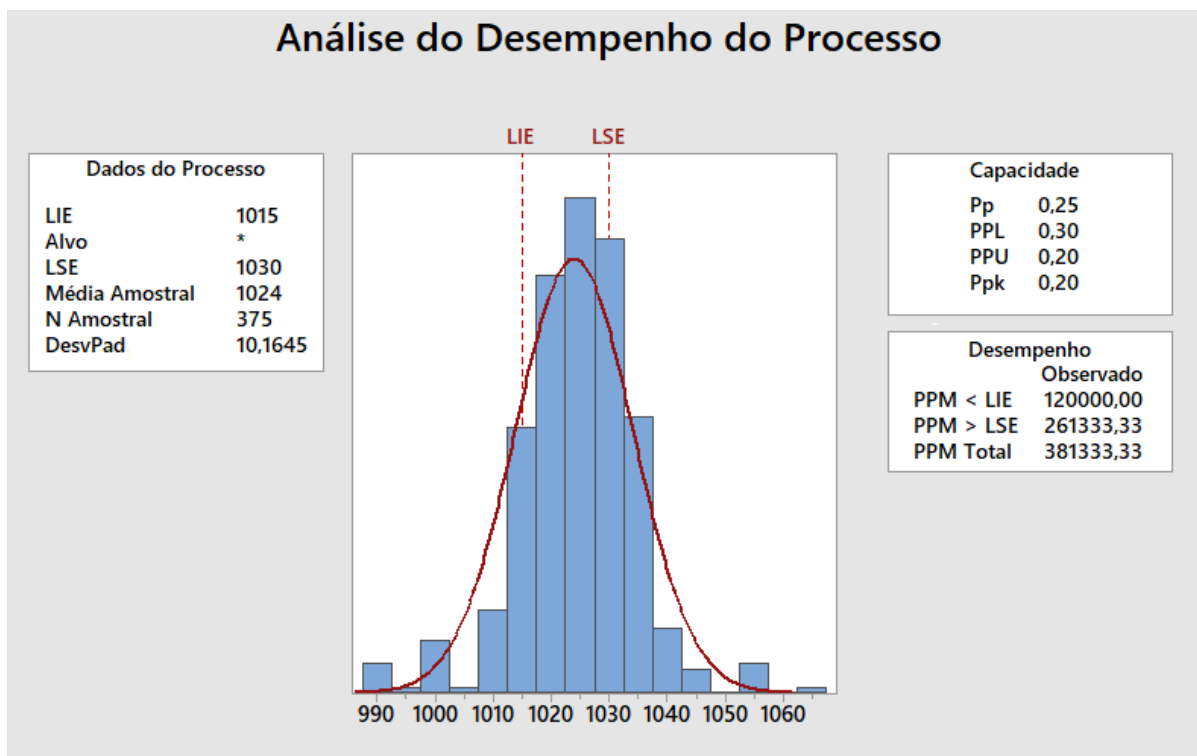
#### **4.1.4 Análise dos Índices de Capacidade e Desempenho do Processo**

As análises realizadas neste estudo buscaram diagnosticar a estabilidade do processo, isto é, se o mesmo está operando adequadamente. No entanto, constatou-se que a produção se encontra fora de controle, sendo assim, se faz necessário identificar a porcentagem de itens produzidos fora de especificação.

Os cálculos dos índices  $P_p$  e  $P_{pk}$  se deu a partir das equações (21) e (23), respectivamente. Utilizou-se como desvio padrão geral, o valor de 10,1645, obtido por meio da equação (15). Para o limite de especificação superior adotou-se como valor o peso padrão da empresa, que corresponde a 1030 g, visto que os produtos que excedem esta quantidade implicam em desvantagens ao fabricante, gerando maiores custos de produção. Enquanto para o limite inferior denominou-se o valor 1015g, que corresponde a tolerância (1,5% do conteúdo nominal) imposta pelo INMETRO para conteúdo nominal entre 1000 a 10000 g. O Gráfico 8 exibe a análise de desempenho do processo para máquina de envase.



**Gráfico 8** - Análise dos índices de capacidade e desempenho do processo.



Fonte: Autor (2019).

