



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

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE IOGURTE EM
UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NA PARAÍBA**

Daniele Araújo Alecrim

Março de 2015
Sumé – PB

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE IOGURTE EM
UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado 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 a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aluna: Daniele Araújo Alecrim

Orientadora: Profa. Dra. Daisy Beserra Lucena

Co-orientador: Prof. Msc. Daniel Augusto de Moura Pereira

Março de 2015
Sumé - PB

A366a Alecrim, Daniele Araújo.

Aplicação do controle estatístico do processo no envase de iogurte em uma indústria de laticínios na Paraíba. / Daniele Alecrim Araújo. - Sumé - PB: [s.n], 2015.

69 f.

Orientadora: Professora Dr^a Daisy Beserra Lucena.

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

1. Controle estatístico do processo. 2. Envase de iogurte. 3. Indústria de laticínios. 4. Engenharia de Produção. I. Lucena, Daisy Beserra. II. Título.

CDU: 658.56(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

Daniele Araújo Alecrim

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE IOGURTE EM
UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NA PARAÍBA**

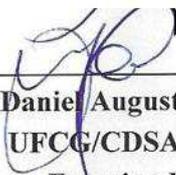
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: ____ de _____ de 2015

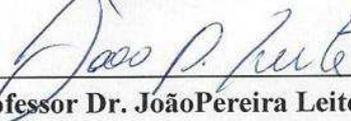
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Daisy Beserra Lucena
Orientadora – UATEC/CDSA/UFCG



Professor Daniel Augusto de Moura Pereira
UFCG/CDSA/UATEC
Examinador - 01



Professor Dr. João Pereira Leite
UFCG/CDSA/UATEC
Examinador - 02

Sumé - PB

A Deus por ter me concedido a oportunidade de transformar em realidade um dos meus sonhos. Aos meus pais, Francisco Viana Alecrim e Damiana Araújo Alecrim, aos meus irmãos Alana e Junior e familiares.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me guiar e estar comigo em todos os momentos, pelo seu amor infinito e pela inspiração que me permitiu obter esta conquista e por ser minha fortaleza e o meu porto seguro nos momentos mais difíceis. Ao todo soberano Deus, porque até aqui me ajudou o Senhor, criador da natureza e pelo dom da vida.

Agradeço aos meus pais Francisco e Damiana pela confiança que depositaram em mim em todos os momentos, por acreditarem no meu futuro e por me darem todo suporte e amor de que eu precisava. Aos meus irmãos Alana e Junior pelo companheirismo e por proporcionarem momentos felizes. E a todos os meus familiares que de alguma forma torceram por esta conquista.

Ao meu namorado Lucas Roque pelas insistentes palavras de incentivo para que eu seguisse adiante, pela paciência, por todo o carinho e amor que sempre teve comigo.

Aos meus amigos e companheiros de turma Fernanda, Julianne, Brunna, Pablo, Barbara, Raquel, Milca, Agnodiceia, Josenildo e João Paulo, muito obrigado pelo carinho, compreensão e por tantos momentos alegres que vivemos.

Um agradecimento todo especial à Professora Daisy Beserra Lucena, pela orientação, paciência e dedicação durante esta jornada, que tornou possível a conclusão deste trabalho. Que o Senhor lhe cubra cada dia com suas maravilhosas bênçãos.

Ao Professor Daniel Augusto de Moura Pereira por acreditar na capacidade de cada um dos seus alunos, por sua amizade e pelos seus sábios conselhos.

A todos os professores do curso que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

A Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade de fazer o curso.

A banca examinadora pela colaboração na versão final desse trabalho e a todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

RESUMO

As empresas buscam a cada dia produzir produtos com maior qualidade, entretanto, com menor perda possível de tempo, recursos e custos. Dessa forma, o controle estatístico do processo surge como uma ferramenta importante para o controle de processo, que analisa e interpreta dados com o intuito de, se necessário, indicar quando o processo precisa de melhorias. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo identificar as principais causas da variabilidade do peso do iogurte de morango 180g, a partir do uso de ferramentas de controle estatístico da qualidade. Foram elaborados o fluxograma e o histograma, que auxiliaram na descrição do processo onde se pôde observar que o processo era incapaz de produzir de acordo com os limites de especificação. Aplicando o gráfico de controle para o mês de agosto, verificou-se que existiam dois pontos em alerta, porém, para que estes dados sejam considerados como limites tentativos, ou seja limites em que o processo seja capaz de atender a especificação imposta ao longo dos meses analisados, o gráfico precisou ser recalculado, para isso retirou-se os pontos de alerta. Com isso, o gráfico ficou sob controle, atendendo as condições de limites de especificação, porém quando comparados com os limites dos meses de setembro alguns pontos saíram dos extremos. Já no mês de outubro verificaram-se vários pontos que se distanciavam cada vez mais destes limites, mesmo tendo sugerido novos limites tentativos para que o processo seja capaz de atender as especificações, isto não foi possível. Sugeriu-se novos limites de especificação para o processo e verificou-se que com eles o mesmo tornou-se capaz, para que isto seja possível é necessário a análise das causas especiais do processo, realizada através do uso de diagrama de causa e efeito, afim de elimina-las, tornando assim o processo sob controle.

Palavras-chave: Cartas de Controle. Histograma. Diagrama de Causa e Efeito.

ABSTRACT

Companies seek every day to produce products with higher quality, however, with least possible loss of time, resources and costs. Thus, statistical process emerges as an important tool for the control process that analyzes and interprets data in order to, if necessary, to indicate when the process needs improvement. Given the above, this work has the objective to identify the main causes of variability of strawberry yogurt weight 180g, from the use of statistical quality control tools. Were drafted the flow chart and the histogram, which assisted in the description of the process which can be observed that the process was unable to produce according to the specification limits. Applying the control chart for the month of August, it was found that there were two points on alert, however, that these data are considered tentative limits, ie limits within which the process is capable of meeting the specification imposed over the months analyzed, the chart had to be recalculated for that withdrew the warning points. Thus, the graph was under control, given the conditions of specification limits, but when compared with the limits of the months of September some points left extreme. In the month of October there were several points that distanced themselves increasingly these limits, and even suggested new tentative limits for the process to be able to meet the specifications, this was not possible. It was suggested new specification limits for the process and it was found that with them it was able to make this possible it is necessary to analyze causes of the particular process performed by the use of cause and effect diagram, in order to eliminate them, thus making the process under control.

Keywords: Control Charts. Histogram. Diagram of Cause and Effect.

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 01	- Grau de variabilidade de um processo.	19
Figura 02	- Representação gráfica de um processo sob controle estatístico (A) e outro fora de controle estatístico (B).	20
Figura 03	- Representação gráfica de um histograma	22
Figura 04	- Representação da variabilidade e inclinação em um histograma.	23
Figura 05	- Modelo de folha de verificação de causas	24
Figura 06	- Modelo de folha de verificação para item defeituoso.	24
Figura 07	- Modelo de folha de verificação para localização de defeitos	25
Figura 08	- Perfil ou Regra de “80/20”	26
Figura 09	- Representação do Gráfico ou Diagrama de Pareto	27
Figura 10	- Representação de um Diagrama de Causa e Efeito	28
Figura 11	- Descrição de um determinado processo através do Fluxograma.	30
Figura 12	- Representação de um diagrama de dispersão.	30
Figura 13	- Comportamento do processo ao longo do tempo.	31
Figura 14	- Representação de uma carta ou gráfico de controle. (a) Processo sob controle e (b) processo fora do controle.	32
Figura 15	- Distribuição normal centrada no alvo (T)	33
Figura 16	- Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios (σ)	34
Figura 17	- Melhoria do processo com o uso de cartas de controle.	36
Figura 18	- Ação que deve ser adotada para melhorar a capacidade do processo, em função da comparação das magnitudes de C_p e C_{pk}	41
Figura 19	- Comparações de histogramas e limites de especificação..	42
Figura 20	- Classificação de pesquisa em Engenharia de Produção.	45
Figura 21	- Fluxograma do Processo (Setor de Envase).	51
Figura 22	- Histograma dos pesos do iogurte de morango – mês de Agosto de 2014.	53
Figura 23	- Série temporal dos pesos do iogurte de morango para os meses de agosto, setembro e outubro de 2014 (a) para a média (b) para a amplitude das observações.	55
Figura 24	- Gráfico do Papel da Probabilidade	56
Figura 25	- Gráficos de Controle para (a) a média e (b) desvio padrão.	58
Figura 26	- Gráficos de Controle Tentativo para (a) a média e (b) desvio padrão.	59
Figura 27	- Gráfico de controle para a média.	60
Figura 28	- Gráfico de controle para amplitude	61
Figura 29	- Diagrama de causa de efeito.	62

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 01 - Tipos de gráficos de controle por variável e forma de calcular os limites do processo.	37
Tabela 02 - Cálculos dos Índices de Capacidade.	40
Tabela 03 - Análise do Índice de Capacidade do Processo C_p .	41
Tabela 04 - Distribuição de frequência para os dados do peso do iogurte de morango – mês de agosto 2014.	53
Tabela 05 - Testes de Aderência para Normalidade	56
Tabela 06 - Limites de controle para os gráficos da média (\bar{X}) e da amplitude (R)	57

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 01 - Principais legados dos gurus da qualidade.	16
Quadro 02 - Características do processo.	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	- Controle Estatístico do Processo
LSC	- Limite Superior de Controle
LIC	- Limite Inferior de Controle
LC	- Limite de Controle
KS	- Kolmogorov- Smirnov
LIE	- Limite Inferior de Especificação
LSE	- Limite Superior de Especificação
C_p	- Índice de Potencial do Processo
C_{pk}	- Índice do desempenho do processo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Geral.....	14
1.1.2 Específicos	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Qualidade	15
2.2 Controle Estatístico do Processo (CEP).....	18
2.2.1 Histograma (Diagrama de Ramo e Folha).....	22
2.2.2 Folha de Controle (folha de verificação).....	23
2.2.3 Gráfico ou Diagrama de Pareto.....	25
2.2.4 Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama Ishikawa ou Espinha de Peixe).....	27
2.2.5 Fluxograma	29
2.2.6 Diagrama de Dispersão	30
2.2.7 Gráficos de Controle (Carta de Controle)	31
2.3 Teste de Normalidade.....	38
2.4 Índice de Capacidade do Processo	39
2.5 Qualidade na indústria de Laticínios.....	43
3. MATERIAL E METODOS	45
3.1 Classificação da pesquisa.....	45
3.2 Dados.....	46
3.3. Análise dos dados.....	47
3.4 Programa Estatístico.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Caracterização da empresa em estudo.....	49
4.2 Análise do histograma.....	52
4.3 Série temporal	53

4.4 Cartas de controle.....	55
4.4.1 Teste da normalidade	55
4.4.2 Gráficos de Controle	56
4.4.3 Análise da Capacidade do processo	58
4.4.4 Aplicação do gráfico de controle como padrão.....	59
4.4.5 Diagrama de Causa e Efeito	60
5. CONCLUSÃO	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1. INTRODUÇÃO

A partir da globalização, e aumento na competitividade, as empresas precisam estar em constante mudança para acompanhar o ritmo do mercado consumidor, com o intuito de sustentação e sobrevivência (PAIVA et al., 2013). Deste modo, a qualidade tornou-se uma das principais estratégias e preocupação das empresas e/ou serviços, essencialmente para aquelas que pretendem aprimorar e atingir os resultados planejados, ou seja, atender todos os seus objetivos de desempenho (qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo) (CAMPOS e ROCHA, 2009).

A qualidade pode ser considerada como algo que afeta não só a vida das organizações, mas a vida de cada pessoa de forma positiva, pois um produto com qualidade cumpre a função da forma que se deseja e a empresa também supera toda e qualquer expectativa e planejamento. Diante disso, o conceito de qualidade não é apresentado de uma única maneira, entretanto, o pensamento vai desde adequação ao uso através das necessidades dos clientes, definição dada por Juran, passando pela definição onde a qualidade trata da conformidade do produto as suas especificações segundo Crosby, até chegar que ao conceito em que a qualidade é definida como a totalidade de propriedades e características de um produto ou serviço, que confere suas habilidades em satisfazer necessidades explícitas e implícitas.

Neste contexto da necessidade que as empresa apresentam para permanecerem-se de forma satisfatória e excelência no mercado, surge o controle da qualidade, que permite monitorar os resultados específicos de um projeto, de um produto ou serviço e verificar se eles estão de acordo com padrões de qualidade determinados e, com as necessidades dos clientes, caso apresente algum resultado insatisfatório, identificar formas para elimina-los ou reduzi-los.

Ao iniciar um programa de qualidade, a empresa deve se preparar para assumir grandes desafios e mudanças, se necessário. A implantação de qualquer que seja o programa não é uma tarefa fácil, mas traz uma nova padronização na empresa que precisa da cooperação e motivação de todas as pessoas envolvidas na melhoria do processo, para resultados satisfatórios baseando-se em resultados de técnicas estatísticas, as quais surgem como elementos facilitadores na implementação, e por consequência visando obter melhoria contínua, conquista no mercado e satisfação do cliente (DAMINELLI, 2013; TRINDADE et al., 2000).

Com a ascensão das empresas e a busca de produtos de qualidade, tornou-se impraticável e inviável para processos manuais a inspeção total dos produtos que saem em grandes quantidades, inviabilizando assim a execução da inspeção de produto a produto como na era anterior. Por esta razão, a introdução da estatística como ferramenta da indústria é, sem dúvidas, uma ferramenta de trabalho poderosa para quem trabalha em controle da qualidade e controle de processos. A aplicação de técnicas estatísticas desempenha um papel fundamental no gerenciamento da qualidade e da produtividade e tem por principal objetivo oferecer aos responsáveis pela tomada de decisões, referências relativas ao grau de confiabilidade dos resultados gerados pelos controles e aos riscos envolvidos nas decisões tomadas.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) apresenta-se como uma ferramenta bastante útil, para monitoramento de um processo de forma que auxilia na visualização do comportamento do processo, e desta forma atua de modo preventivo para identificar variações significativas, com o intuito de evitar que itens da produção possuam qualidade insatisfatória (DAMINELLI, 2013). O fundamento básico do CEP baseia-se nos conceitos de variabilidade, variabilidade esta que pode ser decorrente de causas naturais (comuns), inerentes ao processo que sempre existirá ou causas assinaláveis (especiais), que podem prejudicar a qualidade do produto ou serviço e podem ser corrigidas ou eliminadas. Segundo Montgomery (2004) a qualidade é inversamente proporcional à variabilidade, ou seja, se a variabilidade nas características importantes de um produto decresce, a qualidade do produto aumenta.

O ambiente competitivo em indústrias de alimentos, mais especificamente em indústrias de laticínios, estão levando as empresas a investir cada vez mais em gestão de qualidade. Além do mais, as empresas inseridas nesse ramo, necessitam também atender aos requisitos legais. A busca incessante pela melhoria da qualidade do produto tanto no que diz respeito à segurança do alimento (alimentos que não comprometam a saúde do consumidor) quanto à satisfação do consumidor com o alimento consumido, podem determinar sua sobrevivência no mercado (SCALCO e TOLEDO, 2002).

Diante da rápida evolução da tecnologia e a alta competitividade do mercado a aplicação e uso de ferramentas do Controle Estatístico da qualidade em uma empresa se reveste de grande valia e, se tornam cada vez mais necessárias para obter um processo com economia, eficiência, produtividade e qualidade, principalmente porque, permite tomar decisões devidamente embasadas. O controle estatístico abre caminho para melhorias contínuas, uma vez que garante um processo estável, previsível, com uma

identidade e capacidade definida, cuja evolução pode ser facilmente acompanhada, possibilitando tomada de decisões e ações de correção e melhorias.

É preciso ressaltar que, o CEP é um sistema de decisão e não um substituto da experiência, ou seja, os métodos estatísticos ajudam a detectar e isolar o problema de um processo, entretanto, a gerência e as habilidades técnicas da equipe, pelo conhecimento, identifica as causas e propõem a melhor solução para o problema (SCHEIDEGGER, 2006).

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Analisar as possíveis causas da variabilidade do peso do iogurte de morango 180g, a partir da utilização de ferramentas de Controle Estatístico.

1.1.2 Específicos

- Mapear o processo produtivo do envase de bebidas lácteas;
- Aplicar ferramentas do Controle Estatístico da qualidade; e
- Analisar possíveis causas (variabilidades) geradores de variabilidade no processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção, serão abordados alguns conceitos importantes que norteiam o trabalho, temas relacionados à qualidade, estatística, controle estatístico do processo, bem como questões ligadas ao setor de laticínios. Além dos conceitos, esta seção também apresentará estudos realizados aplicando as ferramentas do controle estatístico do processo, de maneira que será possível detectar os principais pontos de cada ferramenta a ser analisada, bem como as lacunas a serem preenchidas, contribuindo para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.1 Qualidade

A qualidade tem seu papel cada vez mais presente nas Indústrias, assim a definição da qualidade possui uma extrema diversidade de interpretação e conceitos dado por diversos autores, que procuram dar uma definição simples para que seja assimilável a todos os níveis das organizações, entretanto não existindo um consenso sobre sua conceituação. De forma geral, as definições mais utilizadas, são as conceituadas pelos principais pensadores da qualidade que se tornaram mais populares e, conseqüentemente, influenciou de forma significativa a história da qualidade, são eles: Joseph Juran, Philip Crosby, Edwards Deming e Kaoru Ishikawa.

Joseph Juran entende como qualidade de um produto como o grau com que este satisfaz determinadas necessidades de certo usuário, ou seja, a qualidade varia de acordo com que a utilização de cada usuário (ZIMBRES, 2006).

A qualidade nada mais é segundo Crosby (1992) que a conformidade com os requisitos, ou seja, ou há ou não há conformidade. Deste modo a qualidade pode ser considerada um conjunto de atributos que atendem os objetivos para qual o produto foi concebido dentro de suas especificações, tais como: segurança, confiabilidade, conforto, resistência, durabilidade entre outras que se deseja atender (SANTOS e LIMA, 2011).

