



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

GILVANDO HENRIQUE VILARIM DA SILVA

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

**SUMÉ - PB
2020**

GILVANDO HENRIQUE VILARIM DA SILVA

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

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

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

**SUMÉ - PB
2020**

S586c Silva, Gilvando Henrique Vilarim da.
Controle estatístico do processo em uma indústria de alimentos congelados. / Gilvando Henrique Vilarim da Silva. - Sumé - PB: [s.n], 2020.

78 f.

Orientadora: Professora Dr^a Maria Creuza Borges de Araújo.

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

1. Controle estatístico do processo. 2. Qualidade. 3. Ferramentas da qualidade. 4. Indústria de alimentos congelados. 5. 5W2H. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II. Título.

CDU: 331.4(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

GILVANDO HENRIQUE VILARIM DA SILVA

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

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

BANCA EXAMINADORA:

Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo
Orientadora - UAEP/UFCG/CDSA

Professora Ma. Fernanda Raquel Roberto Pereira
Examinadora I - UAEP/UFCG/CDSA

Professora Ma. Ana Carla Monteiro
Examinadora II - UAEP/UFCG/CDSA

Professora Me Naia Antunis de Rezende
Examinadora III - CTG/UFPE

Trabalho aprovado em: 09 de dezembro de 2020.

SUMÉ - PB

Dedico esse trabalho aos meus pais (Gustavo e Josimere), minha irmã (Gabrielle) e minhas avós (Lindomar e Leticia).

AGRADECIMENTOS

Esta monografia finda um projeto de vida idealizado e sonhado por muitas pessoas por longos anos e construído por essas mesmas pessoas que depositaram em mim toda confiança e fé sendo esses sentimentos os tijolos essenciais para que eu construísse a escada firme e forte que trilhei e pisei degrau por degrau até chegar aqui. A essas pessoas, gostaria de deixar aqui meus mais sinceros agradecimentos pelo papel fundamental que desempenharam na minha vida.

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu Deus, por ter me acompanhado sempre, intercedendo minha vida e meus passos, me protegendo em todas as viagens realizadas, sendo meu companheiro e amigo quando sozinho estava e me guardar embaixo de suas asas. Obrigado, pai. Gratidão por ouvir minhas preces e pedidos, mas acima disso tudo, escrever uma linda história para minha vida, eu confio e entrego a ti todos os meus projetos e confio nos teus, pois são maiores e melhores que os meus.

Agradeço também a minha base, as pessoas a qual eu tive que deixar por um instante para seguir em busca do meu/nosso sonho, mas os ensinamentos por eles me dado foram imprescindíveis para que eu pudesse começar a caminhar com meus próprios pés tão sabiamente, contudo com a certeza que o meu lar é onde eles estão e sempre poderei voltar para seus braços.

A meu pai, Gustavo, por toda assistência, suporte, alicerce e inspiração.

A minha mãe, Josimere, por ser ouvinte e conselheira, por ser calma, alento e exemplo sempre.

A minha irmã, Gabrielle, pelo carinho, amor e parceria, sem esquecer os beijos e abraços (rsrsrs).

A minhas avós, Lindomar e Letícia, meus modelos de fé e existência, por sempre me colocarem em suas orações diárias, por intercederem junto a Deus e todos os santos pela minha vida e meus estudos.

Aos meus tios e tias, primos e primas e demais familiares por sempre torcerem, vibrarem e acreditarem na realização desse sonho. Vocês também contribuíram e fazem parte desse projeto.

Como esta dissertação resulta de um culminar dos meus últimos seis anos, não poderia deixar de agradecer aos amigos que adquiri durante toda essa caminhada e estiveram presentes e foram presentes sempre. Aos meus amigos do colégio, que perduraram até os

tempos atuais, aos amigos da minha cidade natal, surubim, como também os amigos sumeenses e aos meus amigos e agora companheiros de profissão da turma 2015.1, em especial ao meu grupinho de sempre, vocês são tudo.

Não posso esquecer também dos amigos de intercâmbio, os amigos da FEUP, aos meus amigos finos e a minha família BBP.

A todos estes, obrigado por ser terem desempenhado tão bem o ofício de amigo a ponto de se tornarem família, por serem válvula de escape e compartilharem histórias memoráveis e momentos inesquecíveis.