O gráfico gerado no software MINITAB apresenta um histograma dos dados e LIE, LSE correspondentes aos limites inferior e superior de especificação, com uma curva normal, plotada com base no desvio padrão geral e a média do processo, informando que a distribuição de dados possui uma variação maior que a faixa dos limites de especificação. Ainda indica os valores dos índices  $P_p$  e  $P_{pk}$  que são menores que 1, sendo assim, o processo é considerado incapaz, exigindo que os operadores controlem todos os envases.

Além disso, o gráfico exibe o valor calculado de PPM (partes por milhão), que se refere a parcela de produtos fabricados fora dos limites de especificação a cada milhão de partes produzidas. Desta forma, o número de defeitos por milhões observado no processo de envase do leite foi de 381.333, ou seja, o processo apresenta aproximadamente 38,13% de itens não conforme com os limites de especificação da empresa.

#### 4.1.5 Análise dos dados sob o ponto de vista da legislação

Examinar o comportamento do processo com base na legislação, é fundamental para identificar se o mesmo atende as normas. Assim, para a análise, utilizou-se a portaria do INMETRO, de número 248 de 17 de julho de 2008, anteriormente descrita.

A portaria recomenda que, para um lote de 150 a 4000 itens, devem ser utilizadas 32 unidades para constituir uma amostra. Desta forma, foram escolhidos, de forma aleatória, 32 dados das pesagens do leite para compor a amostra a ser analisada. A Tabela 7 apresenta esta amostra.

**Tabela 7** - Amostra para análise com base na legislação.

Amostra (g)							
1028	1026	1020	1026	1018	1023	1040	1036
1034	1046	1035	1024	1045	1040	1017	1040
1032	1018	1026	1027	1032	1018	1017	1040
1026	1016	1027	1024	1027	1019	1020	1034
				$\bar{x} = 1026$	$S = 9,047$		

Fonte: Autor (2019)

Para realizar a avaliação, utilizou-se a porcentagem 1,5 do conteúdo nominal como tolerância individual para conteúdos entre 1000 a 10000 g, conforme a Tabela 2.

A Tabela 8 expõe os parâmetros para analisar o processo com base na legislação, estas propriedades referem-se a quantidade de leite expressa no rotulo e o peso adotado pela empresa para representar está quantidade, o peso médio e desvio padrão obtidos a partir da amostra expressa na Tabela 7.

**Tabela 8** - Parâmetros para análise com base na legislação.

Parâmetros	
Valor nominal ( $Q_n$ )	1000 mL $\approx$ 1030 g
Tolerância individual ( $T$ )	15,50 g
Desvio Padrão ( $s$ )	9,047
Peso médio bruto	1026 g
Peso da embalagem	7 g
Peso médio efetivo ( $\bar{X}$ )	1019 g
$Q_n - T$	1014,50 g
$Q_n - 0,485 \cdot S$	1025,64 g

Fonte: Autor (2019).

Para que o lote submetido à verificação seja aprovado sob os critérios do INMETRO, é preciso que o mesmo atenda às condições indicadas nas Tabelas 3 e 4, simultaneamente. Estas condições são:

- 1)  $\bar{X} \geq Q_n - 0,485 \cdot S$
- 2) O lote deve possuir no máximo 2 unidades com valor inferior a  $Q_n - T$  (critério individual de aceitação)

A primeira condição, que refere-se ao critério para aceitação da média, não é atendida, uma vez que  $1019 \text{ g} < 1025,64 \text{ g}$ . No quesito critério individual, o lote atende a condição, apresentando apenas um valor inferior a  $1014,50 \text{ g}$ . Portanto, constatou-se que as exigências da portaria 248/2008 para a verificação do conteúdo líquido de produtos pré-medidos, com conteúdo nominal igual, expresso nas grandezas de massa e volume do INMETRO, não são atendidas pela empresa, fazendo com que o consumidor seja lesado e a empresa seja sujeita a multas por descumprir normas.