Para Deming qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente. (PUCCI, 2011) A qualidade baseia-se no ponto de vista de que produtos e serviços devem apresentar as especificações exigidas por aqueles que o usam, dessa forma proporcionando a satisfação do cliente (MONTGOMERY, 2004)

Segundo Ishikawa (1993), qualidade é a rápida percepção e satisfação das necessidades do mercado, adequação ao uso e homogeneidade dos resultados do processo. Para tanto, para atingir qualidade, deve-se primeiramente investir na qualidade do processo produtivo deste produto ou serviço, e também acompanhar o ciclo de vida do produto desde seu desenvolvimento até o pós venda.

Em resumo podem-se observar as principais contribuições destes pensadores da qualidade no Quadro 01.

Quadro 01 – Principais legados dos gurus da qualidade.

GURUS	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES
DEMING E ISHIKAWA	Melhoria contínua; Ciclo de Deming (PDCA).
JURAN	Trilogia: Planejamento da qualidade, controle da qualidade e aperfeiçoamento da qualidade; Visão do fornecedor: conformidade com as especificações; Visão do cliente: adequação ao uso.
CROSBY	Qualidade como conformidade com os requisitos; Qualidade como resultado da prevenção.

Fonte: Adaptado de Berssaneti e Bouer (2013)

Garvin (1984) citado por Toledo (2001) identificou cinco enfoques para definir-se qualidade, são eles:

- ✓ Enfoque transcendental - considera que a qualidade de um produto é universalmente reconhecida após seu uso extensivo.
- ✓ Enfoque baseado no produto - a qualidade é um atributo intrínseco ao produto e, portanto pode ser avaliada (mensurável) objetivamente.
- ✓ Enfoque baseado no valor - pressupõe-se que uma melhor qualidade implica em maiores custos, uma vez que ela reflete a quantidade e o conteúdo de características que custam para produzir.
- ✓ Enfoque baseado no usuário - produtos de alta qualidade são aqueles que melhor satisfazem as necessidades e preferências da maioria dos consumidores.
- ✓ Enfoque baseado na fabricação - está associado ao conceito de qualidade como conformidade com especificações.

Entretanto, como dito em Berssaneti e Bouer (2013), o conceito de qualidade vem se ampliando ao longo dos anos, incorporando novas ideias, e cada ideia é consequência de condições socioeconômicas de diferentes períodos.

Por fim, Campos (1999) sintetiza o conceito de qualidade como sendo um produto ou serviço aquele que atende perfeitamente (projeto do produto), de forma confiável (sem defeitos), de forma acessível (baixo custo), de forma segura (segurança do cliente) e no momento certo e no tempo certo (entrega no prazo certo, no local certo e na quantidade certa) às necessidades do cliente.

Paladini (2002) menciona que a avaliação da qualidade sempre teve um espaço no gerenciamento das organizações, a fim de se obter um ambiente competitivo para desenvolver estratégias que viabilizem o processo de avaliação.

Dessa forma, a partir da qualidade é possível desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto mais econômico, mais útil e satisfatório para o consumidor (PUCCI, 2012). Segundo Paladini (2006) os conceitos da qualidade, de simples ações operacionais centradas na melhoria dos processos produtivos, passaram a serem elementos fundamentais da gestão organizacional, tornando-se fator crítico para a sobrevivência não só das empresas, mas também de produtos, processos e pessoas.

Segundo Nascimento (2010) é fácil perceber quando uma empresa trabalha com qualidade, tendo em vista que será sempre visível a sua tendência de crescimento contínuo, coerente e bem direcionado aos fins que a empresa se propõe. Quando as organizações investem em programas de qualidade, criam um diferencial nos produtos, serviços, na eficiência dos colaboradores, principalmente, no que tange à satisfação do cliente, sendo estas as atribuições que o cliente faz ao produto ou serviço (DAMINELLI, 2013). A falta de qualidade resulta em sérias complicações, podendo ser observada no desperdício de mão-de-obra, de materiais, de tempo, fatores que contribuem para elevar custos de produção (MOURA et al., 2010).

Falconi (1992) comenta que é praticamente impossível que cada processo de uma empresa tenha contato direto com o consumidor final para saber todas as duas necessidades, para isto, a empresa normalmente dispõem de uma organização interna que faz todo o planejamento da qualidade, definindo as características básicas a serem agregadas ao produto ou serviço de forma a garantir a satisfação dos clientes, essas características são transformadas em itens de controle e gerenciadas.

2.2 Controle Estatístico do Processo (CEP)

Com o intuito de controlar e estabilizar os processos das empresas, na era em que a qualidade é crucial, surgiu as ferramentas do Controle Estatístico do Processo (CEP) que está estreitamente ligado à qualidade.

Toda a análise derivou do conceito de controle estatístico de Shewhart, que se baseia em técnicas estatísticas para determinar limites, além de métodos gráficos de representação de valores, originando-se então as cartas de controle, um dos instrumentos mais eficazes usados pelos profissionais da qualidade contemporâneos.

Heizer e Render (2001) define CEP como uma técnica estatística amplamente usada para assegurar que os processos atendam aos padrões, já que os mesmos estão sujeitos a certo grau de variabilidade, que podem ser causas de variação comuns (ou não assinaláveis) e especiais (ou assinaláveis). É bom lembrar que, não existem dois produtos ou processos exatamente iguais, as diferenças sempre existem, embora muitas vezes não possam ser medidas.

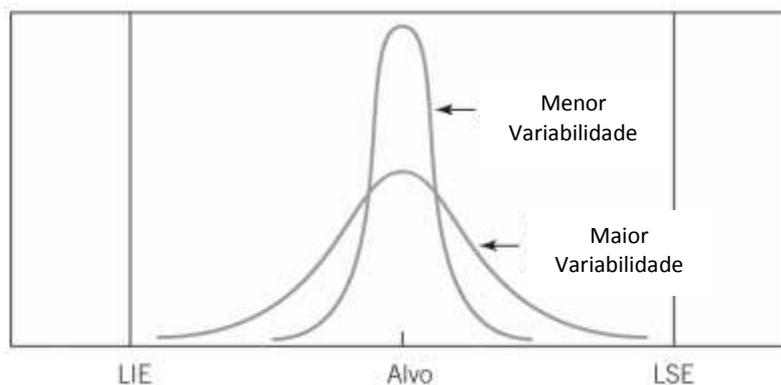
As causas comuns são relativamente pequenas, mas ocorre com muita frequência e em grande número, são exatamente essas causas em um período de tempo que explica a existência da variabilidade de um processo, estão sempre inerentes ao processo. Embora essas causas comuns possam ser reduzidas, vão sempre existir, ou seja, elas fazem parte do processo.

Contudo, as causas especiais podem produzir perturbações fortes no processo, é um evento que ocorre uma vez ou ocasionalmente, é imprevisível, entretanto elas podem ser eliminadas e são ocasionadas por motivos claramente identificáveis e são responsáveis por alterar os parâmetros de um processo (SAMOHYL, 2006). Quando essas causas especiais ocorrem periodicamente Samohyl (2004) classifica-as como estrutural, essas também são elimináveis ou compensáveis. O autor ressalva que, quando o período entre as ocorrências é relativamente grande, a causa estrutural confunde-se com a causa especial, mas, se o gerente for atento, ele vai perceber sua natureza repetitiva.

Dal’Cortivo (2005) diz que a redução da variabilidade nos processos e produtos melhora a qualidade. E é esse o objetivo principal da engenharia de qualidade, sistemática da variabilidade nas características chave do produto. A melhoria da qualidade causa aumento da produtividade e, conseqüentemente, aumento da competitividade. A Figura 01 ilustra o conceito de variabilidade, quando a curva

normal, forma mais achatada, aproxima-se dos limites de especificações (LIE – limite inferior e LSE – limite superior de especificação) maior será a variabilidade, em contrapartida, quanto mais concentrada em torno do alvo, menor é a variabilidade.

Figura 01 – Grau de variabilidade de um processo.



Fonte: Adaptado de Montgomery (2004)

Em resumo o Quadro 01 mostra algumas características de um processo estatisticamente controlado e outro sem controle estatístico.

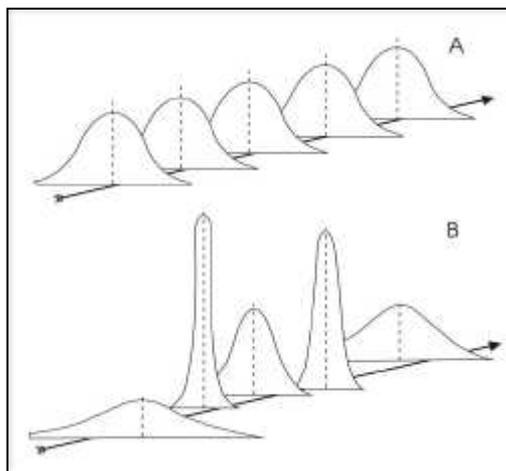
Quadro 02 – Características do processo

PROCESSO	
ESTATISTICAMENTE CONTROLADO	SEM CONTROLE ESTATÍSTICO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ as variações são menores (controladas) ▪ pode-se prever o que será produzido adiante; ▪ tem-se maior homogeneidade entre os itens produzidos; ▪ detecta-se a possibilidade de ocorrência de falhas; ▪ O operador é o responsável pela qualidade; ▪ existe um histórico de cada processo (visível e de fácil compreensão) ▪ O PROCESSO É PREVISÍVEL. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ as variações são maiores e não são controladas; ▪ não se pode prever a produção futura; ▪ não há homogeneidade entre os itens; ▪ não há como prever/detectar falhas, pois não exige o acompanhamento do processo; ▪ o operador apenas opera a máquina; ▪ O PROCESSO NÃO É PREVISÍVEL.

Fonte: Ghislaine (s.d)

Graficamente pode-se verificar na Figura 02 um processo sob controle estatístico (A) e outro fora de controle estatístico (B).

Figura 02 – Representação gráfica de um processo sob controle estatístico (A) e outro fora de controle estatístico (B).



Fonte: Ghislaine (s.d)

Segundo Miguel (2006) as ferramentas da qualidade tem um grande potencial quando utilizadas na identificação das causas raízes ou ao apoio à decisão na análise de determinado problema para solução de insuficiência no quesito qualidade.

Souza (1996) diz que o CEP é um tipo de sistemas de realimentação, que envolve a comparação dos resultados de um processo com um padrão e a realização de ações corretivas em caso de discrepância. A determinação de habilidade do processo em produzir um produto que satisfaça as especificações ou requisitos desejados, também pode ser avaliado. Na aplicação do CEP utilizam-se várias ferramentas, que são elementos utilizados para obter dados, selecionar e identificar os problemas, além de mostrar suas causas, permitindo assim priorizar as de impacto significativo para a organização. O uso dessas ferramentas tem como objetivo a clareza no trabalho e, principalmente, a tomada de decisão com base em fatos e dados.

Para Maiczuk e Andrade Júnior (2013) as ferramentas do CEP são utilizadas na indústria por ter a grande capacidade e consciência em remover as causas dos problemas, em que se obtém uma maior produtividade e a redução de perdas. Elas auxiliam na resolução de problemas utilizando técnicas específicas e gráficas que produzem melhores resultados do que os processos de procura não estruturados.

Entretanto, Kume (1993) ressalta que as ferramentas são eficazes para a melhoria de um processo e a redução dos seus defeitos, mas é preciso ter em mente que são apenas ferramentas e elas podem não funcionar, caso sejam aplicadas inadequadamente.

Com o objetivo de facilitar a aplicação do Controle Estatístico de Processo no sistema de produção para melhoria da qualidade, foram desenvolvidas as ferramentas da qualidade, que facilitam a aplicação de conceitos, coleta e apresentação de dados (MAICZUK e JÚNIOR ANDRADE, 2013).

As ferramentas do controle estatístico da qualidade foram desenvolvidas com a finalidade de resolver os problemas existentes no processo produtivo, cada ferramenta é melhor aplicável a um tipo de situação, por isso é necessário escolher corretamente a técnica a ser utilizada para cada tipo de problema (DAMINELLI, 2013).

Neste contexto, o Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta extremamente útil, já que é composto por várias ferramentas que permite a coleta, análise e interpretação de dados, capazes de identificar problemas, a partir do monitoramento do processo para variáveis de controle definidas, melhorando assim seu desempenho, reduzindo a sua variabilidade o que resulta em produtos mais conformes, ou seja, com menos defeitos, o que gera maior produtividade, além de reduzir custos e obter um conseqüente aumento nos lucros, e pode ser utilizado para a maioria dos processos (MONTGOMERY, 2004).

O CEP sendo é um método preventivo de comparar continuamente os resultados de um processo com um padrão, identificando, a partir de dados estatísticos as tendências para variações significativas, eliminando ou controlando estas variações com o objetivo de reduzi-las cada vez mais, não deve ser aplicado apenas na inspeção final do produto, devendo ser incentivado o controle em cada posto de trabalho com o intuito de evitar itens defeituosos e gerar custo da má qualidade. Nas empresas decisões devem ser tomadas com base em análise de fatos e dados, então para aproveitar melhor essas informações, algumas técnicas e ferramentas podem e devem ser aproveitadas.

Na aplicação do CEP utilizam-se várias ferramentas estatísticas úteis, principalmente para a resolução de problemas, chamadas de ferramentas básicas da qualidade (MARTINS, VILELA E PASSOS, 2009), são elas:

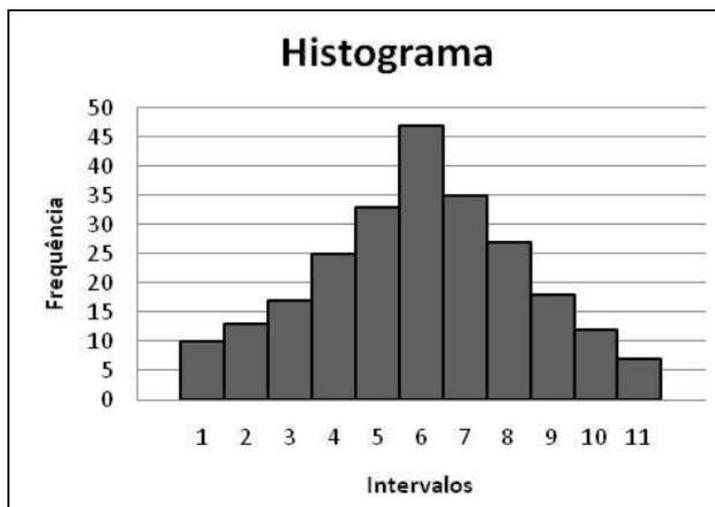
- ✓ Histogramas ou o diagrama de ramo-e-folhas;
- ✓ Folha de Controle (folha de verificação);

- ✓ Gráfico ou diagrama de Pareto;
- ✓ Diagrama de Causa e efeito (Diagrama Ishikawa ou espinha de peixe);
- ✓ Fluxograma;
- ✓ Diagrama de Dispersão; e
- ✓ Gráfico de controle (carta de controle).

2.2.1 Histograma ou Diagrama de ramo-e-folha

O histograma é um gráfico de barras que contém uma determinada quantidade de valores reunidos por faixas (Figura 03). É útil para identificar o comportamento típico da característica, usualmente permite a visualização de determinados fenômenos, dando uma noção de frequência com que ocorrem (LINS, 1993).

Figura 03 – Representação gráfica de um histograma



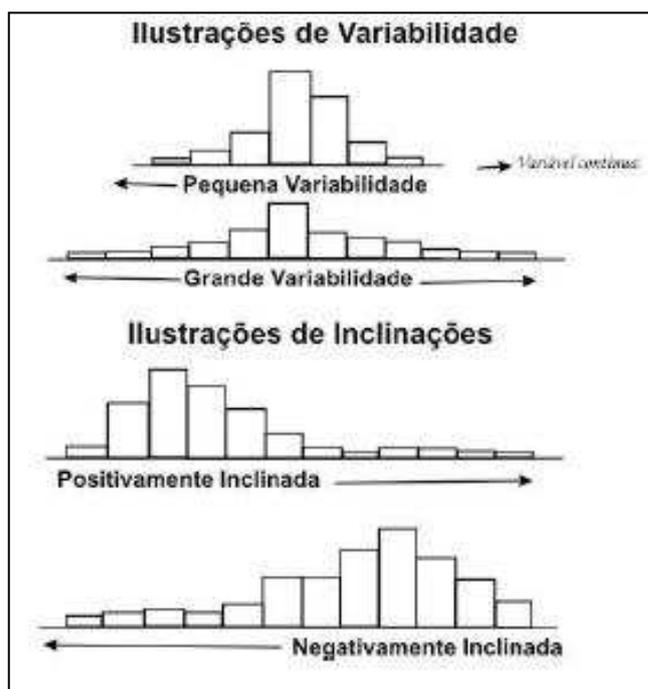
Fonte: TRIVELLATO (2010)

Segundo Paladini (1997) os histogramas são instrumentos muito conhecidos na Estatística Clássica, eles descrevem as frequências com que variam os processos e a forma que assume a distribuição dos dados da população como um todo. Nesse sentido, o histograma pode ser usado para verificar a frequência de um produto com defeito; a padronização do produto; o tempo da execução dos processos; elaborar um gráfico de frequência para um número de unidade por cada categoria (FERREIRA, 2009).

Segundo Montgomery (2004), em um histograma é possível analisar três propriedades: a forma da distribuição, a tendência central e a variação da distribuição.

Diante do exposto, o histograma é um tipo de gráfico de barras que apresenta claramente a distribuição dos dados em estudo. A altura ou o comprimento de cada barra correspondem ao número de vezes, ou seja, a frequência de cada dado ou da classe a qual ele pertence. Os histogramas são bastante úteis tanto na visualização da dispersão quanto na localização da tendência central. A seguir a Figura 04 ilustra os tipos de variabilidade e inclinações em um histograma.

Figura 04 – Representação da variabilidade e inclinação em um histograma



Fonte: Ghislaine (s.d)

2.2.2 Folha de Controle (folha de verificação)

A folha de verificação é usada para facilitar a coleta e análise de dados, o uso economiza tempo e elimina o trabalho. É uma ferramenta onde as ações tomadas devem ser baseadas em cima dos dados, de forma que o problema possa ser claramente definido. (MARSHALL JR. *et al* 2007);

Em suma, a folha é um formulário no qual os itens a serem examinados já estão impressos, com o intuito de facilitar a coleta e o registro dos dados (WERKEMA, 2006).