A comunidade e todos os professores da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido - CDSA (Campus Sumé) pela incrível troca de conhecimento e saber em todas as aulas. Levarei para sempre comigo cada ensinamento, lição e conselho. Em especial a minha orientadora Prof^a Dr^a Maria Creuza Borges de Araújo pela pessoa e profissional que ela é, por instigar, acreditar e confiar no meu melhor. Pela dedicação e horas ofertadas a mim com zelo e capricho.

Por fim, a Empresa A, na pessoa de seus diretores e do responsável técnico pela oportunidade cedida e a todos os funcionários e colaboradores que me receberam com bastante apreço, dedicaram-me atenção e disponibilidade e cooperaram para a concepção desta pesquisa.

*"Quando a preparação é intensa e sistemática,
qualquer coisa diferente será apenas uma
pequena variação daquilo para o que você se
preparou."*

Rudolph Giuliani

RESUMO

O Controle Estatístico do Processo se trata de uma poderosa coleção de ferramentas que visa responder a todos os requisitos necessários para obtenção de altos níveis de qualidade fazendo uso de técnicas e análises estatísticas. Dessa forma, este estudo se sucedeu com finalidade de realizar a análise da variabilidade do peso das coxinhas de frango semi-assada de 130 gramas em uma indústria de massas alimentícias congeladas, situada no interior de Pernambuco e averiguar se o processo cumpre às especificações esperadas pelos consumidores. Para tanto, mostrou-se necessária à aplicação dos princípios do CEP e suas ferramentas, bem como a construção de gráficos de controle, mensuração da capacidade do processo e análise da relação de causas e efeitos para tal problema de pesquisa. Foi realizado um estudo de caso, de natureza aplicada, com objetivos exploratório-explicativo, de abordagem quali-quantitativo, em que se conclui que o processo se encontra fora de controle estatístico e com uma taxa de 58,83% de itens não atendendo aos limites de especificação da empresa. A partir dessa avaliação, recomendou-se por meio de um plano de ação pelo método 5W1H, como conjunto de medidas que colaborarão para um processo mais estável e no alvo.

Palavras-chaves: Qualidade. Controle Estatístico do Processo. Indústria de alimentos. Ferramentas da qualidade.

ABSTRACT

Statistical Process Control is a powerful collection of tools that aims to answer all the requirements necessary to obtain high levels of quality using techniques and statistical analysis. Thus, this study was carried out in order to carry out the analysis of the weight variability of 130 grams semi-roasted chicken drumsticks in a frozen pasta industry, located in the interior of Pernambuco and to verify if the process meets the specifications expected by consumers. For this, it was necessary to apply the principles of the CEP and its tools, as well as the construction of control charts, measurement of the process capacity and analysis of the list of causes and effects for such research problem. A case study was carried out, of an applied nature, with exploratory-explanatory objectives, with a qualitative and quantitative approach, in which it is concluded that the process is out of statistical control and with a rate of 58.83% of items not attending within the company's specification limits. Based on this assessment, it was recommended through an action plan using the 5W1H method, as a set of measures that will collaborate towards a more stable and targeted process.

Keywords: Quality. Statistical Process Control. Food industry. Quality tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cartas de controle comuns.....	28
Figura 2	Esquematização do diagrama espinha de peixe.....	35
Figura 3	Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios (sigma).....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Pesos dos itens analisados para a amostra..... **52**