#### 4.1.6 Recomendações

Com base nos estudos e análises realizadas, constatou-se que as principais causas de variação que interferem no processo estão relacionadas aos ajustes excessivos na máquina de envase, deterioração do equipamento e erro humano ao configurar o maquinário. Sendo assim, é essencial informar aos operários acerca dos limites de especificações do produto e treiná-los para regular a máquina de envase adequadamente, para que os mesmos busquem atender os parâmetros da instituição. Além disso, a empresa deve considerar e incluir o peso da embalagem do produto, empregando-o como peso padrão utilizado pela organização, que passaria a ser  $1037 \text{ g}$  e assim, atenderia aos critérios impostos pelo INMETRO para aceitação do lote. Deste modo, recomenda-se a utilização de um POP (Procedimento Operacional Padrão) exposto no quadro 1

**Quadro 1** - POP do envase e acondicionamento do leite pasteurizado

Empresa A	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	POP Nº 00001
		ELABORADO EM: 25/11/2019 REVISADO EM:
<b>TAREFA:</b> ENAVASE E ACONDICIONAMENTO DO LEITE PASTEURIZADO		
<b>LOCAL DE EXECUÇÃO:</b> SETOR DE ENVASE		
<b>EXECUTANTE:</b> OPERÁRIO A E B		
<b>RESULTADOS ESPERADOS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção de itens dentro dos limites especificação, que atendam os critérios impostos pelo INMETRO para a comercialização do produto</li> </ul>		
<b>MATERIAL NECESSÁRIO:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Água</li> <li>• Paramentação adequada (uniforme de cor clara, sapato fechado, touca, máscara);</li> <li>• Álcool em gel</li> <li>• Embalagens</li> <li>• Fita teflon com adesivo 12 mm</li> <li>• Caixotes de armazenamento</li> </ul>		

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balança</li> <li>• Carro de carga</li> </ul>
<p><b>ATIVIDADES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efetuar a adequada higienização das mãos, de acordo com o POP de higienização e antissepsia das mãos;</li> <li>2. Paramentar-se com máscara e touca;</li> <li>3. Trocar as fitas de teflon das pás seladoras de embalagem;</li> <li>4. Configurar a máquina de envase quanto a data de fabricação, temperatura de selagem da embalagem;</li> <li>5. Testar a selagem das embalagens;</li> <li>6. Configurar a máquina quanto a quantidade de leite a ser embalada, que deve pesar cerca de 1037g (peso mínimo 1025g);</li> <li>7. Inspeccionar visualmente a embalagem e pesar o produto, em seguida reajustar a máquina, caso o produto não esteja conforme especificado (pesar o primeiro produto de cada caixote);</li> <li>8. Acondicionar produto no caixote</li> <li>9. Transportar os produtos a câmara fria.</li> </ol>

**Fonte:** Autor (2019).

### **Quadro 2 - POP do envase e acondicionamento do leite pasteurizado (continuação)**

<p><b>CUIDADOS ESPECIAIS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizar adornos (brincos, anéis, pulseiras, relógio...);</li> <li>2. Proceder a devida higienização dos caixotes entre os processos de acordo com o POP de higienização dos utensílios;</li> <li>3. A limpeza dos equipamentos deverá ser realizada no fim de cada turno;</li> <li>4. Somente é permitida a entrada na sala de envase de pessoas devidamente equipados com sapato fechado, touca e máscara;</li> <li>5. Profissionais que forem realizar conserto ou manutenção devem respeitar as normas higiênicas do setor.</li> <li>6. A porta e janelas da sala devem permanecer fechadas.</li> </ol>		
<p><b>AÇÕES EM CASO DE NÃO-CONFORMIDADE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DESCARTAR O PRODUTO</li> <li>• REVISAR O PROCESSO</li> </ul>		
<p>ELABORADO POR:</p> <p style="text-align: center;">ARIANA CANDIDO DE CASTRO</p> <p>DATA: 25/11/2019</p>	<p>REVISADOR POR:</p>   <p>DATA:</p>	<p>APROVADO POR:</p>   <p>DATA:</p>

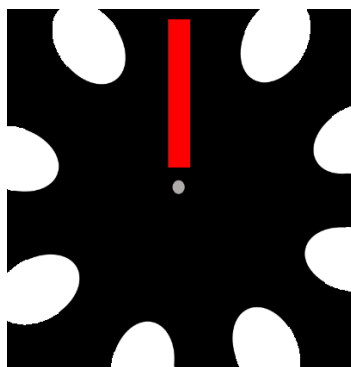
**Fonte:** Autor (2019).