Em uma folha de verificação devem estar dispostas informações relevantes para a tomada de decisão do gestor. Deve constar o nome da empresa, o produto analisado, o período da coleta, o nome de quem a coletou, a data, a identificação do lote, entre outros dados (DAMINELLI, 2013). Elas são estruturadas de acordo com as exigências de cada usuário, e por isso, mostra extrema elasticidade de preparação, utilização e interpretação, no entanto, não devem ser confundidas com *checklists*, que são listagens de itens a serem verificados (PALADINI, 1997).

Existem inúmeros tipos de folhas de verificação, desenvolvidas conforme o intuito da empresa, para isto é necessário saber claramente o objetivo da coleta de dados. Dentre eles os mais comuns são para distribuição de um item de controle de um processo produtivo, para classificação, para localização de defeitos e para identificação de causas e defeitos (TRIVELLATO, 2010).

As Figuras 5, 6 e 7 são modelos de folhas de verificação, utilizadas cada uma para uma finalidade.

Figura 05 – Modelo de folha de verificação de causas

Empresa:													
Processo:													
Inspetor:											Data:		
Equipamento	Trabalhador	Dia da Semana										Subtotal	Total
		Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta			
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T		
Tear 1	A												
	B												
Tear 2	C												
	D												
Subtotal													
Total													

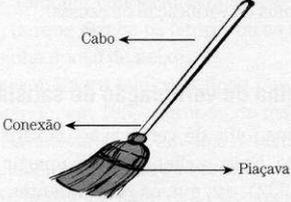
Fonte: Ramos, Almeida e Araújo (2013)

Figura 06 – Modelo de folha de verificação para item defeituoso

Produto: copos de cristal						
Estágio de fabricação: final						
Total inspecionado: 2585 peças						
Inspetor:				Data:		
Defeitos	Marcas				Subtotal	
Trincado	///	///	///	/		16
Quebrado	///	///	//			12
Deformado	///	///	///	///	/	21
Manchado	///	///				10
Outros	///					03
Total						62

Fonte: Ramos, Almeida e Araújo (2013)

Figura 07 – Modelo de folha de verificação para localização de defeitos

Folha de localização de defeitos em vassouras					
Nº do Produto:			Data:		
Material:			Inspetor:		
Fabricante:					
Esquema					
					
Matriz de localização de defeitos					
Defeitos	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Total
Cabo					
Conexão					
Piaçava					
Total					

Fonte: Ramos, Almeida e Araújo (2013)

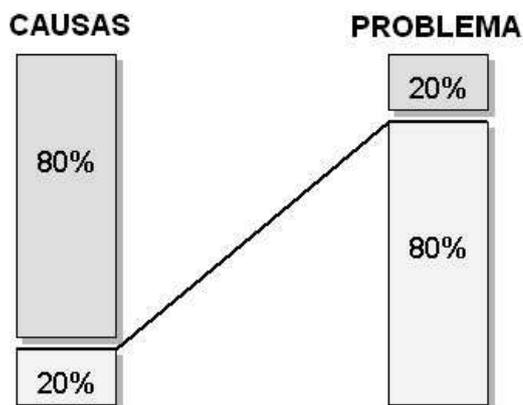
2.2.3 Gráfico ou Diagrama de Pareto

O diagrama de pareto é um gráfico que apresenta os dados de forma clara e objetiva, facilitando assim a identificação do problema que devera ser analisado. Este gráfico, por definição, classifica os problemas da qualidade nos poucos vitais e muitos triviais, é muito utilizado na estratificação de dados referentes a refugos nos processos produtivos (SASHKIN e KISER, 1994).

A análise de Pareto é uma técnica estatística utilizada na tomada de decisão que permite selecionar e priorizar um número pequeno de itens capazes de produzir grande efeito na melhoria dos processos.

O princípio de Pareto estabelece que um problema é causado, principalmente, por um número reduzido de causas, o Princípio de Pareto (também conhecido como regra 80/20): a ideia de que 80% dos resultados correspondem a apenas 20% dos fatores, o que justifica a priorização, ou em termos de melhoria da qualidade, a grande maioria dos problemas (80%) é produzida por apenas algumas causas essenciais (20%) (Figura 08).

Figura 08 – Perfil ou regra de “80/20”



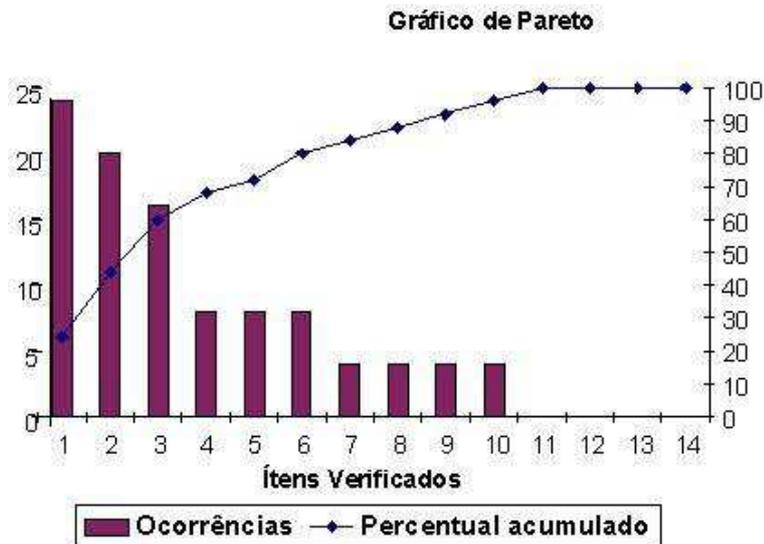
Fonte: Ferreyra (2011)

O diagrama de Pareto tem o objetivo de compreender a relação ação/benefício, ou seja, prioriza a ação que trará o melhor resultado. Segundo Werkema (1995) o gráfico de Pareto é composto por um gráfico de barras verticais que dispõe a informação de fora a tornar evidente e visual a priorização de temas, ordena as frequências das ocorrências em ordem decrescente, e permite a localização de problemas vitais e a eliminação de futuras perdas.

O gráfico dispõe de informação que permite a concentração dos esforços onde os maiores resultados ou ganhos serão obtidos (WERKEMA, 2006). A partir da construção do gráfico de Pareto é possível visualizar qual o principal problema que esta afetando a empresa, e poder constatar também que nem sempre o problema que ocorre com maior frequência é aquele que traz maiores danos.

A representação do gráfico de Pareto é apresentada na Figura 10. A análise é simples, bastando apenas verificar quais são os itens de maior impacto. Eles estão à esquerda do diagrama e representam as principais oportunidades de redução dos problemas. A utilização do Diagrama de Pareto apresenta outras vantagens além do maior poder de comunicação de um gráfico em relação a uma tabela. Esta ferramenta permite indivíduos de níveis hierárquicos diferentes na organização entenderem o que os dados estão mostrando e, além de tudo, a simplicidade faz com que todos interpretem da mesma maneira (NAKAZAKI, 2003).

Figura 09 – Representação do Gráfico ou Diagrama de Pareto



Fonte: Significados (2014)

2.2.4 Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama Ishikawa ou Espinha de Peixe)

Werkema (1995) define Diagrama de Causa e Efeito como uma ferramenta da qualidade capaz de demonstrar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores do processo (causas) que podem, por razões técnicas, influenciar no resultado considerado. É conhecido também como gráfico de Ishikawa (quem o criou, em 1943) ou como gráfico de espinha de peixe, por ter uma forma similar a uma espinha de peixe.

Segundo Ramos (2000) o diagrama de causa e efeito é uma figura composta de linhas e símbolos, que representam uma relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas. Este diagrama descreve situações complexas, que seriam muito difíceis de serem descritas e interpretadas somente por palavras.

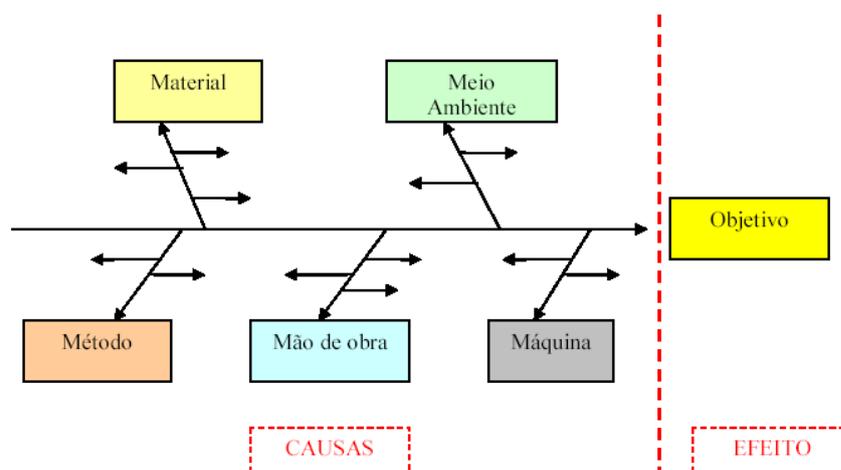
O diagrama de causa e efeito é utilizado para mostrar os resultados, efeitos, e os fatores, causas, de um processo mostrando seus aspectos e suas relações em comum que de alguma maneira pode ser afetado o resultado final (ISHIKAWA, 1993; VIEIRA FILHO, 2007).

Usualmente, esta ferramenta divide as causas de um efeito em seis famílias principais (Figura 10): mão-de obra, matéria prima, método, meio ambiente, medidas e

máquinas, conhecidas como fatores de manufatura para produtos ou fatores de serviços para serviços, facilitando assim o seu entendimento, o que faz com que as vezes chame-o de Diagrama 6M, porém pode-se adotar outros fatores convenientes com o efeito (SALGADO, 2008; TRIVELLATO, 2010).

As causas são agrupadas por categorias e semelhanças, a ferramenta exige equalização de uma sequência de perguntas que evidenciam os fatos, podemos utilizar para identificar causas, descobrir problemas e causas, estratificar as ações, entre outros (GONÇALVES, 2011).

Figura 10 – Representação de um Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Mettittier (2013)

Para estabelecer o grau de importância das causas, deve-se basear sempre que possível em dados e não somente na experiência das pessoas para que se minimizem as chances de equívocos. Para que seja facilitado o uso de dados, é desejável que as causas e os efeitos sejam mensuráveis (TRIVELLATO, 2010)

Carpinetti (2010) diz que ele foi desenvolvido para representar as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental deste problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotada (LEITE, 2013). A grande vantagem é que se pode atuar de modo mais específico e direcionado no detalhamento das causas possíveis. Em linhas gerais, as etapas de elaboração do diagrama de causa e efeito, são os seguintes (GONÇALVES, 2011):

- ✓ Discussão do assunto a ser analisado, contemplando seu processo, como ocorre, onde ocorrem, áreas envolvidas e escopo;
- ✓ Descrição do efeito (problema ou condição específica) no lado direito do diagrama;
- ✓ Levantamento das possíveis causas e agrupamentos por categoria no diagrama; e
- ✓ Análise do diagrama elaborado e coleta de dados para determinar a frequência de ocorrência das diferentes causas.

2.2.5 Fluxograma

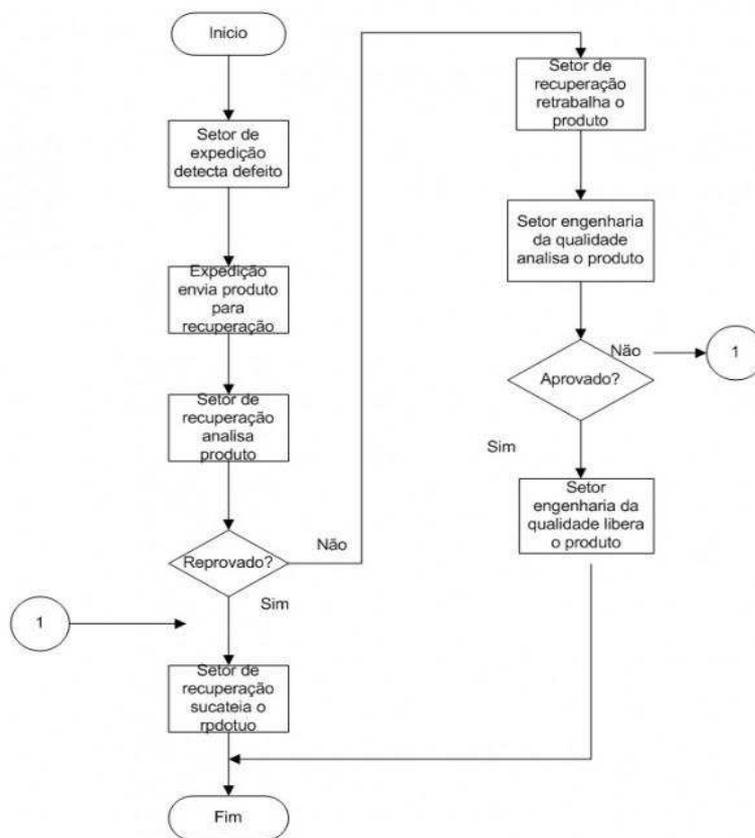
Os fluxogramas apresentam cada etapa do processo produtivo, através de representações gráficas e é utilizado quando se pretende descrever um processo produtivo. É definido como um esquema que possui forma bastante simples e objetiva, que identifica e ordena sucintamente as etapas de um processo, ao fazer rodar o ciclo de produção (DAMINELLI, 2013).

Ferreira (2009) frisa que o objetivo do fluxograma é propor a simplificação e a racionalização dos processos organizacionais de forma a melhorar a rotina ou procedimento encontrado na organização. Nesse sentido o fluxograma serve para identificar o fluxo atual ou o fluxo ideal para um acompanhamento de um produto/serviço; identificar desvios; verificar a sequência de passos do processo e se estão relacionados entre si; criar um novo projeto que possibilite identificar as oportunidades de mudanças; definir limites e na busca desenvolver num melhor entendimento de todos os funcionários da organização (HOSKEN, s.d.).

De acordo com Paladini (1997, p.72),

[...] os fluxogramas são ferramentas recomendadas em qualquer atividade de programação computacional. Sua utilização na área da qualidade refere-se à determinação de um fluxo de operações bem definido. O fluxo permite visão global do processo por onde passa o produto e, ao mesmo tempo, ressalta operações críticas ou situações em que haja cruzamento de vários fluxos (que pode, por exemplo, constituir-se em ponto de congestionamento).

Figura 11- Descrição de um determinado processo através do Fluxograma.

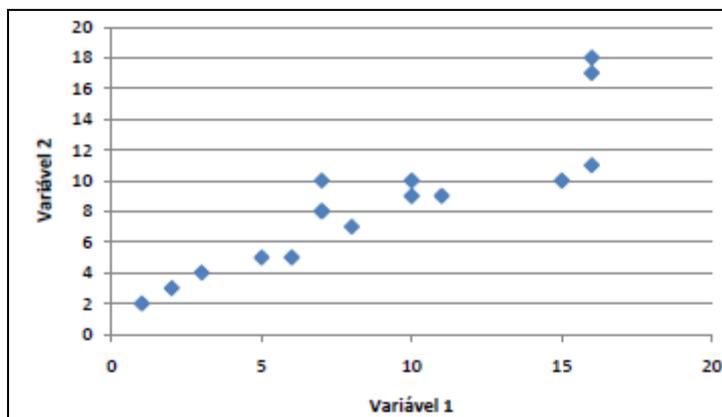


Fonte: Martins (2015)

2.2.6 Diagrama de Dispersão

Werkema (2006) define o Diagrama de dispersão como um gráfico que mostra o tipo de relacionamento entre duas variáveis, através dele pode-se identificar se existe uma tendência de variação conjunta (correlação) entre duas ou mais variáveis (Figura 13). O conhecimento dessa variação contribui para aumentar a eficiência dos métodos de controle do processo facilitando a identificação de possíveis problemas e ajuda no planejamento de ações de melhoria a serem optadas.

Figura 12 – Representação de um diagrama de dispersão



Fonte: TRIVELLATO (2010)

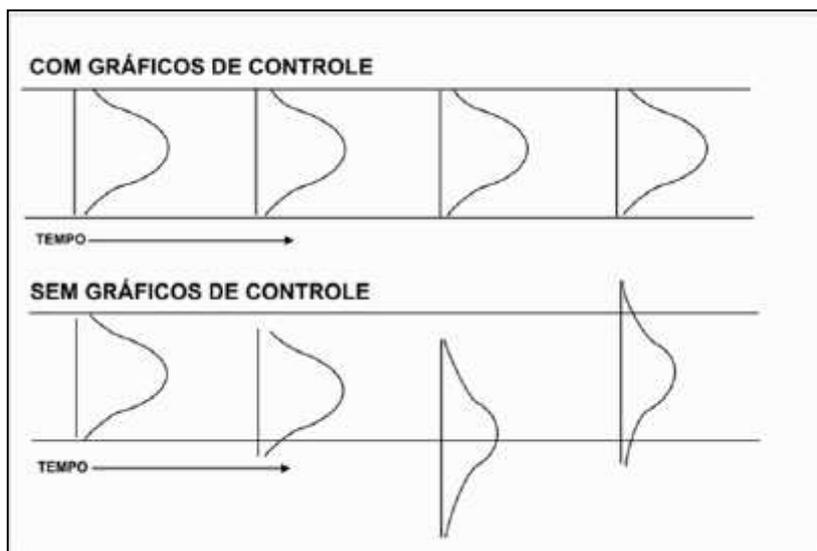
Segundo Paladini (1997), os diagramas de dispersão resultam de simplificações efetuadas em procedimentos estatísticos usuais e são modelos que permitem rápido relacionamento entre causas e efeitos (ALENCAR, 2008). O diagrama de dispersão ajuda visualizar a possível relação entre duas variáveis, podendo ser utilizado, por exemplo, para comprovar uma hipótese de causa-e-efeito entre dois fenômenos (VERGUEIRO, 2002).