Tabela 2 Relação entre amostras e operador responsável pelo processo **61**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Esquematização do 5W2H.....	36
Quadro 2	Explicação da metodologia 5W2H.....	37
Quadro 3	Programação da recolha das amostras.....	43
Quadro 4	Interpretação do índice de capacidade do processo	46
Quadro 5	Plano de ações 5W2H.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Tendências observadas para o consumo de alimentos no Brasil.....	18
Gráfico 2	Modelo de carta de controle.....	24
Gráfico 3	Exemplificação das cartas de controle sob controle estatístico (a) e fora de controle estatístico (b).....	26
Gráfico 4	Análise gráfica da variável “peso”: Histograma, boxplot e dados estatísticos.....	54
Gráfico 5	Teste de normalidade Anderson-Darling da variável “peso”.....	55
Gráfico 6	Carta de controle para $(\bar{x})-s$	57
Gráfico 7	Análise dos índices de capacidade e desempenho do processo.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIA	Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de Variância
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CEP	Controle Estatístico do Processo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis / Análise de Modos de Falha e Efeitos
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FIFO	<i>First in, First out</i> / Primeiro que entra, Primeiro que sai
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
ICP's	Índices de Capacidade do Processo
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
LSC	Limite Superior de Controle
LIC	Limite Inferior de Controle
LC	Limite Central
LSE	Limite Superior de Especificação
LIE	Limite Inferior de Especificação
NBR	Norma Técnica Brasileira
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PPM	Partes Por Milhão
POP	Procedimento Operacional Padrão
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivo Específico.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....	21
2.2	INSPEÇÃO POR AMOSTRAGEM.....	22
2.3	CARTA DE CONTROLE.....	23
2.3.1	Causas comuns e causas especiais.....	25
2.3.2	Tipos de cartas de controle.....	27
2.3.3	Carta de controle $\bar{x} - s$.....	30
2.4	CAPACIDADE DO PROCESSO.....	31
2.5	ISHIKAWA.....	34
2.6	5W2H.....	35
3	METODOLOGIA.....	38
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	38
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	41
4	ESTUDO DE CASO.....	47
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	47
4.2	PRODUTO E CARACTERÍSTICA EM ESTUDO.....	48
4.3	DESCRIÇÃO DO PROCESSO DA COXINHA.....	48
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.4.1	Análise dos gráficos de controle.....	56
4.4.2	Análise da capacidade do processo.....	58
4.4.3	Análise das causas e efeitos.....	60
4.5	RECOMENDAÇÕES.....	64
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
5.1	RECOMENDAÇÕES DE PESQUISAS FUTURAS.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXOS.....	76

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Bertolino (2010) uma organização deve estar aberta e preparada para agir rapidamente diante das mudanças sociais, tecnológicas e econômicas ocorridas no ambiente no qual está inserida. O autor enfatiza ainda que essas transformações estão mais intensas e dinâmicas por efeito da globalização, em que a competição não acontece só na esfera local, mas também em cenário estadual, nacional e internacional.

Diante desse cenário, o SEBRAE (2017) afirma que o setor de panificação, confeitaria e alimentação têm empregado as inovações tecnológicas dos últimos anos nas suas atividades, como a técnica de congelamento. Para a instituição o uso dessa nova tecnologia oferece grandes benefícios para o setor, dentre elas, a produção em grande escala, custos operacionais reduzidos, estoques controlados, bem como um poder de diversificação da produção.

De acordo com Fellow (2018) o congelamento é uma operação unitária que visa à conservação do alimento. Segundo Bogotaj (2005 *apud* CARVALHO, 2013) o emprego dessa técnica se explica pelo aumento no consumo de alimentos refrigerados e congelados devido a mudanças no estilo de vida das pessoas, bem como pelas vantagens que esse tipo de produto oferece, como facilidade e agilidade no preparo, preservação das propriedades sensoriais, físicas e organolépticas, aumento da validade, entre outros. Além da crescente demanda, é importante frisar que os consumidores de alimentos congelados são muito exigentes. Dessa forma, primar pela qualidade dos produtos e condições de higiene são ações indispensáveis na conquista e permanência desse público. (SEBRAE, 2009).

Segundo Alvarenga *et al* (2012) o atual cenário mercadológico requer que as indústrias operem com capacidade produtiva eficiente de modo a oferecer produtos ou serviços dentro dos níveis aceitáveis de qualidade. Os autores reforçam que os produtos ou serviços devem apresentar especificações realistas e alcançáveis para a empresa, bem como apresentem o que o consumidor realmente adquire e deseja. Para isso, as organizações se valem de diversas ferramentas estatísticas e da qualidade, visando à melhoria do processo e agindo na previsibilidade do comportamento do processo e controle do mesmo (SILVA, BÁGGIO e MÁOSKI, 2005).

Neste contexto, de acordo com Magalhães e Pinheiro (2007), surge o Controle Estatístico do Processo, que se desenvolveu pelo arranjo da teoria exata da amostragem com as técnicas estatísticas. Assim, em função das informações estatísticas, toda tomada de decisão acerca do controle dos parâmetros do processo é realizada (MUCIDAS, 2010), tendo como um único objetivo manter o status quo, ou seja, prevenir que o desempenho se deteriore

(MARTINS, 2010). Em outras palavras, conservar e entregar produtos ou serviços nos níveis de qualidade exigida.

Essa abordagem é de grande valia para a indústria de alimentos, como afirma Grigg (1998), devido ao grande volume produtivo, bem como por necessitar exprimir segurança e confiabilidade ao cliente devido à natureza delicada e perecível dos produtos. Segundo o autor, o CEP agrega muitos benefícios à indústria de processamento, tais como: avaliação precisa da capacidade do processo, níveis previsíveis de processo controle, detecção oportuna de desvio de processo ou "causas especiais" de variação, garantia de qualidade quantificável do cliente e registro eficaz da qualidade”.