Com relação ao maquinário, o mesmo está operando em estado crítico, necessitando de manutenção para evitar perdas. Duas soluções serão apontadas para a dissolução do problema. A primeira envolve um investimento de R\$ 40.000,00 na aquisição de uma nova máquina de envase, este equipamento apresenta visor em acrílico, esterilização das embalagens por raios ultravioleta, capacidade de até 1500 pacotes/hora, ajustes independentes de temperatura da selagem horizontal e vertical, precisão da temperatura da selagem, sistema que evita o desperdício de embalagens, datador e dosagem precisa. A

função de esterilizar as embalagens é um fator atraente para aquisição da nova máquina, visto que na produção de itens não conforme, o conteúdo da embalagem poderá voltar ao processo e ser envasado novamente, ação que não pode ser praticada com o maquinário já existente na empresa. No entanto, trata-se um investimento relativamente alto, considerando o porte da organização.

A segunda solução inclui fixar um marcador (por meio de um adesivo ou tinta) na válvula dosadora da máquina, assinalando a quantidade padrão da empresa a ser envasada. Deste modo, no momento em que a máquina sair de controle, o operário poderá identificar rapidamente o posicionamento adequado da válvula e reparar o problema. A Figura 3 exemplifica esta ação.

**Figura 3** - Ilustração do marcador na válvula dosadora da máquina de envase.



**Fonte:** Autor (2019).

Esta solução deverá ser aplicada juntamente com a manutenção preventiva, que necessitará ser realizada a cada 2 meses, por se tratar de um maquinário que é utilizado diariamente e por processar um alimento, exigindo qualidade em suas operações. Uma manutenção bem planejada e executada amenizará ou até mesmo solucionará os problemas do equipamento, podendo evitar a redução das funções do equipamento, ocasionadas pela falha total. E assim, reduzirá a variabilidade do processo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual mercado competitivo, as organizações necessitam otimizar seus processos, a fim de elevar sua qualidade diante da concorrência, sem comprometer o atendimento da demanda. Deste modo, observa-se a relevância do controle estatístico do processo para que as empresas permaneçam atuando no mercado de forma satisfatória, visto que um processo que opere adequadamente não resultara em custos desnecessários.

Desta forma, o presente trabalho foi elaborado com o propósito de identificar o comportamento do processo de envase de uma empresa beneficiadora de leite de cabra, localizada no cariri paraibano. Através da coleta de dados foi possível construir os gráficos de controle da média e desvio padrão acerca do processo. As análises dos mesmos constataram que o processo se encontra fora de controle e não atende as especificações da instituição. Além disto, por meio dos índices de capacidade e desempenho do processo, revelou-se que este produz cerca de 38% de itens não conforme. Tais adversidades ocorrem devido a constante desregulagem da máquina e ao erro de configuração da mesma por parte dos funcionários.

Assim, se faz necessário a padronização do processo. Para atingir este objetivo, recomenda-se a utilização de um POP (Procedimento Operacional Padrão) que informa os procedimentos a serem seguidos para efetuar o envase e o armazenamento do leite pasteurizado adequadamente, conforme os padrões da empresa. Com relação a desregulagem do maquinário, a alternativa de menor custo sugerida diz respeito à aplicação de um marcador na válvula dosadora da máquina em consorcio com a manutenção preventiva da mesma

Ainda, por meio da análise do processo sob o ponto de vista da legislação, constatou-se que o mesmo não atende aos critérios do INMETRO para comercialização do produto. Deste modo, para estar em consonância com a legislação, a instituição deve considerar o peso das embalagens que armazenam seus produtos, visto que o conteúdo nominal expresso nos rótulos dos produtos, desconsidera o peso do recipiente que conserva o material a ser comercializado.

Portanto, conclui-se que o Controle Estatístico do Processo pode ser aplicado por meio de ferramentas simples de avaliação e eficaz na garantia de produção de itens de qualidade que atenda as perceptivas dos consumidores. Desta maneira, considera-se que o estudo foi realizado de forma satisfatória, visto que, detectou o comportamento do processo

de envase e, em seguida, propôs-se métodos que podem viabilizar melhorias ao cenário atual da empresa.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação de gráficos de controle mais complexo, para a obtenção de uma análise mais detalhada do processo, tal como a pesquisa de outras ferramentas de Controle Estatístico da Qualidade, além da realização de um estudo minucioso acerca da máquina de envase e elaboração de um plano de manutenção para a mesma. Outra sugestão é a aplicação do CEP nas demais etapas de beneficiamento do leite.