O diagrama de dispersão serve para demonstrar a intensidade da inclusão das variáveis selecionadas, o que não garante necessariamente, que uma variável ou a relação seja causa de outra (MARSHALL JÚNIOR, 2006).

2.2.7 Gráficos de Controle (Carta de Controle)

Segundo Ghislaine (s.d) os gráficos de análise e ajuste na variação de um processo em função de tempo, através de suas características básicas: média e dispersão, são os gráficos de controle. A centralização pode ser verificada através da média do processo e a dispersão estimada através do desvio-padrão ou da amplitude dos dados como pode ser visualizado simplificadaamente na Figura 13.

Figura 13 – Comportamento do processo ao longo do tempo.



Fonte: Ghislaine (s.d)

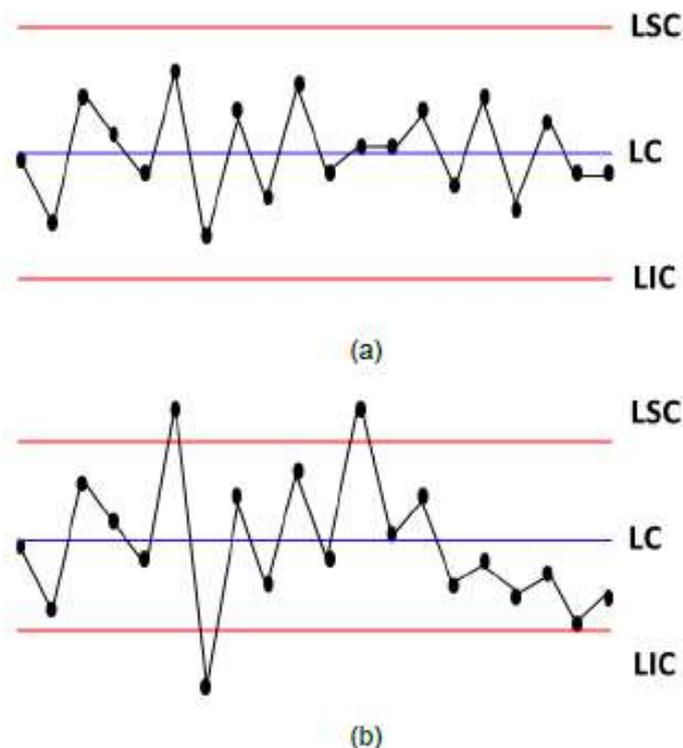
Cartas de controle é um tipo de gráfico muito utilizado para o acompanhamento de um processo, possui a vantagem de ser um controle feito pelo operador da máquina em estudo, reforçando seu compromisso com a qualidade do produto e comprometimento, o que é fundamental quando se trata de melhoria de processos (CAMPOS e ROCHA, 2009).

A estrutura do gráfico de controle consiste na plotagem de três linhas e os pontos que representam as médias de pequenas amostras, de mensurações periódicas de alguma característica importante de um processo (peso, comprimento, volume, etc.), ou o número ou percentagem de peças defeituosas ou número de defeitos. As três linhas representam dois limites de controle, um superior (LCS) e o outro inferior (LCI), e uma linha central que representa o valor médio da característica de qualidade correspondente à situação do processo sob controle. Tradicionalmente, as linhas de controle ficam em uma distância de três desvios-padrão da média ou do alvo do processo ($\mu \pm 3\sigma$) como pode ser verificado na Figura 14. É bom ressaltar que, para determinação dos limites superior e inferior de controle, um pré-requisito é que a característica de qualidade deve-se seguir uma distribuição normal.

A utilização desse sistema de 3 sigmas (3 desvio-padrão) a probabilidade de um ponto estar fora dos limites é muito baixa (0,27%), o que significa que a ocorrência de

um ponto fora deste intervalo, é uma indicação de que causas especiais de variação estão atuando no processo, ou seja, o processo está fora de controle (Figura 14b) e a investigação e ação(ões) corretiva (s) são necessárias para detectar e eliminar a(s) causa(s) especiais no processo.

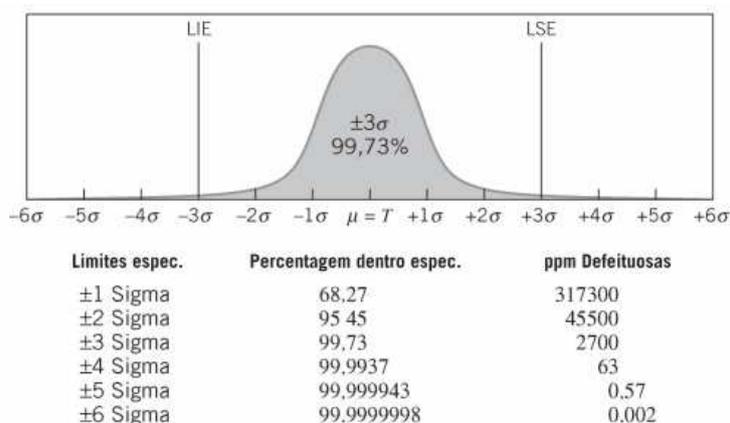
Figura 14 – Representação de uma carta ou gráfico de controle. (a) Processo sob controle e (b) processo fora do controle.



Fonte: Oliveira et al. (2013)

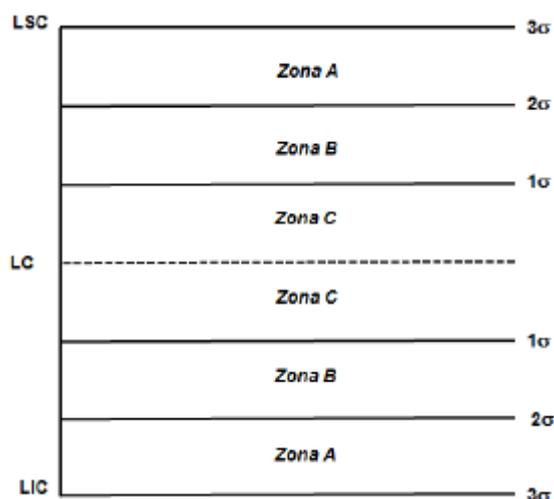
Segundo Samohyl (2006) o uso de três desvios é um pouco arbitrário, mas na prática funciona bem na maioria dos casos. Montgomery (2004) a partir da Figura 15 mostra uma distribuição de probabilidade normal como modelo para uma característica da qualidade, com os limites de especificação em três desvios padrão de cada lado da média. Nessa situação, a probabilidade de se produzir um produto dentro dessas especificações é de 0,9973. Isto é conhecido como desempenho de qualidade três-sigma, e parece, na verdade, muito bom, e é extensamente utilizado. Em termos estatísticos, os dois limites de controle definem um intervalo de confiança com nível de confiança de 99,73%.

Figura 15 – Distribuição normal centrada no alvo (T)



Fonte: Montgomery (2004)

Salienta-se que os limites de controle (LSC e LIC) são calculados com dados do próprio processo e, portanto, não têm nenhuma relação com os limites de especificação do produto. Portanto o processo pode estar sob controle estatístico, o que não quer dizer que o mesmo esteja de acordo com as especificações do produto (MONTGOMERY, 2004).

Figura 16 – Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios (σ)

Fonte: Oliveira et al. (2013)

Um processo é denominado sob controle quando o mesmo apresenta apenas ações de causa aleatórias (comuns). Já um processo fora de controle, apresenta causas

especiais e aleatórias. Quando o processo está fora de controle alguma ação corretiva é necessária a se fazer, indicando através de um ponto que está acima do LSC ou abaixo do LIC no gráfico (COSTA; EPPRECHT; CARPINETT, 2004). É preciso ressaltar que o gráfico de Controle avalia o fluxo do processo em andamento, e ainda se estar de acordo com os limites preestabelecidos (FERREIRA, 2009). Existem dois tipos de cartas de controle: Cartas de controle por atributos e cartas de controle para variáveis.

Cartas de Controle por atributos são empregadas para características da qualidade que não podem ser medidas em uma escala quantitativa, e são divididas em:

✓ Gráfico da Proporção de Itens Defeituosos (Gráfico p): é utilizado quando a característica da qualidade em questão é representada pela proporção de itens defeituosos que são liberados pelo processo analisado. Ou seja, trata-se da fração entre a quantidade de itens não conformes em relação ao total produzido. Para ser classificado como defeituoso ou não-conforme, basta que o item não atenda o padrão em pelo menos uma das características pré-estabelecidas.

✓ Gráfico do Numero Total de Defeitos (Gráfico c): este tipo de gráfico é utilizado quando se torna necessário realizar o controle do número total de defeitos em uma unidade do produto. De maneira geral, estes gráficos assumem que a ocorrência de não-conformidades em amostras de tamanho constante é bem modelado pela distribuição de Poisson.

Já as Cartas de Controle por Variáveis são utilizadas quando a avaliação de uma característica da qualidade resulta numa mensuração expressa por valor numérico em uma escala qualquer. Tais como, velocidade, altura, peso, massa, volume entre outros (SOUZA, 2003). Os mais utilizados neste caso, são:

✓ Gráfico da Média (\bar{X}): neste gráfico são plotadas as médias das amostras, no intuito de controlar os valores médios das características estudadas, monitorando, portanto, o nível médio do processo a partir da variabilidade das amostras. As amostras devem ser selecionadas de modo a aumentar as chances de deslocamento na média entre as amostras em relação à média do processo, de forma que estes pontos sejam caracterizados fora de controle.

- ✓ Gráfico da Amplitude (R): o gráfico de amplitude revela justamente a variabilidade dentro de uma mesma amostra, de modo que as amostras devem ser selecionadas permitindo que a variabilidade dentro da amostra meça apenas causas aleatórias ou casuais. Segundo Werkema (1995), os gráficos \bar{X} e R devem ser utilizados em conjunto, a fim de garantir acompanhamento mais eficiente do processo.

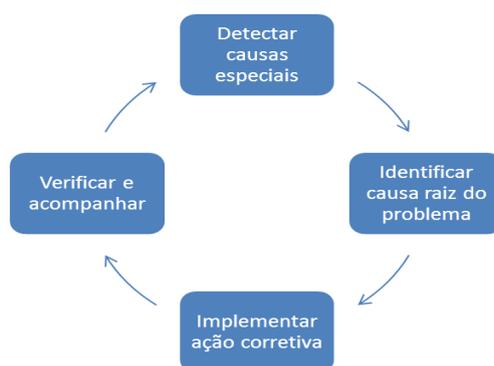
- ✓ Gráficos do Desvio Padrão (s): neste tipo de gráfico são plotados os valores de desvio padrão, que indicam a variabilidade das medidas amostrais. São preferidos quando se trata de $n > 10$ ou 12, uma vez que para valores superiores a estes a amplitude (R) perde a eficiência para estimar σ . Este gráfico também deve ser usado em conjunto com o gráfico da média.

- ✓ Gráfico de Medidas Individuais: em casos onde a amostra consiste de uma unidade individual, este gráfico é empregado. Isso pode ocorrer onde há inspeção e medição automatizada, sendo que toda unidade produzida é inspecionada. Pode ocorrer também quando a taxa de produção é muito lenta e torna-se inviável aguardar acúmulo de amostras para realizar a análise, ou quando o desvio padrão obtido é extremamente pequeno. Além disso, o gráfico de medidas individuais pode ser utilizado quando várias medidas são tomadas em uma mesma unidade do produto.

É bom frisar, que os gráficos de controle não tem como função identificar as causas especiais que atuam em um processo, ele apenas aponta se existem causas especiais causando variação no processo, para então se interferir no processo e identificar essas causas com o auxílio de outras ferramentas.

E antes de monitorar o processo, segundo Oliveira et al. (2013) deve-se ter certeza de que o mesmo encontra-se sob controle estatístico. E para isto tem que a empresa como um todo está envolvida, para trabalhar em conjunto para eliminar causas especiais, reduzir a variabilidade do processo e estabilizar seu desempenho. E tendo em mente que esta equipe deverá estar apta para coletar os dados corretamente, interpretar os resultados, identificar a causa raiz de eventuais problemas, implementar ação corretiva e usar o gráfico como instrumento para verificar e/ou acompanhar a melhoria do processo (ver Figura 17).

Figura 17 – Melhoria do processo com o uso de cartas de controle.



Fonte: Oliveira et al. (2013)

Para a elaboração dos gráficos de controle, são necessários os cálculos dos limites inferior e superior de acordo com as fórmulas apresentadas na Tabela 01. O gráfico \bar{X} determina a média das observações e o gráfico R a média das amplitudes, que é dada pela diferença entre o maior e o menor valor das observações. Os valores de A_2 , D_4 e D_3 são valores tabulados, que estão dispostos no Anexo 02.

Tabela 1 - Tipos de gráficos de controle por variável e forma de calcular os limites do processo

TIPO DE GRÁFICO	GRÁFICO	FÓRMULAS LIMITES DE CONTROLE
\bar{X} e R	Média	LSC= $\bar{X} + (A_2 \bar{R})$
		LIC= $\bar{X} - (A_2 \bar{R})$
	Amplitude	LSC= $D_4 \bar{R}$
		LIC= $D_3 \bar{R}$
\bar{X} e s	Média	LSC= $\bar{X} + (A_3 \bar{s})$
		LIC= $\bar{X} - (A_3 \bar{s})$
	Desvio-padrão	LSC= $B_4 \bar{s}$
		LIC= $B_3 \bar{R}$
$\bar{X}_{méd}$ e R	Mediana	LSC= $\bar{X}_{méd} + (A_2 \bar{R})$
	Amplitude	LIC= $\bar{X}_{méd} - (A_2 \bar{R})$
\bar{X}_i e R	Valor Individual	LSC= $X + (2,66 \bar{R})$
		LIC= $X - (2,66 \bar{R})$
	Amplitude	LSC= $3,267 \bar{R}$
		LIC = 0

Fonte: Rebellato et al. (2006).

2.3 Teste de Normalidade

Segundo Montgomery (2004) uma das exigências das cartas de controle tradicionais é que os dados sejam de uma distribuição normal ou aproximadamente normal. Isso porque, em geral, os limites de controle obtidos a partir de dados não-normais não são confiáveis, tornando-se inapropriados para o controle estatístico do processo.

Para dar suporte, ou verificar essa condição existem varias técnicas, como o uso de histogramas, teste de aderência e gráficos de probabilidade.

Segundo Moreira Jr. (2005) quando dados que representam o processo não seguem uma distribuição normal a utilização de cartas de controle convencional se torna inviável, uma vez que poderia ocorrer uma confusão entre as causas comuns (as que atuam aleatoriamente) e as causas especiais (interferem no processo causando grandes variações), comprometendo dessa forma as conclusões quanto ao comportamento do processo.

O teste de Kolmogorov - Smirnov (KS) é utilizado para avaliar as seguintes hipóteses:

H_0 : Os dados seguem uma distribuição normal.

H_1 : Os dados não seguem uma distribuição normal

O KS é aplicado tanto para distribuições contínuas, como pra distribuições discretas. Seguindo Horn (1997), o teste KS é o mais adequado nas situações em que só se dispõe de uma pequena quantidade de dados ($n < 30$). O teste consiste em que no cálculo de:

$$D = \text{Max } |F_x(X) - G_x(X)|$$

Onde $F_x(X)$ é a função de distribuição acumulada do modelo testado ou a função de repartição, $F_x(X)$ dá as probabilidades acumuladas em cada ponto e $G_x(X)$ é a função de distribuição acumulada da amostra correspondente ao gráfico das frequências relativas acumuladas. Calcula-se D e compara-se com um valor crítico tabelado em função de α e n. Se D for maior que o valor crítico, rejeita-se H_0 (DAL'CORPOTIVO, 2005).

Ao plotar o gráfico das probabilidades deve-se esperar um comportamento linear dos pontos, se a distribuição Normal for realmente adequada.

2.4 Índice de Capacidade do Processo

Os índices estabelecidos nos estudos tradicionais de capacidade do processo, ou de capacidade do processo¹, procuram identificar dois tipos de problemas: a variabilidade do processo é muito grande em relação aos limites de especificação e a média do processo não está centrada no alvo (GONÇALEZ E WERNER, 2009; OLIVEIRA et al., 2011).

É necessário saber que as especificações são parâmetros definidos pela Engenharia de processos ou de produto (ROTONDARO, 2002). Segundo Oliveira et al. (2011) “Produzir de acordo com essas especificações é o principal foco do estudo da capacidade do processo e também uma garantia da qualidade do processo e produto de qualquer empresa”.

A capacidade de um processo ou capacidade de um processo é obtida por meio da análise da relação existente entre os níveis de variabilidade do processo e as exigências de especificação, revelando a uniformidade do processo. A capacidade diz respeito ao que o processo é capaz de realizar, ou seja, segundo Ghislaine (s.d.) o estudo da capacidade do processo consiste em avaliar se o processo atende às especificações estabelecidas. A autora ainda chama a atenção, que somente os processos sob controle estatístico, estável, devem ter sua capacidade avaliada. Além da variável de interesse tenha uma distribuição próxima da normal.

Segundo Mucidas (2010) os índices de capacidade são valores adimensionais, que possibilitam qualificar o desempenho do processo, independente do que se esteja produzindo. A utilização dos mesmos está vinculada à existência do controle estatísticos do processo e à normalidade da distribuição da variável analisada.

Para um entendimento melhor da definição e aplicação dos índices de capacidade é necessário o conhecimento da diferença entre os limites de especificação e limites de controle. Os limites de especificação medem a tolerância permitida da variabilidade de uma característica importante do produto ou processo. Esses limites são conceitualmente diferentes e na prática independentes dos limites de controle. A tolerância é calculada pelo desenhista do processo ou produto na hora de sua concepção

¹ Do inglês *process capability*

antes de qualquer tentativa de fabricação. Em outras palavras, tolerância é um conceito teórico.

Por outro lado, os limites de controle são valores calculados dos dados observados e são valores práticos e não teóricos. Tolerância mede o que deve ser, enquanto os limites de controle medem os resultados reais.