. Diante, do exposto, este trabalho consistiu na realização na análise da variabilidade e emprego das ferramentas e princípios do Controle Estatístico do Processo em uma linha produtiva de uma indústria de massas alimentícias congeladas, situada no interior de Pernambuco. Neste sentido, atuou-se por procedimentos de análises estatísticas, gráficos de controle, análise da capacidade de processo, bem como análise de causas e efeitos para a variabilidade presente na característica em estudo.

1.1 OBJETIVOS

De forma a solucionar o problema, definiu-se os seguintes objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar princípios do Controle Estatístico do Processo e suas ferramentas em uma indústria de massas alimentícias congeladas.

1.1.2 Objetivo Específico

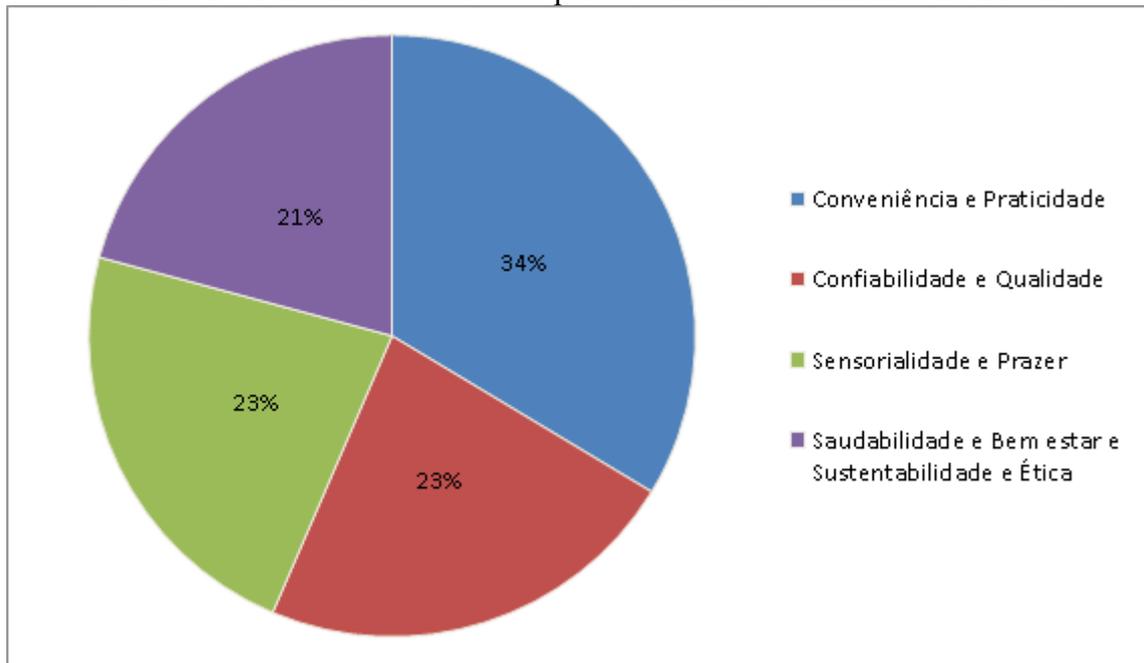
- Caracterizar a empresa;
- Descrever o processo produtivo avaliado;
- Testar a normalidade dos dados;
- Construir os gráficos de controle e analisar os resultados;
- Mensurar e analisar a capacidade e performance do processo;
- Relacionar e analisar as causas e efeitos;
- Propor recomendações para melhorias no processo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Conforme a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA, 2020) este setor é o maior do país, responsável pelo processamento de 58% de tudo o que é produzido no campo e detentor de uma rede de mais de 37 mil indústrias, que geram 1,6 milhões de empregos diretos. Segundo a associação, a indústria brasileira de alimentos e bebidas obteve um faturamento de 699,9 bilhões de reais no ano de 2019, o que representa um aumento de 6,7% em relação ao ano anterior. Assim, o setor atingiu a taxa de 9,6% de representatividade do PIB brasileiro. No que diz respeito ao desempenho setorial do mesmo ano, as categorias que mais se destacaram em vendas reais foram: carnes, com aumento de 11,1%; derivados de cereais, chá e café, 5,6%; desidratados e supergelados, 4,9%; e o grupo de diversos (molhos, temperos e condimentos, sorvetes e salgadinhos), 3,4%.