## REFERÊNCIAS

- AGRANONIK, M.; HIRAKATA, V. N. Cálculo de tamanho de amostra: proporções. **Revista HCPA**. Porto Alegre. Vol. 31, n. 3, (2011), p. 382-388, 2011.
- ALECRIM, D. A. **Aplicação do controle estatístico do processo no envase de iogurte em uma indústria de laticínios na Paraíba**. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé - PB, Brasil, 2015.
- ALENCAR, J. R. B.; LOPES, C. E.; SOUZA JR, M. B. Monitoramento de processo de compressão de comprimidos de captopril utilizando controle estatístico de processo. **Revista brasileira de Farmácia**. v. 88, n.2, 2007.
- ALMAS, F. – **Implementação de Controle Estatístico de Processos em uma Empresa Têxtil**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: UNIFEI, 2003.
- AMANCIO, I. R.; ALFINETO, J. J. M.; MACHADO, L. M. P. Controle estatístico no processo de envase de doce em massa: estudo de caso. **Revista Gestão Industrial**. n.1, v. 14, p. 83-100, 2018.
- AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL – ASQC. **Statistical process control manual**. Milwaukee: ASQC, 1986.
- ARAÚJO, A. O.; MENEGUETTI, T. C.; PARAGUAIO, T.; RONDI, V. G.; MORAIS, M. F. **Aplicação do controle estatístico do processo na etapa de envase do processo de produção de margarina da empresa C.A.C**. Anais. XXX ENEGEP Encontro Nacional De Engenharia de Produção, São Carlos, SP, Brasil, 2010.
- BEJA-PEREIRA, Albano et al. **The origin of European cattle: evidence from modern and ancient DNA**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 103, n. 21, p. 8113-8118, 2006.
- BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. Sinape 11º Simpósio Internacional de Probabilidade e Estatística: Belo Horizonte, 1994.
- BOTHE, D. R. **Measuring Process Capability – Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers**. McGraw-Hill, 1997.
- BRASIL, J. G. Q. O leite ao longo da história. 2009. Disponível em: <http://www.qualidadedoleite.com.br/textos/12/historia.html>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.
- BUSSAB, W. O; MORETTIN, P. **Estatística básica**. 4 ed. São Paulo: Atual, 1987.
- CARVALHO, G. R. **A indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro**. Embrapa. 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/870411/1/CT102.pdf>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.



COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

CROSBY, Philip B. **Quality is free**. New York: New American Library, 1979.

CROSBY, Philip B. Zero Defects. **Quality Progress**, Febr. 1992.

DEMING, W. Edwards. **Quality, productivity and competitive position**. Boston: MIT Press, 1982

EMBRAPA. **Leite de cabra: potencial a ser explorado**. p.102-103. Anuário Leite 2018. Brasília: EMBRAPA.116p. 2018.

GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufatureiras**. 2002. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina

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

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 9 ed. São Paulo: Editora Atlas S. A. 2010

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai/jun, 1995.

GRANJEIRO-JÚNIOR, S.; MELO SILVA, I.J., SILVA, J., OLIVEIRA, M.A.C., LYRA, M.A.M., CARDOSO, W.O., LIMA, A.A.N. Análise de resíduos no processo de listagem de comprimidos através do Controle Estatístico de Processo. **Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicada**. v. 4, n.33, p.529-536, 2012.

HARRINGTON, James – **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda e Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1993.

HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de Operações: Bens e Serviços**. 5. Ed. Rio de Janeiro.1999.

HOLANDA JUNIOR, E. V.; Medeiros, H. R.; Dal Monte, H. L. B.; COSTA, R. D; Pimenta Filho, E. C. Custo de produção de leite de cabra na região Nordeste. **Anais Congresso Brasileiro De Zootecnia**. João Pessoa, Brasil, 2008.

INMETRO – **Portaria nº 248**. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, julho/2008.

JURAN, J. M. **Juran na liderança pela qualidade, um guia para executivos**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

JURAN, J. M. **Juran Planejando para a Qualidade**. 3ª Edição. São Paulo, Livraria Editora Pioneira, 1995.

KANE, V. E. **Process Capability Indices**. Journal of Quality Technology, 18(1), Jan. 1986.

KOTZ, S.; JOHNSON, N. L. **Process Capability Indices**. London: Chapman & Hall, 1993.

KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: ed. Gente; 1993.

LACHMAN, L.; LIEBERMAN, H. Á.; KANIG, J. L. **Teoria e prática na indústria farmacêutica**. Lisboa: Fundação Coloutre Gulbekian, 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

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, 2009.