Um processo que está sob controle estatístico tem a capacidade de gerar produtos de maneira consistente e com a mínima variabilidade possível, o que não implica atendimento às exigências ou especificações do produto (MONTGOMERY, 2004). Em outras palavras, mesmo um processo sob controle estatístico produz itens defeituosos. Logo, não é suficiente colocar e manter um processo sob controle estatístico, sendo necessário analisar o processo quanto ao atendimento dessas exigências ou especificações do produto de forma a quantificar e a reduzir a variabilidade do processo. Essa análise é vital para a melhoria da qualidade e é chamada de análise da capacidade do processo (MONTGOMERY, 2004; GONÇALEZ E WERNER, 2009).

De acordo com Vilaça (2010), o índice de capacidade é útil na tomada de decisão para verificar se o processo encontra-se adequado as especificações exigidas do processo.

Os índices de capacidade mais utilizados são C_p e C_{pk} . O índice de Capacidade C_p deve ser aplicado quando o processo está centrado no valor nominal (valor alvo).

Entretanto, se o processo não estiver centrado, sua capacidade real será menor do que a indicada por C_p . Portanto, é conveniente pensar em C_p como uma medida de capacidade potencial, isto é, a capacidade de um processo centrado no valor nominal. Se o processo não estiver centrado no valor nominal da especificação, deve ser utilizado o índice C_{pk} . Pois se o processo não estiver centrado, sua capacidade real será menor do que a indiada pelo C_p .

Segundo Montgomery (2004) C_p mede a CAPACIDADE POTENCIAL do processo, ao passo que o índice C_{pk} mensura a CAPACIDADE EFETIVA. Para o Cálculo dos Índices C_p e C_{pk} apresentados na Tabela 02, para tanto, faz-se necessário o uso dos Limites de Especificação do processo e o seu desvio padrão.

Tabela 02 – Cálculos dos Índices de Capacidade

	FÓRMULAS
Índice de Potencial do Processo (Cp)	$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$
Porcentagem da Faixa de Especificação (P)	$P = \frac{1}{C_p} \cdot 100$
Índice do Desempenho do Processo (Cpk)	$C_{pk} = \min(C_{ps}, C_{pi})$ $C_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$ $C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}$

Após o cálculo dos índices é necessário a análise dos mesmos que dar-se-á a partir de uma regra prática, conforme Montgomery (2004), definido em três intervalos de referência, como mostrado na Tabela 03.

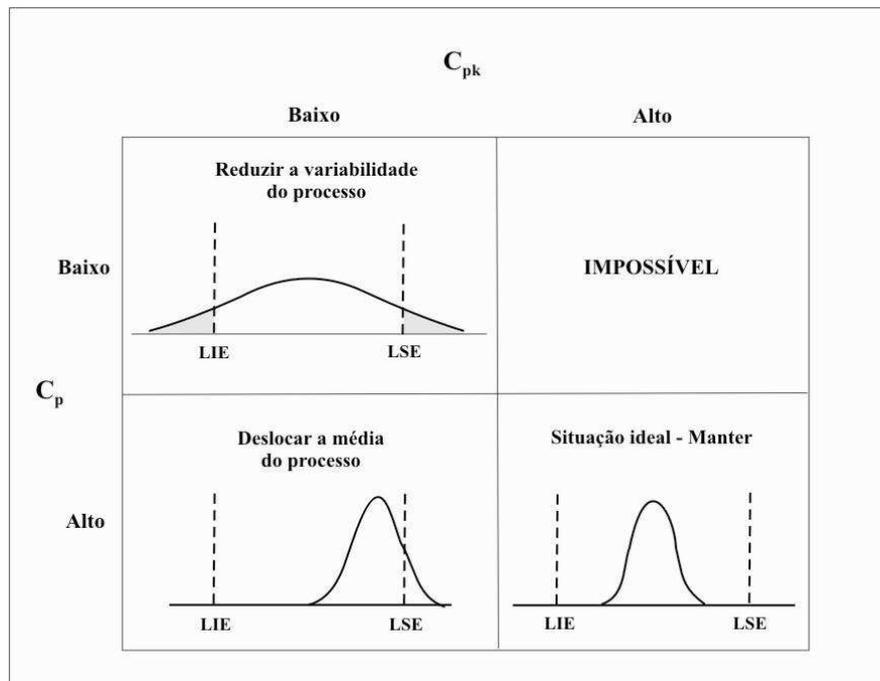
Tabela 03 - Análise do Índice de Capacidade do Processo C_p

VALOR DE C_p	CLASSIFICAÇÃO	SINAL
$C_p < 1$	INCAPAZ ou INADEQUADO	VERMELHO
$1 \leq C_p \leq 1,33$	SATISFATÓRIO ou ACEITÁVEL	AMARELO
$C_p \geq 1,33$	CAPAZ ou ADEQUADO	VERDE

Fonte: Adaptado de Montgomery (2004) e Soares (2001)

Se o processo estiver centrado no valor nominal (alvo), $C_p = C_{pk}$. Então, caso C_p seja diferente de C_{pk} , sabe-se que o processo está descentrado, isto é, que a média não coincide com o valor nominal da especificação. As interpretações do índice C_{pk} , podem ser realizadas pela mesma regra utilizada pelo índice C_p , já que a análise da capacidade do processo é feita, geralmente, baseando-se nestes dois índices, como pode ser verificado na Figura 18.

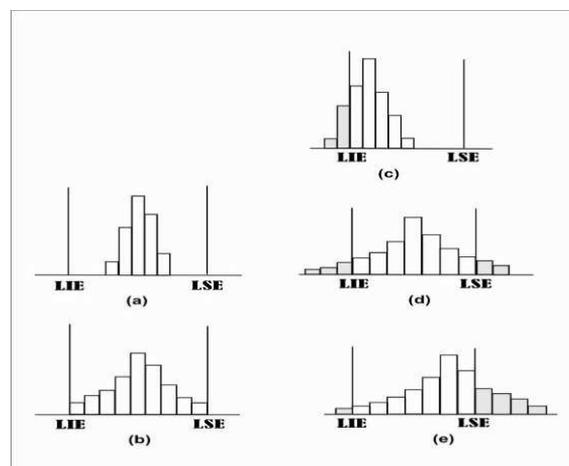
Figura 18 – Ação que deve ser adotada para melhorar a capacidade do processo, em função da comparação das magnitudes de C_p e C_{pk} .



Fonte: Ghislaine (s.d.)

Graficamente, pode-se analisar a capacidade de um processo comparando o histograma para a característica da qualidade de interesse com os limites de especificação do produto, conforme pode ser verificado na Figura 19. A vantagem de usar o histograma para estimar a capacidade do processo é que se tem uma análise imediata do desempenho do processo.

Figura 19 – Comparações de histogramas e limites de especificação.



Fonte: Kume (1993)

Por fim, tem-se que um processo pode não ser capaz por apresentar uma alta variabilidade ou que tenha a média deslocada em relação ao ponto médio dos limites de especificação (valor nominal ou valor alvo).

2.5 Qualidade na indústria de Laticínios

Em meio ao ambiente competitivo e às exigências em relação à qualidade dos produtos alimentares, o setor de laticínios necessita gerenciar suas atividades, buscando sempre a qualidade de seus produtos e a satisfação do consumidor. Assim a gestão da qualidade pode ser entendida como um conjunto de práticas utilizadas para se obter, de forma eficiente e eficaz, a qualidade pretendida para o produto (TOLEDO; BATALHA; AMARAL, 2000). De acordo com Scalco e Toledo (1999) a qualidade de um produto lácteo pode ser observada pela perspectiva objetiva; características físicas, nutricionais e higiênicas do produto e pela perspectiva subjetiva, ou seja, as preferências do consumidor.

Segundo Ferraz et. al, (2005) citado por Costa (2009) o leite é composto por mais de 100.000 tipos de moléculas, constituindo assim um dos alimentos mais completos que se conhece, oferecendo grandes possibilidades de processamento industrial para obtenção de diversos produtos. A produção mundial de leite no ano de 2012 chegou a mais de 765,6 milhões de toneladas, tendo os Estados Unidos como líder do ranking de países produtores com mais de 90,86 milhões de toneladas de leite produzidos, seguindo da Índia com 54 milhões de toneladas. O Brasil aparece como o quarto maior produtor de leite no mundo, contando com mais de 32,3 milhões de toneladas, atrás apenas dos Estados Unidos, Índia e China (FAO, 2012 citado por TONINO, 2014)

A preocupação com relação à segurança alimentar, por parte das entidades governamentais brasileiras também ocorre a nível mundial, pois, sabe-se que, muitos agentes de natureza biológica, física e/ou química, podem vir a causar doenças nos seres humanos e nos animais, gerando prejuízo à saúde pública, em países de qualquer nível de desenvolvimento econômico (BRUM, 2004). Entre as principais ferramentas da qualidade utilizadas pelas indústrias lácteas destaca-se: Boas Práticas de Fabricação (BPF), Boas Práticas de Higiene (BPH), Procedimento Padrão de Higiene Operacional

(PPHO), Manejo Integrado de Pragas (MIP) e Análise de Perigos e Pontos Críticos do Processo (APCC). (SANTOS et al., 2013)

Além disso, segundo Santos e Lima (2011) as empresas também podem optar entre diferentes sistemas de controle da qualidade, dependendo de sua estrutura e cultura organizacional, os quais possuem atividades desde a concepção dos novos produtos à distribuição e consumo.

Os princípios gerais de Higiene Alimentar do *Codex Alimentarius* são representados pela *Good Manufacturing Practices* (GMP) e no Brasil são conhecidos como Boas Práticas de Fabricação (BPF). Esses princípios são aplicados a toda a cadeia alimentar, desde a produção primária até o consumidor final, estabelecendo as condições higiênicas necessárias para produzir alimentos inócuos e saudáveis (SANTOS e LIMA, 2011).

Conforme Hajdenwurcel (2004) as BPF devem contemplar alguns pré-requisitos básicos, como: controle integrado de pragas; higiene e conservação das instalações, equipamentos e utensílios; tratamento do lixo; produção primária; qualidade e recebimento de matéria prima e ingredientes; armazenamento de matérias-primas e ingredientes; projeto sanitário dos equipamentos; manutenção preventiva dos equipamentos; limpeza e sanificação de equipamentos e utensílios; calibração de instrumentos; programa de recolhimento (*recall*); garantia de controle da qualidade; procedimentos sobre reclamações dos consumidores; transporte e programa de capacitação técnica (TONINI, 2014).

Outra ferramenta bastante utilizada na área de laticínios é a Análise de Perigo e Ponto Crítico de Controle (APPCC) onde se origina de um sistema de engenharia conhecido como Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA – *Failure, Mode and Analysis*) pelo qual são observados, em cada etapa do processo, todos os possíveis erros, suas causas e seus efeitos (SANTOS e LIMA, 2011)

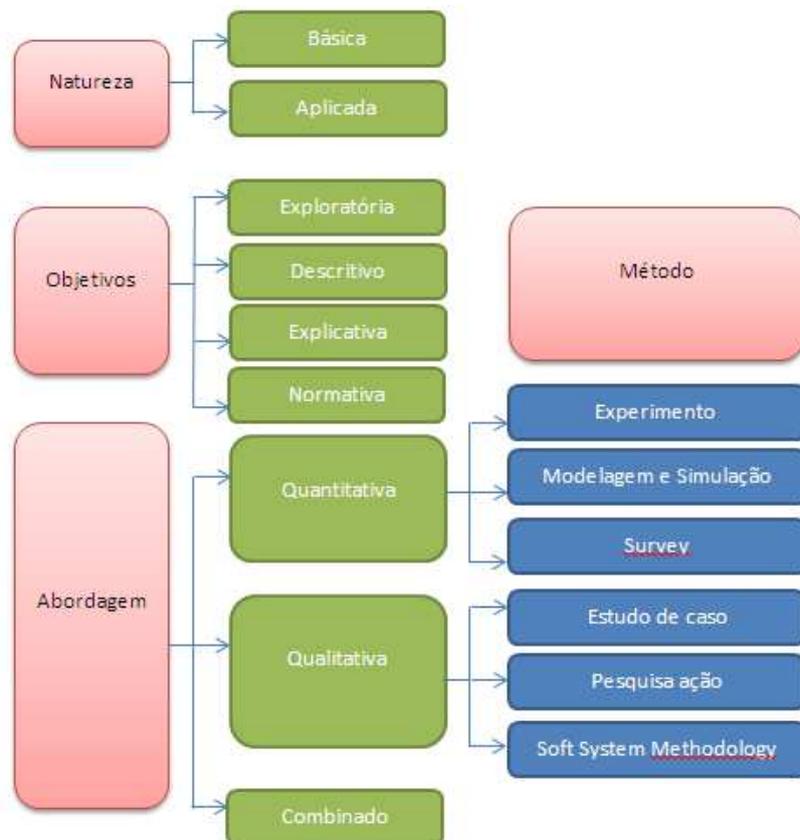
Alguns trabalhos como os de Mucidas (2010), Tonini (2014) e Santos e Lima (2011), retratam a realidade do setor de laticínios atualmente no Brasil, além de mostrar a preocupação das empresas em implantar programas de qualidade a fim de oferecer alimentos saudáveis para os seus clientes ao mesmo que atende as exigências dos órgãos fiscais.

3. MATERIAL E METODOS

3.1 Classificação da pesquisa

Com o intuito de classificar a pesquisa sob diferentes aspectos e definir a metodologia mais adequada, partiu-se da divisão proposta na Figura 20. Desta forma, é possível verificar as características predominantes e então, delinear e conduzir o estudo.

Figura 20 – Classificação de pesquisa em Engenharia de Produção



Fonte: Adaptado de Miguel citado em Mucidas (2010)

De acordo com sua natureza, esta pesquisa classifica-se como pesquisa aplicada, pois segundo Gil (2010) ela tem o intuito de gerar conhecimento para aplicação prática dirigida a situações específicas. o que também está de acordo com Barros e Lehfel'd (2000) e Appolinário (2004) que indicam como objetivos da pesquisa aplicada, sua contribuição para fins práticos, visando à solução de problemas ou necessidades concretas e imediatas encontrados na realidade.

Esta pesquisa se enquadra em explicativa, pois busca justificar a ocorrência de eventos que já são conhecidos ou serão descobertos através, por exemplo, da aplicação das cartas de controle. E é descritiva uma vez que os dados levantados descreveram as características das variáveis analisadas.

Quanto a abordagem ao problema, pode-se classificar combinado (quali e quantitativa). Quantitativa, pois envolvem dados de peso contido no produto iogurte de 180g, objeto de estudo desta pesquisa. Por outro lado, ela tem caráter qualitativo, pois avalia também os processos utilizando de fluxogramas e diagrama espinha de peixe.

Quanto aos métodos, enquadra-se em estudo de caso já permite avaliar características de eventos em local específico. Segundo Ponte (1994) este tipo de pesquisa tem um forte cunho descritivo, onde o investigador não pretende intervir sobre a situação, mas sim relatá-la da maneira como ela ocorre, utilizando-se de uma literal dos fatos. Neste trabalho, o estudo será realizado em uma empresa de laticínios.

3.2 Dados

Este estudo foi realizado no setor de produção de envase de uma indústria produtora de laticínios, entre os meses de dezembro a fevereiro. O setor de produção onde o estudo foi realizado é o de envase, mais precisamente a linha de produção do envase das garrafas de 180g, onde são produzidos iogurtes dos sabores de morango, ameixa, salada de fruta, banana com maçã e frutas vermelhas.

Para a análise do caso em tela, foram utilizadas planilhas eletrônicas disponibilizadas pela empresa em avaliação, que continham dados sobre a variação do peso do iogurte de morango de 180g, durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2014.

Estas planilhas são preenchidas pelo operador responsável do controle de linha, procedimento que consiste em pesar amostras a cada 30 minutos de um mesmo lote, para que ao final de cada lote, se tenha uma determinada quantidade de dados das amostras. Este controle é feito na linha de produção de todos os iogurtes que passam no setor do envase II, porém como não há produção do morango 180 gramas todos os dias, logo esta atividade não é desenvolvida todos os dias e nem todos os horários, só quando há demanda, e esta demanda varia muito em virtude do produto ser perecível.

3.3. Análise dos dados

Foram analisados 780 dados referentes a variação do peso do iogurte de morango de 180g durante o período amostral supracitado. A partir desta análise, aplicou-se algumas ferramentas do controle estatístico da qualidade tais como: Fluxograma do Processo, Diagrama de Causa e Efeito, Gráfico de Controle e Histograma. Estas ferramentas auxiliaram na tentativa de explicar as variações do peso do iogurte de morango 180g.

O fluxo do processo do setor de envase II foi realizado através de observações do processo, através do acompanhamento das suas atividades e entrevistas informais para a coleta de dados com os funcionários. As operações desenvolvidas para a fabricação do iogurte de morango 180g foram descritas de modo ordenado, bem como os métodos utilizados pelos operadores, além de especificar cada máquina utilizada e sua função. Este fluxograma também apresenta como os produtos são embalados, e levados para a Câmara Fria, onde são armazenados até a sua distribuição.

Através da análise feita do fluxograma e entrevistas realizadas com o chefe do setor de qualidade no setor de estudo, foi possível identificar um problema existente na variação do peso das garrafas, especificamente na do iogurte morango 180g. A fim de aprofundar a pesquisa de modo a saber as causas deste problema, bem como a sua relação com a variável em estudo, foi construído um diagrama de Causa e Efeito. Este método é bastante utilizado quando se quer descobrir quais os fatores que influenciam na variação de um determinado produto/processo/serviço, para assim poder tomar decisões devidamente embasadas de como agir para eliminar ou diminuir o problema.

Aplicou-se também o gráfico de controle com o intuito de descobrir se a variabilidade existente no peso do produto estava relacionada a causas comuns ou especiais do processo. Este gráfico funciona como um diagnóstico do processo produtivo caracterizando assim um instrumento simples, porém eficaz, para separar as causas especiais das comuns. Os gráficos de controle são utilizados para monitorar o processo, e através desse monitoramento o operador pode verificar a presença de causas especiais no processo, isto é feito através de análises dos pontos que estão dispostos no gráfico, o gráfico de controle deve conter os limites de especificação e a média do processo, assim quando um dos pontos estiver fora destes limites, é preciso analisá-lo e assim verificar quais as causas responsáveis por esta variação.