Um estudo realizado em 2012 pela empresa McKinsey & Company (HIROSE *et al*, 2012) elencou várias categorias de produtos com tendência de crescimentos no Brasil, dentre eles os alimentos congelados, no qual estimou-se um crescimento entre 2 e 2,5 vezes no período de 2010-2020. A vista disso, se aprofundando mais no segmento de desidratados e supergelados, de acordo a ABIA (2020), este movimentou R\$ 18,9 bilhões na economia brasileira em 2019. Em 2010, esse número era de 6,5 bilhões de reais. Dessa forma, realizando um confronto dos dados reais alcançados pelo setor com as estimativas da empresa McKinsey & Company para o período de 2010-2019, é possível observar que o segmento de desidratados e supergelados superou a margem de crescimento esperada (2,5 vezes) um ano antes do período estipulado, chegando a crescer 2,9 vezes em nove anos. O que denota grande poder de desenvolvimento no setor.

A publicação *Food Trends 2020*, por meio da pesquisa FIESP/IBOPE (2010), constatou que o Brasil tem aderido às tendências de consumo de alimentos internacional. Podem-se encontrar quatro tendências globais em território nacional: conveniência e praticidade, confiabilidade e qualidade, sensorialidade e prazer e fusão de saudabilidade e bem-estar e sustentabilidade e ética. O gráfico 01 traz, em porcentagem, a participação de cada tendência de consumo no território brasileiro.

Gráfico 1 - Tendências observadas para o consumo de alimentos no Brasil.

Fonte: Resultado da pesquisa FIESP/IBOPE.

De acordo com o Gráfico, percebe-se um destaque para a tendência conveniência e praticidade, que se sobressai perante as outras, denotando certa preferência por parte dos consumidores. Segundo a órgãos pesquisadores, o perfil dos consumidores da tendência conveniência e praticidade abrange as três primeiras classes da hierarquia social (A, B e C) e trata-se de pessoas que levam uma vida corrida e dispõem de pouco tempo para o preparo da sua alimentação, bem como afazeres domésticos e demais atividades com relação a casa e família. Dessa forma, os alimentos industrializados, sobretudo os congelados e semiprontos, são preferências desses consumidores, visto que representam funcionalidade e agilidade.

Segundo o Euromonitor Internacional (2020) quando se trata de tendências de consumo, as empresas devem criar competências para lidar com as mesmas e manterem-se ativas e participativas no mercado. Estas devem ser ágeis, adaptáveis e atentas, uma vez que, quanto antes for identificado uma tendência, mais viabilidade em longo prazo tem-se e, conseqüentemente, maior a vantagem competitiva. Deste modo, diante de um cenário cada vez mais global e conseqüentemente mais exigente, as empresas se vêm na obrigação de aumentarem suas capacidades competitivas, recorrendo a métodos e ferramentas que potencializem suas vantagens competitivas perante seus concorrentes.

Segundo Martins (2011) nos últimos anos a qualidade foi pauta central no cenário empresarial no que tange as estratégias de negócios a serem adotada pelo setor. O autor justifica que esse interesse das empresas pelo tema decorre devido à qualidade ter se tornado

um fator de decisão pelos clientes antes de adquirir o produto ou serviço. Sendo assim, esta passou a ser considerada um fator principal para o sucesso, crescimento e vantagens competitivas das empresas no mercado, além da contribuição das técnicas estatísticas para essa área e os recursos computacionais de fácil aplicação para análise dos dados.

Diante do exposto, justifica-se o uso do Controle Estatístico do Processo neste estudo, no qual se observa uma grande importância dos resultados gerados pelo uso dessa metodologia para a empresa, em relação tanto ao conhecimento adquirido acerca dos fatores que interferem no processo produtivo, como também a monitorização do processo através das cartas de controle, redução da variabilidade e mensuração da capacidade produtiva. Para Antonelli e Santos (2011) o uso da estatística em ambiente fabril não se limita apenas ao vínculo operacional focado na melhoria contínua. Para as autoras, o potencial da estatística transpassa essa ideologia e possibilita que vantagens competitivas sejam afloradas devido a garantia da qualidade nos produtos e processos.