LIMA, A. A. N.; SILVA, J. L.; SEVERO, A. A. L.; SOARES SOBRINHO, J. L.; SILVA, K. E. R.; ROLIM, L. A.; LIMA, J. R.; LIMA, L. G.; ROLIM NETO, P. J. Controle estatístico de processo univariado: monitoramento da produção de comprimidos de dipirona. **Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicada**. n. 32, v.1 p.55-62, 2011.

LOURENÇO FILHO, R. C. **Controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1985.

MARINO, L. H. F. C. **Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial**. XIII SIMPEP, 2006.

MAROTTI, J.; GALHARDO, A. P. M.; FURUYAMA, R. J.; PIGOZZO, M. N.; CAMPOS, T. N; LAGANÁ, D. C. Amostragem em pesquisa clínica: tamanho da amostra. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo**. v. 20, n. 2, p. 186-194, 2008.

MARTINS, A.S.; SANTOS, J.K.C.; BASTISTA, N.S.; OURIQUES DE OLIVEIRA, M.A.; COSTA OLIVEIRA, A.T.; ALENCAR, J.R.B. Monitoramento do processo de envase de salbutamol xarope utilizando controle estatístico. **Revista Brasileira de Farmácia**. Rio de Janeiro, v. 89, n. 2, p.102-108, 2008.

MARTINS, M.L.; CARVALHAES, J.F.; dos SANTOS, L.J.; MENDES, N.S.; MARTINS, E.M.F.; MOREIRA, PEREIRA, G.I. Qualidade do leite cru dos tanques de expansão individuais e coletivos de um laticínio do município de Rio Pomba, MG - um estudo de caso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. v. 68, n. 392, p. 24-32, 2013.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2009.

MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2012.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2009. p. 397;484.

MORAES, C. F. **Estudo da utilização do gráfico de controle individual e do índice de capacidade sigma para dados não normais**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Itajubá.

MOURA, G. G.; LINO, H. S.; FERNANDES, S. M. **Análise da metodologia de avaliação da capacidade dos processos de usinagem para implementação do CEP em ferramentas elétricas**. Anais. XV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, Brasil, 2008

MUCIDAS, J. H., **Aplicação do controle estatístico do processo no envase de leite uht em uma indústria de laticínios**. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Brasil, 2010.

OCHOA, C. **Qual é o tamanho da amostra que eu preciso?** 2013. Disponível em: <https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/qual-e-o-tamanho-de-amostra-que-preciso>. Acesso em: 23 de novembro de 2019.

OLIVEIRA, O. J. **Curso Básico de Gestão da Qualidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

OLIVER, R. L. **Satisfaction: a behavioral perspective on the consumer**. 2nd ed. New York: M. E. Sharpe, 2009

PALADINI, E. P. **Avaliação Estratégica da Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2009

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção. Operações industriais e de serviços**. Unicenp, 2007

RIBEIRO, J. L. D.; TEN CATEN, C.S. **Série monográfica Qualidade: controle Estatístico do Processo**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p.

RODRIGUES, L. A. A. C. **Índices de avaliação de processos: abordagem univariada e multivariada**. 2001; Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil

SAMOHYL, R. W. **Controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SANTOS, A. R. S.; BREIER, G. P.; TEN CATEN, C. S. Controle estatístico de processo: variação da característica espessura durante o processo de fabricação em uma máquina de papel. **Negócios e Talentos**. v. 8, n. 1, p. 141-157, 2014.

SEIDEL, E. J. **Métodos estatísticos aplicados à avaliação da qualidade da matéria-prima e classificação dos fornecedores de uma indústria de laticínios**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSM, Santa Maria – RS, Brasil.

SILVA, M. Â. **Desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade** (Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal). v. 2, 2009.

SIQUEIRA, K. B. Leite e derivados: tendências de consumo. p.58-59. **Anuário Leite** 2018. Brasília: EMBRAPA.116p. 2018.

SLACK, Nigel.; CHAMBERS, Stuart.; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002

SOUZA, L. C. F. **A pesquisa**. 2002. Disponível em: <http://www.anisioteixeira.com.br/arquivosblog/MetodologiaMedio/Aula02.pdf>. Acesso em: 10 de nov. de 2019.

SOUZA, R. A. **Análise da qualidade do processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo**. 2003; 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Negócios com ênfase em Estatística Aplicada) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis – SC, Brasil.