Todas as características de um produto ou serviço apresentam variabilidade, esta variabilidade deve estar dentro de parâmetros que não afetem a qualidade de um determinado produto ou serviço, a fim de se conhecer a frequência com que ocorrem as variações do peso do iogurte 180g foi utilizado o histograma. O histograma representa uma distribuição de frequência. Estas frequências são agrupadas na forma de classes, nas quais é possível observar a tendência central dos valores e da variabilidade (LEITE, 2013). Deste modo com a utilização do histograma foi possível demonstrar a variação dos resultados obtidos a partir das planilhas, que representam o padrão de variação de uma população (COSTA, 2003).

As análises foram desenvolvidas a partir de planilhas com dados do peso do iogurte de 180 g, disponibilizados pela empresa para os meses de agosto, setembro e outubro. Estas planilhas contêm dados diários das pesagens dos iogurtes de morango 180g em diferentes horários e a média ao final das respectivas pesagens. Além dos dados também pode ser visualizado nas planilhas a meta que a empresa trabalha para o processo que é de 195g. A partir da análise destas planilhas e dos gráficos de controle gerados no action e da serie temporal desenvolvida no excel, foi possível observar que o mês de agosto é o mês que mais se aproxima da meta imposta pela empresa, além disso pela regra dos Limites Tentativos o primeiro mês analisado deve ser imposto como mês tentativo, pois se os meses subsequentes conseguirem atender seus limites de especificação, entende-se que o meses anteriores a ele também conseguiram. Apesar de ter sido encontrado dois pontos de alerta neste mês, estes pontos foram devidamente retirados e o mês de agosto conseguiu satisfazer a todas as condições estabelecidas, tornando-se assim o mês de limites tentativos e o seu gráfico de controle foi definido como padrão para análise dos outros meses.

3.4 Programa Estatístico

Para o desenvolvimento de algumas ferramentas do CEP, tais como: histograma, testes de normalidade e confecção de gráficos de controles, foi utilizado o software livre *Action*. Este software foi desenvolvido por uma consultoria estatística situada em São Carlos – SP, a ESTATCAMP. Maiores informações e download estão disponíveis no Portal Action².

² Sitio <http://www.portalaction.com.br/>

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da empresa em estudo

A unidade em estudo desempenha atividades de beneficiamento e comercialização de produtos derivados do leite (laticínios) e bebidas mistas (sucos). Foi fundada em 1993, no estado da Paraíba, iniciando suas atividades com a produção somente de iogurtes. Atualmente conta com uma vasta linha de produtos como Queijos, Coalhadas, Requeijão, Creme de Ricota, Bebidas lácteas, Leite fermentado e Iogurtes.

A partir da identificação de novos nichos de mercado e oportunidades, a marca da empresa começou a se expandir significativamente, e hoje é referência no mercado de laticínios na região nordeste. A empresa possui uma filial no estado de Pernambuco e juntas elas comercializam seus produtos em quase toda região nordeste (Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Alagoas), além do estado do Rio de Janeiro.

A empresa conta com 700 funcionários, que trabalham em dois turnos: 1º turno: 08 às 11 horas e 2º turno: 13 às 17 horas.

Investir em produtos com maior qualidade, buscando sempre o bem estar e a satisfação dos seus clientes faz com que a empresa se diferencie da concorrência. A empresa conta com tecnologia de ponta, funcionários treinados e qualificados e um intenso controle de qualidade que se inicia no recebimento da matéria prima até o produto final. Além disso, por possui um perfil de indústria que pratica cidadania empresarial a empresa tem sido destaque em várias iniciativas do Sistema Indústria da Paraíba, a exemplo do Prêmio SESI de Qualidade no Trabalho (PSQT), no qual venceu em 2003 a fase municipal – categoria industrial. Em 2006, foi novamente reconhecida como a melhor, na categoria pequena empresa, conquistando a primeira colocação estadual.

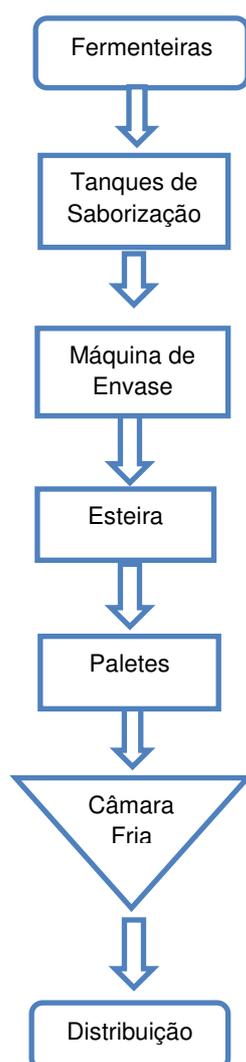
O setor de produção onde foi realizado o estudo foi o envase, mais precisamente a linha de produção do envase das garrafas de 180g, onde são produzidos iogurtes dos sabores de morango, ameixa, salada de fruta, banana com maçã e frutas vermelhas. Sendo o foco deste trabalho o iogurte de morango.

No processo do iogurte morango 180g, o peso do produto em cada garrafa deve ser permanentemente monitorado, para se evitar ocorrência de excessos (causando prejuízo à empresa) ou de falta (que leva ao risco de a empresa ser multada)

(DAMINELLI, 2013). De acordo com o INMETRO a quantidade de líquido que deve ser inserida em cada garrafa deve ser de 180g, porém a pesagem feita para a coleta dos dados analisa o peso total do produto que é referente ao peso da garrafa mais o peso do líquido. Os limites estabelecidos pela empresa para o peso da garrafa são de 10 a 11 g. Sendo assim a empresa estabelece uma tolerância individual para o peso total do produto, ou seja os limites pré-estabelecidos são Limite Inferior de Especificação (LIE) 190g e Limite Superior de Especificação (LSE) de 194g.

O fluxograma do setor é apresentado na Figura 21, com o objetivo de melhor descrever os processos realizados no setor do envase, onde são coletados os dados para análise da qualidade em relação ao peso do produto, dados estes disponibilizados para este estudo nos meses de agosto a outubro de 2014.

Figura 21 - Fluxograma do Processo (Setor de Envase)



A seguir, sucintamente, está descrito cada fase do processo:

Fermentadoras: O leite adicionado de ingredientes, pasteurizado e homogeneizado chega a fermentadora com uma temperatura de 42° C, logo após é adicionado o fermento Lácteo, após 5 horas é medido o seu PH que deve estar a 4,60. Para que assim haja a quebra da mistura, pois ao final deste processo o líquido ganha uma consistência mais sólida que precisa ser quebrada através de um mexedor que é acionado na fermentadora, em seguida é ligado o inversor que é utilizado para diminuir a temperatura da fermentadora que chegara a aproximadamente 6° C, depois disso a mistura permanece na fermentadora durante um dia, no dia seguinte o iogurte está pronto para a saborização.

Tanques de Saborização: O iogurte é retirado da fermentadora de acordo com a demanda imposta pela empresa, existe um documento onde se tem as quantidades destinadas a cada produto realizado, pois a base do iogurte é a mesma, o que irá diferenciá-lo é a sua saborização, ou seja, o processo de adicionar ingredientes referentes ao produto desejado.

Máquina de Envase: Após a realização do iogurte com sabor desejado, ele será envasado, a máquina de envase é também responsável por colocar o lacre na garrafa, existem três máquinas para a realização do envase dos iogurtes 180g, ambas com capacidade de 4.200 por hora. Ou seja, se as três máquinas estiverem funcionando com a sua capacidade máxima a quantidade de produtos acabados será de 12.600.

Esteira: É responsável por conduzir o ritmo da produção. Além disso, a esteira exerce a função de transportar a garrafa até a máquina de envase, aonde serão envasadas e devidamente lacradas, em seguida ela continuará conduzindo o produto até a impressora aonde a validade do produto será acrescentada de acordo com o lote produzido, seguindo assim até o empacotamento do produto final.

Paletes: O empacotamento do produto final consiste em unir uma determinada quantidade de produtos de um mesmo lote, onde serão empilhados até formar um paleta, em um dia de produção a empresa produz 118 lotes do iogurte de morando 180g, sendo que cada pacote tem 30 produtos, então a sua produção diária é de 3540 produtos.

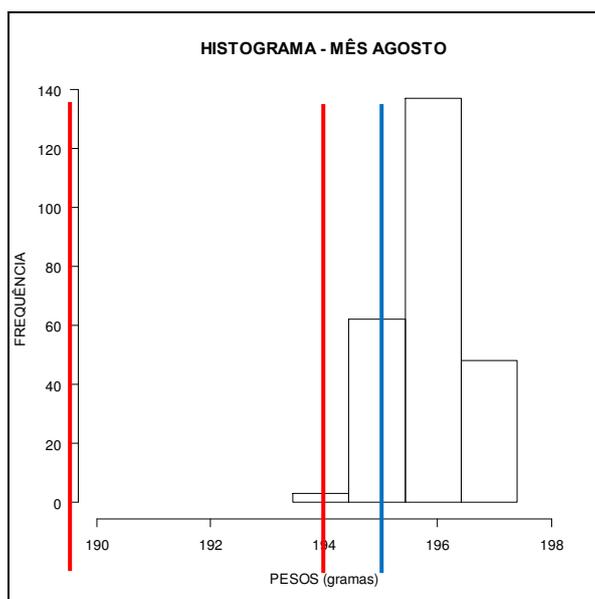
Câmara Fria: Após a formação do palete, o mesmo será transportado para a Câmara Fria, onde serão armazenados de acordo com a ordem de produtos fabricados, ou seja os mais recentes ficaram mais atrás e os mais antigos na frente, Estando ordenados também de acordo com o seu sabor e a sua gramatura.

Distribuição: Através de uma logística planejada, realizada através de um programa em que os vendedores informam a empresa a quantidade que foi vendida e quanto será necessário para a próxima compra, evitando assim desperdícios. Os produtos serão distribuídos aos seus fornecedores que irão abastecer os centros comerciais, onde os clientes irão compra-lo para o seu consumo.

4.2 Análise do histograma

Sendo o histograma uma ferramenta que mostra a frequência com que determinado fenômeno acontece. Neste caso, os pesos das amostras estão sendo relacionadas com a frequência com que as mesmas ocorrem durante o mês de agosto (Figura 22). Com isso percebe-se que o processo, não consegue atender a especificação estabelecida pela empresa (LIE = 190g e LSE = 194g – linhas em vermelho), tem-se que o processo quase não produz produtos com 194g (vide também Tabela 04), tendo apenas 3 valores (frequência) que poderiam está dentro dessa margem.

Figura 22 – Histograma dos pesos do iogurte de morango – mês de Agosto de 2014.



Observação: Gráfico desenvolvido no programa action. Com exceção das linhas azul e vermelhas que foram inseridas pela autora.

Além disso, os produtos feitos com 195g (meta da empresa – linha em azul) também são poucos se comparados com os de 196g que são os valores com maiores frequência como pode ser observado na Figura 22 e Tabela 04. Vale ressaltar, observando a Tabela 04, que mais da média 74% dos dados enquadram-se acima de 195,42 g, um percentual elevado e longe da meta proposta.

Tabela 04 – Distribuição de frequência para os dados do peso do iogurte de morango – mês de agosto 2014

Classe	Freq.	Freq. Relativa	Porcentagem	Porcentagem Acumulada	Ponto médio
[193,45 ; 194,44)	3	0,01	1,2	1,2	193,95
[194,44 ; 195,42)	62	0,25	24,8	26	194,93
[195,42 ; 196,41)	137	0,55	54,8	80,8	195,92
[196,41 ; 197,40)	48	0,19	19,2	100	196,91

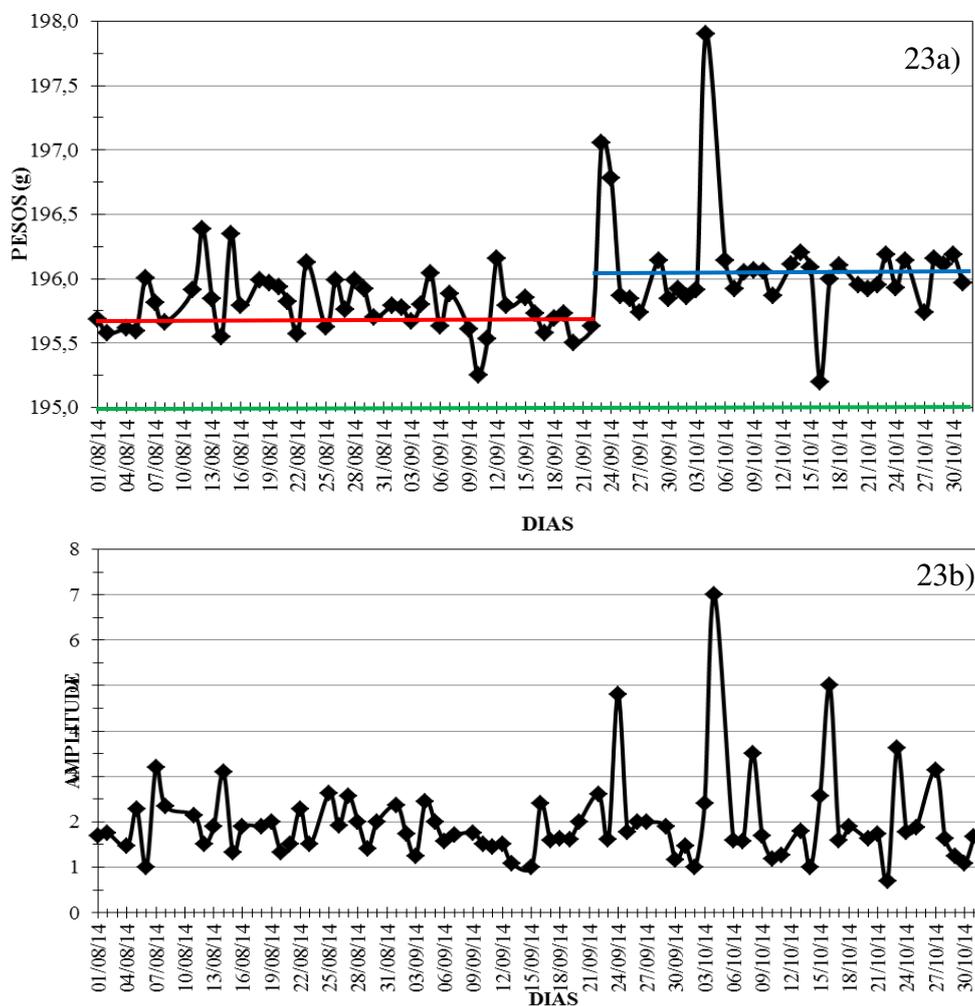
Observação: Tabela gerada pelo programa action.

Entretanto quando comparado os resultados acima discutidos com as planilhas disponibilizadas há controvérsia, já que a meta colocada nas planilhas é de 195 g, que já se encontra fora das especificações. Isso já permite indícios, de que algo precisa ser revisto pela empresa.

4.3 Série temporal

Diante do constatado, foi elaborado o gráfico da série temporal para os dados do peso do iogurte de morango para os três meses em estudo (agosto, setembro e outubro), tanto para a média, quanto para a amplitude, com o intuito de verificar o comportamento total da série durante os meses supracitados. A partir da Figura 23a, verifica-se que há uma mudança na média (linhas na horizontais nas cores vermelha e azul), onde nota-se após dia 24 de setembro um aumento da média, distanciando ainda mais da meta proposta de 195g (linha verde). Chama a atenção que essa meta proposta, não chega a ser atingida em nenhum dos dias, ou seja, todos os dias de produção os produtos ficaram com média acima do esperado. Com relação a amplitude, ou melhor, variabilidade do processo, pode-se visualizar na Figura 23b, que o processo apresenta uma menor variabilidade antes do dia 24 de outubro e uma enorme variabilidade após esta data. Ressaltando que, qualidade é inversamente proporcional a variabilidade, então quanto menor a variabilidade maior a qualidade.

Figura 23 – Série temporal dos pesos do iogurte de morango para os meses de agosto, setembro e outubro de 2014 (a) para a média (b) para a amplitude das observações.



Observação: Figura elaborada pelo programa Excel, com exceção das linhas horizontais coloridas inseridas pela autora.

Diante do exposto, para este estudo, trabalhar-se-á com o mês de agosto, que aparentemente é o mês que apresenta a menor variabilidade e valores mais próximos da meta da empresa.

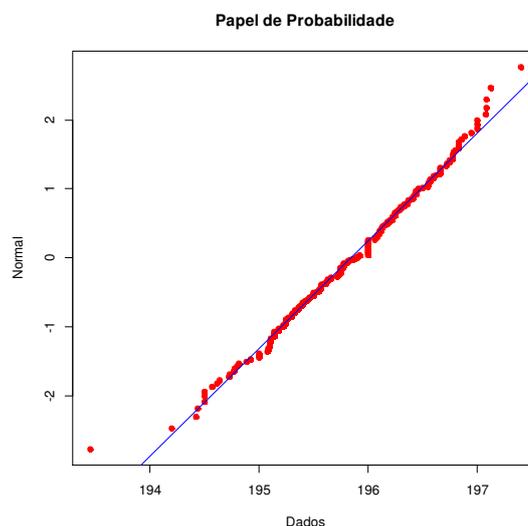
4.4 Cartas de controle

4.4.1 Teste da normalidade

Como pressuposto para elaboração da carta de controle é de fundamental importância que os dados utilizados sigam uma distribuição normal, isso ocorre, pois, em geral, os limites de controle obtidos a partir de dados não-normais não são confiáveis, tornando-se inapropriados para o controle estatístico do processo (MUCIDAS, 2010). Desta forma foi aplicado o testes de aderência para analisar a normalidade dos dados para o mês de agosto, através do *software Action*, aplicando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

A Figura 24 mostra o gráfico Papel de Probabilidade, que é uma técnica utilizada para verificar a adequação dos dados à distribuição normal. Quanto mais próximo os dados estiverem da reta (destacada na cor azul), mais próximos estarão da distribuição normal.