Do ponto de vista acadêmico, esta pesquisa auxiliará futuramente pesquisadores e interessados na área de Controle Estatístico do Processo aplicado e servirá como base para realizações de trabalhos em outras empresas, instituições de ensino e contribuindo para o desenvolvimento na área.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O presente Trabalho de Conclusão de curso é dividido em cinco capítulos principais, que serão apresentados a seguir.

O primeiro capítulo contém a introdução da pesquisa, na qual é realizado um enquadramento do tema, são definidos os objetivos do trabalho e apresenta-se a justificativa para a sua realização, bem como a estrutura geral da monografia.

O segundo capítulo consiste no referencial teórico, e contempla uma abordagem acerca do controle da qualidade, posteriormente explora os principais conceitos do Controle Estatístico do Processo e inspeção por amostragem, bem como uma revisão da literatura, na qual é apresentada em detalhes toda a conjuntura e caracterização a respeito das cartas de controle. Por último, abrange a análise de capacidade do processo, com ênfase nos Índices de Capacidade do Processo.

O terceiro capítulo aborda a metodologia aplicada no trabalho, classificando-o de acordo com a sua natureza, objetivos, procedimentos técnicos e forma de abordagem do

problema, assim como se expõe as etapas da pesquisa, destrinchando os procedimentos e técnicas utilizadas em cada fase.

O quarto capítulo exhibe o estudo de caso, que se inicia descrevendo a caracterização da empresa e processo a ser avaliado, como também é apresentada a implementação das metodologias descritas e exploradas no segundo capítulo. É realizada a análise dos dados através dos gráficos plotados e o diagnóstico do processo. Por fim, propõe-se um plano de ação para guiar e planejar ações futuras, fundamentado pelas atividades anteriores.

No quinto e último capítulo são apresentadas as considerações finais acerca do trabalho, ressaltando os objetivos atingidos e a importância dos resultados, assim como propostas para futuros trabalhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, procede-se a uma breve revisão da literatura acerca dos objetivos que norteiam o trabalho. Principia-se pela definição do conceito Controle Estatístico do Processo e inspeção por amostragem. Segue-se uma revisão das cartas de controle e finda-se abordando a capacidade do processo.

2.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

O Controle Estatístico do Processo (CEP) é, segundo Edmundo (2010), a combinação de três áreas: estatística, engenharia e economia. De acordo com Netto (2017), o CEP trata-se de um dos primeiros métodos de dedução com uso de metodologia matemática (estatística) a ser utilizado nas linhas de produção. Para Montgomery (2012) este é um dos maiores inventos tecnológicos originados no século XX, visto que se trata de um desenvolvimento fundamentado em princípios implícitos firmes, de fácil utilização, podendo ser aplicado a qualquer processo e gerando um impacto significativo. Ramos (2009) afirma que o CEP representa uma saída simples, rápida e de fácil compreensão para problemas de qualidade em empresas de pequeno, médio e grande porte.

Conforme Bonduelle (2015), o CEP pode ser definido como um método preventivo no qual é realizada uma comparação constante dos resultados extraídos de um processo com um padrão, no qual, por meio de dados estatísticos, é possível identificar as tendências para variações significativas e, conseqüentemente, eliminar ou controlar estas variações, a fim de reduzi-las cada vez mais. Dessa forma, o CEP alcançará seus objetivos que, segundo Ramos (2009) são: evitar a produção de itens com qualidade insatisfatória, melhorar a qualidade da produção, reduzir custos de produção, evitar refugo e retrabalho e maximizar a produtividade.

Ribeiro e Caten (2012) definem o CEP como uma técnica estatística aplicada a linha produtiva que provoca a redução da variabilidade na característica da qualidade que se deseja abordar. Quanto aos propósitos do CEP, Rosa (2015) expressa que este objetiva familiarizar-se com o processo de modo a conhecê-lo por completo, por consequência supervisionar a sua estabilidade e acompanhar os seus parâmetros ao longo do tempo. Os dados fornecidos e recolhidos têm papel fundamental na ferramenta, visto que é através deles que é realizado o estudo das características do processo e determina-se a conduta a qual este deve proceder. Enquanto que para Samohyl (2009) a ideia fundamental do CEP parte do princípio que processos produtivos com pouca variabilidade fornecem níveis melhores de qualidade no

resultado do processo. Dessa forma, quanto maior o nível da qualidade, melhor o processo e também menos custo.