TOLEDO, T. P. A. – **Uma Investigação sobre Índices de Capabilidade com Ênfase na Metodologia Seis Sigma**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: UNIFEI, 2005.

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

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG; v.2, p.197 -284.1995.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## AXEXO

### VALORES DAS CONSTANTES PARA CÁLCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

n	Fatores para Limites de Controle											Fatores para Linha Central			
	A	A2	A3	B3	B4	B5	B6	D1	D2	D3	D4	c4	1/c4	d2	1/d2
2	2,121	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	2,606	0,000	3,686	0,000	3,267	0,7979	1,2533	1,128	0,8865
3	1,732	1,023	1,954	0,000	2,568	0,000	2,276	0,000	4,358	0,000	2,574	0,8862	1,1284	1,693	0,5907
4	1,500	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,088	0,000	4,698	0,000	2,282	0,9213	1,0854	2,059	0,4857
5	1,342	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	1,964	0,000	4,918	0,000	2,114	0,9400	1,0638	2,326	0,4299
6	1,225	0,483	1,287	0,030	1,970	0,029	1,874	0,000	5,078	0,000	2,004	0,9515	1,0510	2,534	0,3946
7	1,134	0,419	1,182	0,118	1,882	0,113	1,806	0,204	5,204	0,076	1,924	0,9594	1,0423	2,704	0,3698
8	1,061	0,373	1,099	0,185	1,815	0,179	1,751	0,388	5,306	0,136	1,864	0,9650	1,0363	2,847	0,3512
9	1,000	0,337	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	0,547	5,393	0,184	1,816	0,9693	1,0317	2,970	0,3367
10	0,949	0,308	0,975	0,284	1,716	0,276	1,669	0,687	5,469	0,223	1,777	0,9727	1,0281	3,078	0,3249
11	0,905	0,285	0,927	0,321	1,679	0,313	1,637	0,811	5,535	0,256	1,744	0,9754	1,0252	3,173	0,3152
12	0,866	0,266	0,886	0,354	1,646	0,346	1,610	0,922	5,594	0,283	1,717	0,9776	1,0229	3,258	0,3069
13	0,832	0,249	0,850	0,382	1,618	0,374	1,585	1,025	5,647	0,307	1,693	0,9794	1,0210	3,336	0,2998
14	0,802	0,235	0,817	0,406	1,594	0,399	1,563	1,118	5,696	0,328	1,672	0,9810	1,0194	3,407	0,2935
15	0,775	0,223	0,789	0,428	1,572	0,421	1,544	1,203	5,741	0,347	1,653	0,9823	1,0180	3,472	0,2880
16	0,750	0,212	0,763	0,448	1,552	0,440	1,526	1,282	5,782	0,363	1,637	0,9835	1,0168	3,532	0,2831
17	0,728	0,203	0,739	0,466	1,534	0,458	1,511	1,356	5,820	0,378	1,622	0,9845	1,0157	3,588	0,2787
18	0,707	0,194	0,718	0,482	1,518	0,475	1,496	1,424	5,856	0,391	1,608	0,9854	1,0148	3,640	0,2747
19	0,688	0,187	0,698	0,497	1,503	0,490	1,483	1,487	5,891	0,403	1,597	0,9862	1,0140	3,689	0,2711
20	0,671	0,180	0,680	0,510	1,490	0,504	1,470	1,549	5,921	0,415	1,585	0,9869	1,0133	3,735	0,2677
21	0,655	0,173	0,663	0,523	1,477	0,516	1,459	1,605	5,951	0,425	1,575	0,9876	1,0126	3,778	0,2647
22	0,640	0,167	0,647	0,534	1,466	0,528	1,448	1,659	5,979	0,434	1,566	0,9882	1,0119	3,819	0,2618
23	0,626	0,162	0,633	0,545	1,455	0,539	1,438	1,710	6,006	0,443	1,557	0,9887	1,0114	3,858	0,2592
24	0,612	0,157	0,619	0,555	1,445	0,549	1,429	1,759	6,031	0,451	1,548	0,9892	1,0109	3,895	0,2567
25	0,600	0,153	0,606	0,565	1,435	0,559	1,420	1,806	6,056	0,459	1,541	0,9896	1,0105	3,931	0,2544

n = número de observações

Fonte: ISO 8258 – *Shewhart control charts*.