Figura 24 – Gráfico do Papel da Probabilidade



O resultado proveniente do teste KS, conforme podem ser visualizados na Tabela 05, como o valor da estatística teste é menor que o valor crítico, aceita a hipótese H_0 , os dados seguem uma distribuição normal. Outra forma, de verificar é através do *p-value*, em que é necessário que o valor encontrado gerado seja igual ou superior a 0,05.

Estes resultados confirmam o que foi observado no gráfico, desta forma pode-se elaborar os gráficos de controle.

Tabela 05 – Testes de Aderência para Normalidade

TESTE	ESTATÍSTICA TESTE	VALOR CRÍTICO
Kolmogorov-Smirnov	0,0801	0,0860

4.4.2 Gráficos de Controle

Os processos devem ser monitorados para detectar a presença de causas especiais, procedendo a uma investigação para identificar as causa para posterior eliminação.

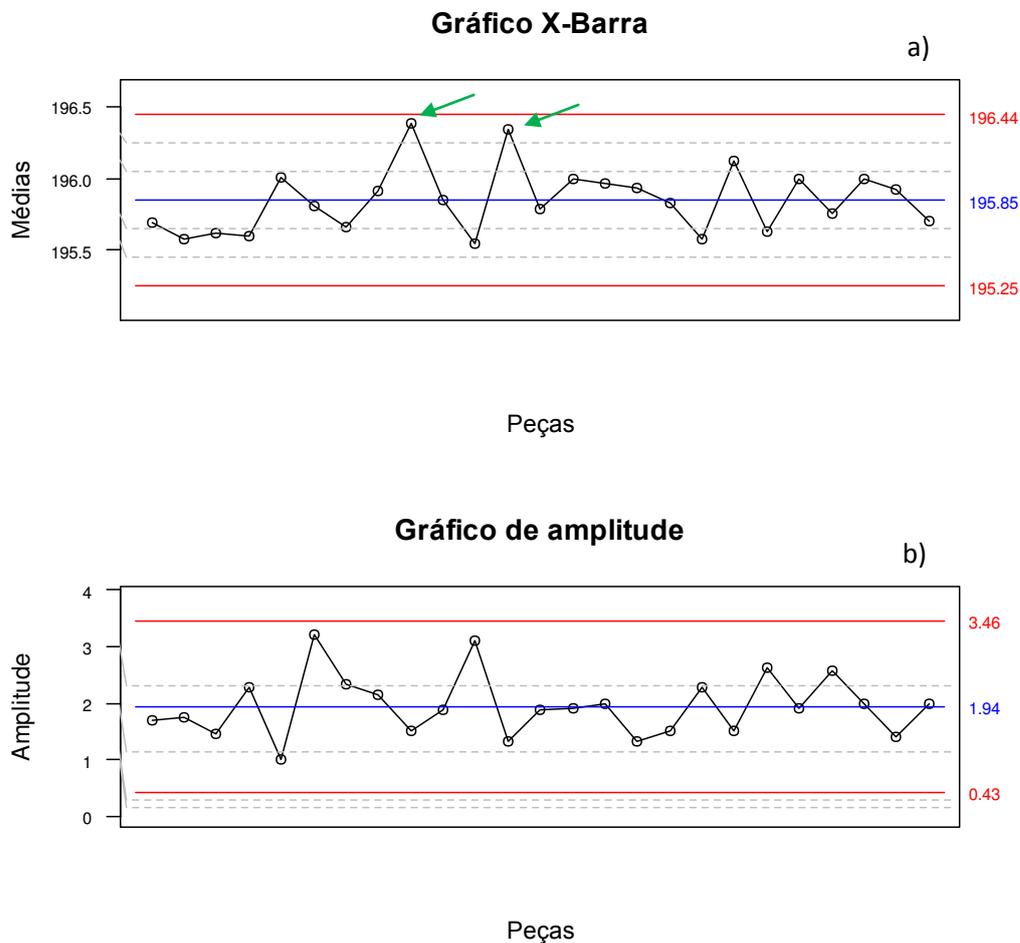
Para a realização do gráfico de controle foi utilizado o *software* Action, sendo gerado o gráfico de média (\bar{X}) e para a amplitude (R) obtendo os limites superior, central e inferior para cada um, além do desvio padrão do processo, conforme pode ser visualizado na Tabela 06, para o mês de agosto que se utilizará como o mês base para a análise.

Tabela 06 – Limites de controle para os gráficos da média (\bar{X}) e da amplitude (R)

GRÁFICOS	LIMITES DE CONTROLES		
	SUPERIOR	CENTRAL	INFERIOR
Média	196,44	195,85	195,25
Amplitude	3,45	1,94	0,43
Desvio padrão do processo		0,631	

A análise do gráfico \bar{X} mostra que o processo encontra-se sob controle estatístico, já que os dados estão dentro dos limites de especificação. Entretanto, há dois pontos, 12 e 15 (apontados pelas setas na cor verde) que correspondem aos dias 15 e 19, que se encontram próximos do limite superior de controle, ultrapassando o segundo desvio padrão do processo. Nestes dias observando a planilha de dados observou-se a presença de causas especiais que precisam ser eliminadas. Com relação ao gráfico da amplitude (R) percebe-se que o mesmo encontra-se sob controle, não apresentando nenhum ponto de alerta.

Figura 25 – Gráficos de Controle para (a) a média e (b) desvio padrão

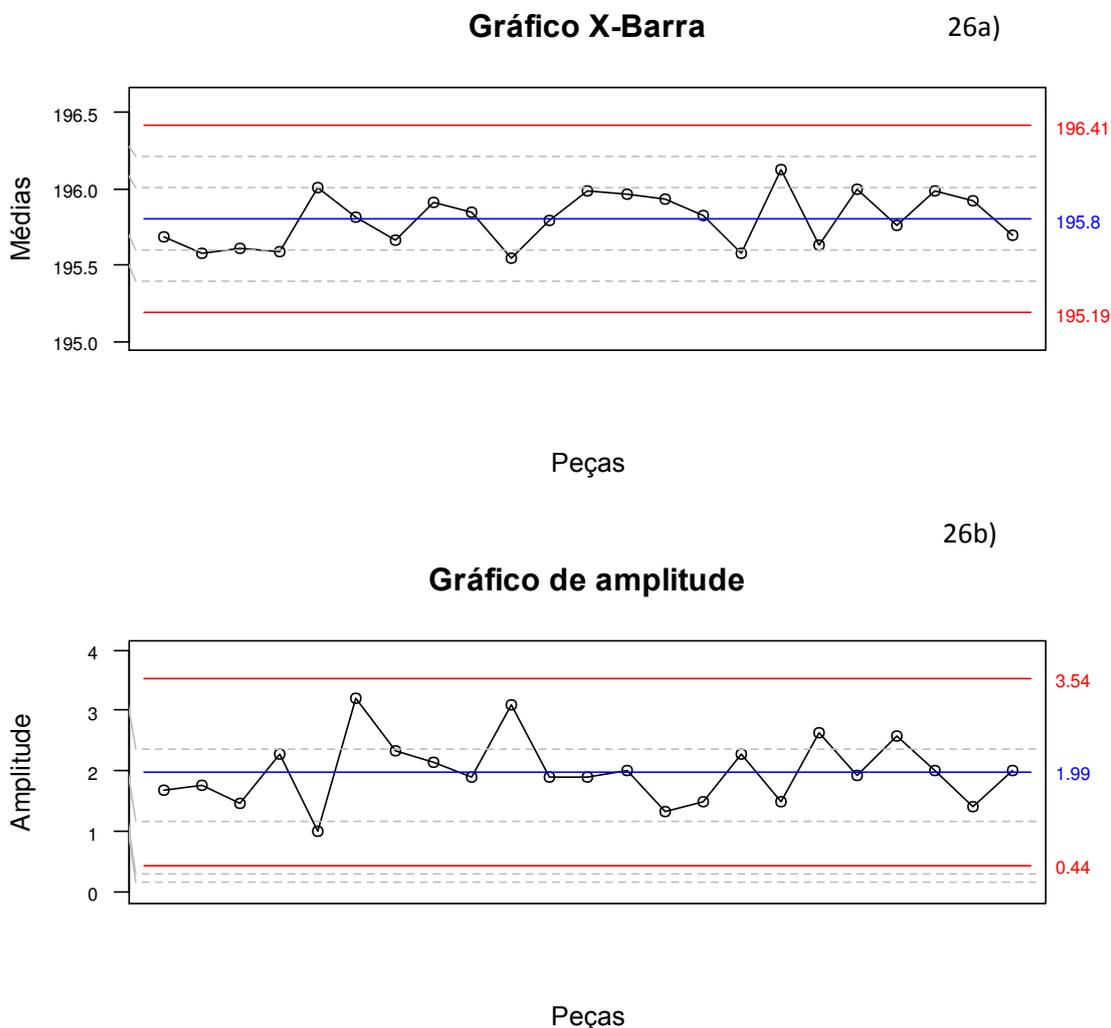


Como verificado no gráfico \bar{X} dois pontos estavam em alerta, podendo ser comprovado que os limites estabelecidos não atendem ao processo e, portanto não servirão como base de controle para a avaliação dos meses futuros. Com base nisso, é necessário rever esses limites, através dos limites tentativos, ou seja, retiram-se os pontos em alerta no processo e elabora novo gráfico com os demais dados.

Os novos gráficos a partir dos limites tentativos estão mostrados na Figura 26. Percebe-se que a faixa entre os limites de controle para a média (Figura 26a) ficou um pouco mais estreita, contudo o processo apresenta-se dentro dos limites de controle, não sendo observado nenhum dos pontos com tendência a alerta e, portanto, o processo encontra-se sob controle estatístico, podendo ser utilizado como padrão para monitorar o processo de envase de iogurte para os meses subsequentes. O mesmo é verificado para

o gráfico da amplitude (Figura 26b), só que para este a faixa entre os limites superior e inferior ficaram um pouco maior.

Figura 26 – Gráficos de Controle Tentativo para (a) a média e (b) desvio padrão



4.4.3 Análise da Capacidade do processo

Um processo estável não indica que o processo é capaz, por isso é importante verificar a Capabilidade ou Capacidade do processo (DAMINELLI, 2013). Lembrando que baseado no mês de agosto, pois como já foi discutido anteriormente que o processo é totalmente incapaz de atender as especificações do produto.

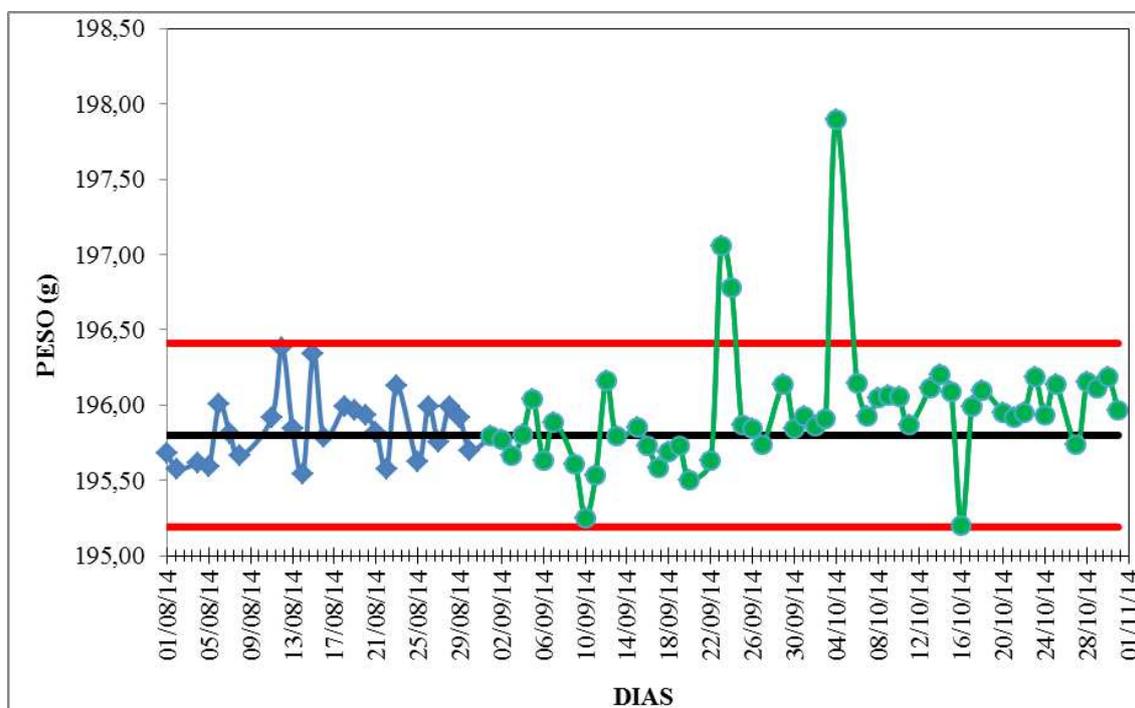
Desta forma, tentou-se propor limites de especificação superior de 194 e inferior 198, resultando em uma média de 196, desta forma o índice de capacidade será 1,06, para o mês de agosto, tornando o processo satisfatoriamente capaz.

4.4.4 Aplicação do gráfico de controle como padrão

Como citado anteriormente o gráfico de controle para a média sob controle estatístico para o mês de agosto, será utilizado para monitorar o processo nos meses de setembro e outubro.

A Figura 27 mostra o gráfico de controle para a média, observa-se que no mês de setembro alguns pontos saem dos limites de especificação, como nos dias 21, e 22, isto pode ter ocorrido devido a alguma causa especial presente nestes dias e que precisa ser identificada e assim devidamente tratada. A partir do mês de outubro o processo passa a fugir significativamente da média estabelecida pelo limite tentativo, nos dias 04 e 16, resultando assim na produção de itens não conformes, já que o processo passa a ser considerado fora de controle, o que pode comprometer as produções futuras se as causas especiais deste processo não forem eliminadas.

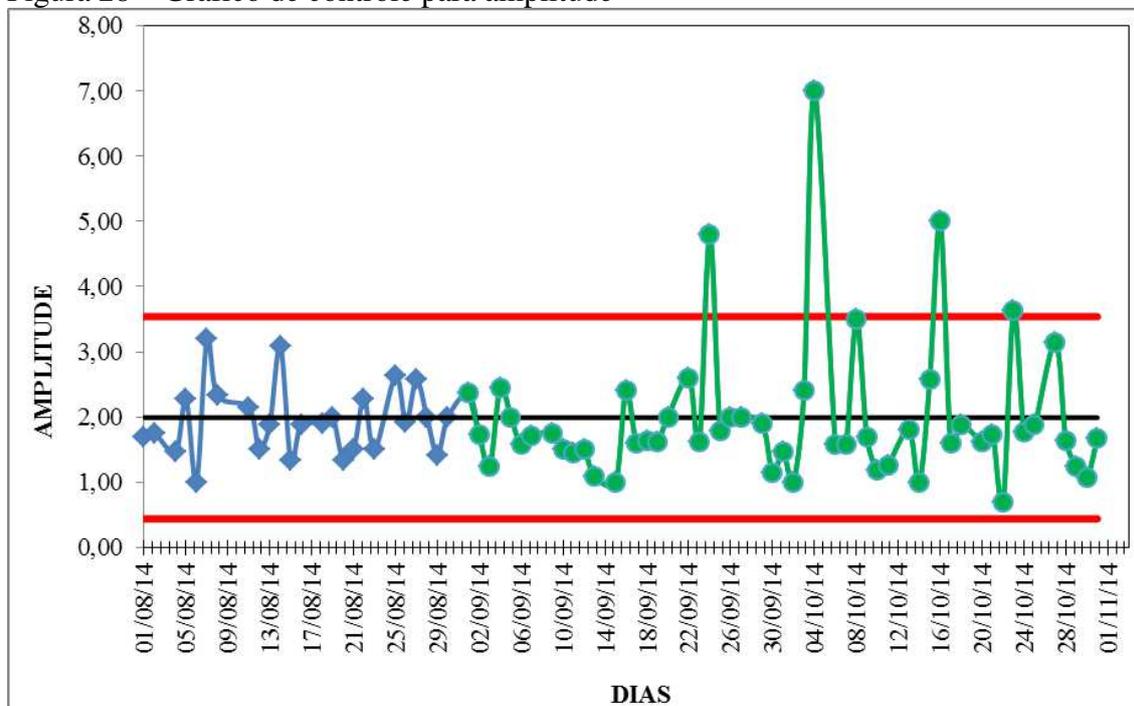
Figura 27 – Gráfico de controle para a média



O gráfico de controle para a amplitude (Figura 28) onde é analisado a dispersão do processo com relação ao mês de agosto, nota-se que no mês de setembro apenas um ponto saiu dos limites de especificação, que correspondeu ao dia 21, devendo assim ser

feito uma análise do que deve ter acontecido neste dia, para então tratar a sua causa. Já no mês de outubro o processo aparece de forma instável, e não consegue atender os limites de especificação impostos pelo gráfico de controle.

Figura 28 – Gráfico de controle para amplitude

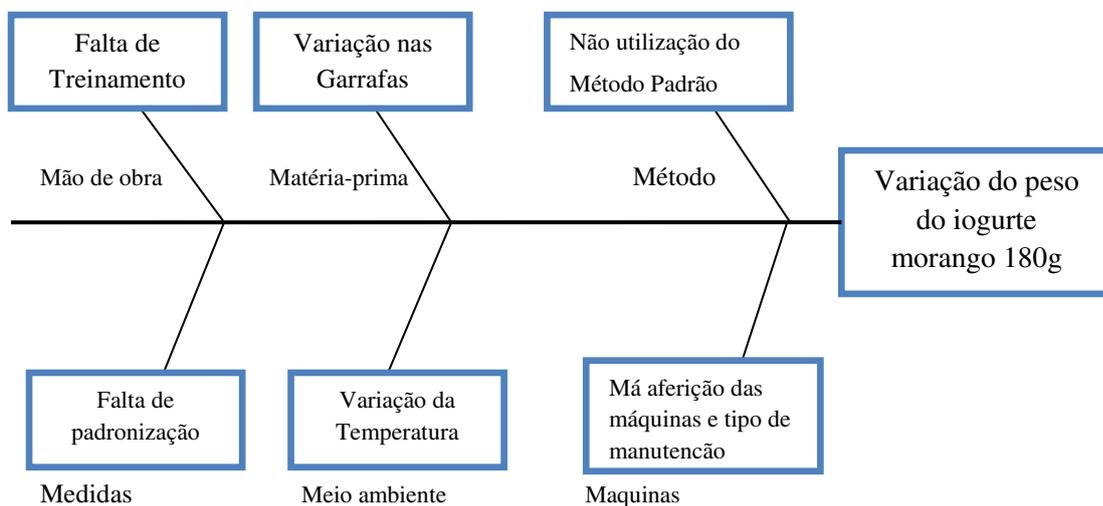


A partir desta análise fica comprovado que o processo não consegue trabalhar sob controle estatístico, apresentando muitas causas especiais que precisam ser identificadas e eliminadas do processo, para garantir que os itens sejam fabricados em um processo sob controle ao longo do tempo, para isso é necessário rever o processo e verificar quais os melhores limites que a empresa consegue atingir. É bom ressaltar que se faz então necessário prosseguir com a revisão de tais limites até que todos os pontos estejam sob controle no processo.