Como afirma Rosa (2015), o CEP concerne no cumprimento dos procedimentos operacionais pelos operários durante todo o processo produtivo, bem como o monitoramento e a permissão de atuar de forma preventiva ou corretiva sempre que lhe for indicado. Montgomery (2012) assegura que a implantação acertada do CEP favorece o desenvolvimento de um ambiente organizacional onde todos os colaboradores buscam a melhoria contínua no que tange a qualidade e produtividade. Esse ambiente é propenso a ser mais progressista quando há o envolvimento da gestão de topo no processo. Em concordância, Hradesky (1995) atribui 90% da eficácia do CEP a ação gerencial e os 10% restantes a influência da estatística.

Segundo a Iwankio Consulting (2019) o Controle Estatístico do Processo é um sistema de inspeção por amostragem que utiliza a coleta e verificação contínua de dados para realização do bloqueio de potenciais causas extraordinárias que estejam comprometendo o sistema. Neste sentido, é essencial que as decisões acerca do processo de amostragem sejam adequadas para que os resultados do CEP sejam satisfatórios.

2.2 INSPEÇÃO POR AMOSTRAGEM

Guimarães e Cabral (2010) afirmam que foi no início dos anos 20 que houve o despertar do interesse da indústria para com os métodos de inferência estatística. Segundo os autores, tal estímulo teve como consequência a intensificação da produção em grande escala, de modo que a inferência estatística veio a contribuir no princípio de que é a partir da amostra (a parte) que a população (o todo) é conhecida. No fim dessa mesma década, Harold F. Dodge e Harry G. Roming desenvolveram a amostragem de aceitação como alternativa a 100% de inspeção (Montgomery, 2012).

Segundo Samohyl (2009) a amostragem destaca-se como um dos métodos mais essenciais na Estatística. Para o autor, populações (ou lotes, em linguagem industrial) costumam ser numerosas, o que dificulta a inspeção minuciosa item por item, embora algumas empresas utilizem a inspeção 100% como regra de fábrica. Doane e Seward (2014) corroboram que é possível a inspeção de cada item, mas, quando o processo de coleta é custoso, demorado ou envolve a destruição, é imprescindível o uso da amostragem aleatória.

Para a NBR 5425 (ABNT, 1985) a amostragem aleatória consiste no processo de retirar unidades amostrais do lote que está sendo inspecionado de maneira igualitária, oferecendo oportunidades justas para que todas as peças possam ser inclusas na amostragem,

independente de características particulares, como a qualidade dessas. Segundo a NBR 5425 (ABNT, 1985), o lote de inspeção refere-se a um conjunto de dados de onde a amostra é retirada e inspecionada conforme os critérios de aceitação da qualidade requerida. O tamanho do lote é um dos fatores determinantes do tamanho da amostra para fins de inspeção.

Segundo Guimarães e Cabral (2010) o ato de recolha os dados requer um cuidadoso estudo do processo, de forma que seja possível a detecção de potenciais causas assinaláveis inerentes ao meio e quais variações devem-se considerar. Atentar-se quanto à periodicidade de amostragem é igualmente importante, visto que é durante um intervalo no programa de amostragem que podem existir transformações no processo como: afinações, mudanças de turno, alterações de matérias primas, correções nas ferramentas, entre outros.

Esta forma de coleta de dados é designada por Guimarães e Cabral (2010) como amostragem “racional”, e é de suma importância para uma construção correta das cartas de controle, assim como é indispensável quando se objetiva analisar processos no que qual se julga não estarem estabilizados.

2.3 CARTA DE CONTROLE

Segundo Magalhães e Pinheiro (2007), o primeiro gráfico de controle foi originalmente esboçado por Shewhart, em 1924. Guimarães e Cabral (2010) apontam que esta ferramenta, também nomeada como cartas de controle (ou cartas Shewhart, ou ainda “clássicas”) quando criada, se tratava apenas de uma aplicação prática do método de inferência estatística de Teste de Hipóteses, e que engenheiros, técnicos, encarregados e operadores industriais faziam parte do grupo de usuários pretendidos para manuseá-la.

Guimarães e Cabral (2010) relatam que, com o passar dos anos em que transcorreu a segunda guerra mundial, os gráficos de controle passaram por aperfeiçoamentos e melhorias. No entanto, em grande parte, a estrutura primordial desenvolvida por Shewhart nos anos 20 foi mantida, bem como o propósito de que a variabilidade vigente em processos fabris, assim como em outros tipos de processos, seja estabilizada e reduzida. Segundo Samohyl (2009) as cartas de controle são recursos visuais utilizados para o acompanhamento de características de produtos e processos. Se estes forem corretamente elaborados pode-se imediatamente identificar alterações excepcionais no meio estudado da linha de produção.