4.4.5 Diagrama de Causa e Efeito

Com o intuito de verificar as causas especiais que existem na variação do peso do iogurte 180g foi desenvolvido um diagrama de causa e efeito (Figura 29), baseado nas informações obtidas através dos colaboradores da empresa.

Figura 29 – Diagrama de causa de efeito



Fonte: Autoria própria, 2015.

Verificou-se que existiam as seguintes causas principais para que ocorra a variabilidade do peso do iogurte 180g.

Mão de Obra: Os operadores são devidamente treinados, porém a falta de conhecimento a cerca de conversões de unidades, pode levá-los a colocar quantidades de ingredientes erradas. Sendo necessário um treinamento para o desenvolvimento de conhecimentos matemáticos, que também servirão para o devido preenchimento das planilhas que são a eles concedidas.

Matéria-Prima: A matéria-prima utilizada para a fabricação de garrafas deve ser investigada, pois o peso das garrafas está associado principalmente a qualidade do material utilizado, este definirá a sua resistência e o quanto de produto ela pode conter.

Método: Existem vários ingredientes que são adicionados ao leite para o preparo do iogurte, estes ingredientes podem variar dependendo do fornecedor, para isso é

necessário uma relação de confiança com os fornecedores, a fim de garantir qualidade ao produto final.

Medidas: Nos tanques utilizados as medidas estão colocadas inclusos, dificultando assim, a visualização das quantidades adequadas da matéria prima, o que pode levar a uma maior ou menor quantidade de produtos fabricados. Além disso, os operadores precisam de treinamento para conversões de unidades, pois isto pode comprometer a real quantidade de ingredientes destinados a cada tipo de produto.

Máquinas: As balanças precisam ser aferidas trimestralmente como manda a recomendação do fabricante, como isto não acontecesse pode ocorrer erros nas medições do peso dos iogurtes. Além disso, as máquinas precisam de uma manutenção preventiva ao invés de corretiva, pois elas quebram com uma determinada frequência, comprometendo assim a produção dos iogurtes.

5. CONCLUSÃO

Em concordância com os resultados obtidos, temos em geral que o Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta muito simples, mais que pode trazer inúmeros benefícios à empresa, pois permite o monitoramento do processo. As ferramentas utilizadas foram o fluxograma, o histograma, as cartas de controle e o diagrama de causa e efeito.

Através da coleta de dados, que auxiliaram a análise do comportamento do processo, foi possível construir o gráfico de controle da média e da amplitude e a série temporal para os meses analisados. A partir da análise do gráfico de controle para o mês de agosto, foram identificados dois pontos de alerta no processo, porém para atender as condições de limites tentativos que são fundamentais para uma análise completa de todos os meses avaliados, fez-se necessário eliminar estes pontos, e recalcular o gráfico de controle para este mês. Com isso o processo conseguiu atender as condições de limites tentativos e o gráfico de controle para o mês de agosto foi definido como padrão. No entanto quando os outros meses foram comparados com este gráfico padrão, notou-se que os mesmos não conseguiram atender estes limites, uma vez que vários pontos foram identificados fora destes extremos. Além disso, verificou-se também que o processo seria incapaz de satisfazer tais limites de especificação.

Com isso percebe-se que a empresa precisa rever os limites de especificação impostos. Sugeriu-se que os limites para o mês de agosto fossem recalculados, isto foi possível graças a tentativas de valores dos limites de especificação que quando calculados tornassem o processo capaz. A análise do diagrama de causa e efeito também deverá ser implantada, afim de que a empresa aplique ações corretivas no processo para que não tenha problemas futuros com relação ao peso do produto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, R. C. **A mensuração do resultado da qualidade em empresas brasileiras**. UNIFOR – CE. 2008.

ALMEIDA, C. S. de. et al. **Controle Estatístico do Processo (CEP)**. 2011. Vi , 11f. TCC- (Trabalho de Conclusão de Curso) - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, 2011.

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas. 2004.

BARBOSA, Valter. **ISIS faz 20 anos em serviços de excelência**. Campina Grande: FIEP, 2013. Disponível em:
<http://www.fiepb.com.br/noticias/2013/12/13/isis_faz_20_anos_em_servicos_de>
Acesso em: 28 fev.2015

BERSSANETI, F. T.; BOUER, G. (Org). **Qualidade: Conceitos e aplicações - Em produtos, projetos e processos**. São Paulo: Blucher, 2013.

BRIDI, L. **Análise e melhoria do processo produtivo em uma empresa de bebidas**. 2013. Vi, 43f. (Projeto de Estágio) - Universidade do Planalto Catarinense, 2013.

BONDUELLE, G. Ferramentas de Controle. 41 slides. Disponível em:
<<file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Ghislaine...%20cp.pdf>> Acesso em 05 fev.2015.

BRUM, J. V. F. **Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle em Indústria de Laticínios de Curitiba-PR**. 2004. vi, 143f. (Dissertação apresentada ao Curso de pós-graduação) - Universidade Federal do Paraná, 2004.

CAMPOS, R. V. de M.; ROCHA, R. P. da. **O controle estatístico de processos (cep) para o monitoramento da qualidade do farelo lex no processo do óleo de soja na empresa CAC**. In: Encontro de Produção Científica e Tecnológica, 04. São Paulo: Anais, 2009.

CAMPOS, V. F. **TQC: gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas**. São Paulo, Atlas: 2010, 241p

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

CROSBY, P. B. **Qualidade sem lágrima: a arte da gerência descomplicada**. Rio de Janeiro: José Olímpio, 1992.

DAL´CORTIVO, Z. **Aplicação do controle estatístico de processo em sequências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento**

econômico. 2005. 163f. TCCP (Especialização em Métodos Numérico sem Engenharia, na Área de Concentração Programação Matemática) - Universidade Federal do Paraná, 2005.

DAMINELLI, L. M. **Análise do peso do biscoito laminado: aplicação do controle estatístico do processo**. 2013. 85f. TCCG - Curso de Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

FALCONI, V. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. 2 ed. Belo Horizonte: QFCO, 1992. 331p.

FEIGENBAUM, A. V, **Controle da qualidade total**. São Paulo: Makron Brooks, 1994.

FERREIRA, C. de M., **A utilização das Ferramentas da Qualidade nos Processos Organizacionais em um escritório de contabilidade da cidade de Natal/RN**. 2009, 91f. TCC- (Trabalho de Conclusão de Curso)- Faculdade Câmara Cascudo, 2009.

FERREYRA, L. **Análisis de Pareto: Método para encontrar las causas que afectan la calidad**. Argentina, 2011. Disponível em: <http://chickmaster.blogspot.com.br/2011_07_09_archive.html> Acesso em: 12 dezembro 2014.

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

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

GONÇALVES. L. F. V. **A redução de problemas de qualidade através da utilização do método ciclo PDCA: Um estudo de caso na indústria cosmética**. VII congresso nacional de excelência em gestão, 2011.

HAJDENWURCEL, J.R. A experiência da indústria de laticínios na implantação do sistema APPCC - Estudo de Caso. Revista Indústria de Laticínios – jul/ago 2004. pp. 24-31.

HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de operações**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2001.

HOSKEN, M. J. de C. **Produzindo e Montando sua qualidade**. Disponível em: www.qualidade.adm.br/qualidade/produzindo/montando.pdf. Acesso em: 20 set. 2009.

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campos, 1993.

JÚNIOR, P. P. A.; MAICZUK, J. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: Um estudo de caso. **Qualit@s Revista Eletrônica** ISSN 1677 4280 Vol.14. nº 01, 2013.

JURAN, J. M. **A Qualidade desde o Projeto**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1992.

KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. 11. ed. São Paulo: Editora Gente, 1993. 245 p.

LEITE, H. C. R. **Ferramentas da Qualidade: Um Estudo de Caso em Empresa do Ramo Têxtil**. 2013. 53f. TCC-(Trabalho de conclusão de curso) – Faculdade Cenecista de Capivari. 2013.

LINS, B., 1993. **Ferramentas básicas de qualidade**. Disponível em: www.belins.eng.br. Acesso em: Maio de 2008.

MARSHALL JR, I. et al. **Gestão da Qualidade**. 8ª. Edição. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

MARTINS, C. de G. P.; VILELA, K. M. P. **Controle de qualidade em fábrica de laticínio**. 2003. 85f. TCCP–(Especialização em higiene e inspeção de produtos de origem animal) - Universidade Castelo Branco. 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. R.; **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo : Editora Saraiva, 2005.

MARTINS, R. **Fluxograma de Processo**. Disponível em: <http://www.blogdaqualidade.com.br/fluxograma-de-processo/> Acesso em: 02 de janeiro, 2015.

METTITIER, C. R. **Diagrama de Ishikawa** (Diagrama de Causa e Efeito - Apostila de Logística - Páginas 26, 27 e 28 - Matéria complementar), 2013. Disponível em: <http://logisticacrm.blogspot.com.br/2013/09/diagrama-de-ishikawa-diagrama-de-causa.html> Acesso em: 07 fevereiro 2015.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: Enfoques e Ferramentas**. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 3rd ed. New York: JW, 2004.

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

Mourão: Um comparativo com o Paraná e a Mesorregião. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTIFICA E TECNOLÓGICA. 5., 2010, Campo Mourão: Anais, 2010. p. 1- 10.

MOREIRA JÚNIOR, F.J. Proposta de um método para o controle estatístico de processo para observações autocorrelacionadas. Porto Alegre. 2005. 138p.

MUCIDAS, J. H. **Aplicação do controle estatístico do processo no envase de leite UHT em uma indústria de laticínios**. 2010. 54f. TCCG (Curso de Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora. 2010.

NAKAZAKI, E. M. **Estudo dos processos de uma indústria gráfica para a melhoria da qualidade utilizando as ferramentas da metodologia seis sigma**. 2003. 67f. TCCG (Curso de Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo, 2003.

NASCIMENTO, A. G. do. **A importância do treinamento para a qualidade no atendimento a clientes no setor de serviços**. 2010. 65f. TCCP (Especialização em Gestão de Recursos Humanos) - Universidade Candido Mendes, 2010.

OLIVEIRA, C. C. de. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**. 1ª edição São Paulo - SES/SP 2013.

OLIVEIRA, C.C. Aplicação de ferramentas da qualidade no acompanhamento e controle de perdas de embalagens da produção de resfriados temperados [online]. Disponível na Internet via correio eletrônico: <http://www.ingepro.com.br/index.php/ingepro/article/view/232/196>. Revista INGEPRO. Vol. 2, No 5, 2009.

PALADINI, E. P. **Qualidade Total na Prática – Implantação e Avaliação de Sistemas de Qualidade Total**. 2 ed. São Paulo: Atlas S.A., 1997. 217p.

PALADINI, E.P. **Avaliação estratégica da qualidade**. São Paulo: Atlas, 2002. 246 p.

PALADINI, E.P. – **Perspectiva Estratégica da Qualidade**. in Carvalho, M.M. e Paladini, E.P. – **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Ed.Campus – Elsevier, Rio de Janeiro, 2006.

PAIVA, O. R. R. de. et al. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCÊLENCIA EM GESTÃO, 09., 2013, Rio de Janeiro: Anais,2013. p. 01-15.

PIRES, V. T. **Implementação do controle estatístico de processo em uma empresa de manufatura de óleo de arroz**. 2000. 102f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Engenharia) – Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PONTE, J.P. **O estudo de caso na investigação em educação matemática**. Quadrante, 3 (1), 3-18. 1994. Disponível em: < [http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt%5c94-Ponte \(Quadrante-Estudo%20caso\).pdf](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt%5c94-Ponte%20(Quadrante-Estudo%20caso).pdf)> Acesso em 2 Dezembro 2014.

PUCCI, M. **Integração do sistema de cadeia de custódia (FSC) em um sistema de gestão da qualidade (ISO 9001) de uma gráfica de embalagens**. 2012. 182f. TCCP (Especialização em Planejamento e Produção de Mídia Impressa) - Faculdade SENAI de Tecnologia Gráfica, 2012.

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

RAMOS, E.M.L.S.; ALMEIDA, S.S.; ARAÚJO, A.R. **Controle Estatístico da Qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 160 p.

REBELATO, M. G. **Estudo sobre a aplicação de gráficos de controle em processos de saturação de papel.** 13 Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de Novembro de 2006

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** São Paulo: Atlas, 2002.

SASHKIN, M.; KISER, K. J. **Gestão da Qualidade Total na Prática.** 1. ed. São Paulo: Editora Campus, 1994.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico de Processo e Ferramentas da Qualidade.** In: MONTEIRO, Marly (Coord.). *Gestão da Qualidade, Teoria e Casos.* Rio de Janeiro: Elsevier; Campus, 2006.

SANTOS, A. A. M. dos. **Gestão da qualidade:** Conceito, princípio, método e ferramentas. *Revista Científica Intermeio - Faculdade de Ensino e Cultura do Ceará – FAECE / Faculdade de Fortaleza – FAFOR.* 2013.

SANTOS, G. L.; LIMA, R. H. P. **Proposta de um sistema integrado de gestão da qualidade e segurança alimentar para a indústria de laticínios.** XXXI encontro nacional de engenharia de produção. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

SCALCO, A.R.; TOLEDO, J.C. **Gestão da Qualidade na Agroindústria de Laticínios do Estado de São Paulo.** *Anais... II Workshop Brasileiro de Gestão de Sistemas Agroalimentares – PENSA/FEA/USP Ribeirão Preto,* 1999.

SCHEIDEGGER, Emerson. **Aplicação do controle estatístico de processos em indústria de branqueamento de celulose:** Um estudo de caso. *Engenharia de Produção – UVV/ES,* 2006.

Significado de Diagrama de Pareto. Disponível em: <<http://www.significados.com.br/diagrama-de-pareto/>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2014.

SOARES, G. M. V. P. P. **Aplicação do controle estatístico de processos em indústria de bebidas: um estudo de caso.** 2001. 133f. Dissertação (Pós-Graduação Engenharia de Produção), Uberaba, 2011.

SOUZA, R. **Metodologia para o desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte.** 1997, 387p. Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

TOLEDO, J. C.; BATALHA, M. O; AMARAL, D. C. **Qualidade na indústria agroalimentar:** situação atual e perspectivas. *Revista de Administração de Empresas,* v. 40, n. 2, 2000.

TOLEDO, J. C. de. **Gestão da qualidade na agroindústria.** In: BATALHA, M. O. (Coord.). **Gestão agroindustrial.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2001. v. 1, cap. 8, p. 465-517.

TONINI, ChristyaneBisi. **Avaliação da qualidade do leite e caracterização de laticínios**. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Espírito Santo – 2014 123p.

TRINDADE, C.; REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. A. G.; SARTIRIO, M. L. **Ferramentas da qualidade–aplicação na atividade florestal**. Viçosa, Editora: UFV, 2001. 124p.

TRINDADE, Anieli. ; LOPES, Janete Leige. ; PONTILLI, Rosangela Maria. **Análise Sócio-Econômica da indústria de laticínio do município de Campo**

TRIVELLATO, Arthur Antunes. **Aplicação das setes ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua**: Estudo de caso numa Empresa de autopeças. TCCG – Engenharia de Produção Mecânica -2010 – Universidade de São Paulo.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em serviços de informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

VIEIRA FILHO, Geraldo. **Gestão da Qualidade Total**: uma abordagem prática. 2. ed. São Paulo: Alínea, 2007.

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

VILAÇA, A. C. **Estatísticas no Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos**. Apostila do curso de pós- graduação em controle de qualidade na indústria de alimentos, Uberaba, 2010.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1 ed. Minas Gerais: Fundação Christiano Ottoni, escola de engenharia da UFMG, 1995.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda. 2006.

ZIMBRES, Thais Menezes. **Estudo sobre a demanda por qualidade dos importadores de carne bovina do brasil**. 2006. Vi, 133f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Superior de Agricultura, 2006.

SOARES, G. M. V. P. P. **Aplicação do controle estatístico de processos em indústria de bebidas: um estudo de caso**. 2001. 133f. Dissertação (Pós-Graduação Engenharia de Produção), Uberaba, 2011.

ANEXO 01 - Valores Críticos para a estatística do Teste de Komolgorov-Smirnov

n	Nível de Significância α			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
Valores maiores	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

ANEXO 02 – Fatores para construção de Gráficos de Controle para variáveis

Observações na Amostra, n	Gráfico para Médias						Gráficos para Desvios Padrão						Gráficos para Amplitudes					
	Fatores para Limites de Controle		Fatores para Linha Central		Fatores para Limites de Controle		Fatores para Linha Central		Fatores para Limites de Controle		Fatores para Linha Central		Fatores para Limites de Controle		Fatores para Amplitudes			
	A	A_2	A_3	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4		
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,267	0	2,606	1,128	0,8865	0,853	0	3,686	0	3,267		
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,575		
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282		
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,115		
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004		
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924		
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864		
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816		
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777		
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744		
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717		
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693		
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672		
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653		
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637		
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622		
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608		
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597		
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585		
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575		
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566		
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557		
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548		
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541		

Fonte: Montgomery (2009)