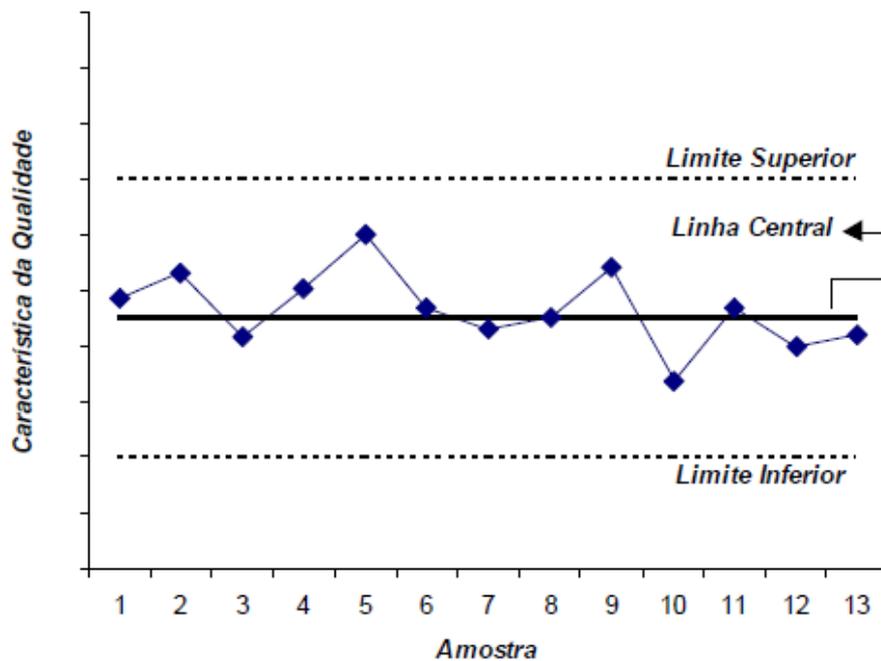
Para Esteves (2012) o controle do processo produtivo esperado pela carta dá-se por meio da recolha sucessiva de amostras, onde deverá haver o confronto dos dados levantados com as especificações pretendidas. Segundo Doane e Seward (2014) esses dados se

apresentam em ordem cronológica, ocasionando assim a prática de comparar estatísticas entre si e também, o comparativo das estatísticas com os intervalos de variação. Nesse último caso, se utiliza como parâmetro a variação por causas comuns que é o que se espera para o processo. De acordo com Kazmier (2007):

“Uma carta de controle é um gráfico de realizações que inclui os limites de controle superior e inferior que identificam a faixa de variação que pode ser atribuído a causas comuns. Quaisquer saídas que estão fora dos limites de controle sugerem a existência de uma causa atribuível de variação.”

O autor esclarece que um gráfico de realizações consiste em um gráfico de uma série temporal, no qual são plotados os níveis da característica da qualidade versus o período de tempo no eixo vertical e horizontal, respectivamente. Montgomery (2012) complementa que o eixo horizontal representa tanto o período de tempo, como o número da amostra. No Gráfico 2 expõe-se a representação de um gráfico de controle (ou gráfico de realizações) como os autores esclarecem.

Gráfico 2 - Modelo de carta de controle.



Fonte: Esteves (2012)

Segundo Magalhães e Pinheiro (2007), os limites de controle, linhas pontilhadas no gráfico, são categorizados em Limite Superior de Controle (LSC) e Limite Inferior de Controle (LIC). Tais limites são determinados com a finalidade de ajudar no julgamento do

grau de significância da variação da qualidade analisada. Enquanto que a linha negrita e contínua no gráfico refere-se a Linha Central (LC), que para o Project Management Institute (2017) tem por objetivo auxiliar na detecção de possíveis tendências existentes nos valores, que acontece quando há o direcionamento dos dados para um dos limites de controle.

Segundo o Minitab (2019) os limites de controle são as linhas paralelas horizontalmente, acima e abaixo, da linha central. Estes limites representam a fronteira na qual um processo será julgado em controle ou fora de controle, enquanto que a linha central representa a média real do processo, sendo uma linha de referência, que visa observar o desempenho do processo ao longo do tempo.

Segundo Magalhães e Pinheiro (2007) é comum a confusão na nomenclatura e siglas que caracterizam os limites superior e inferior de controle e os limites superior e inferior de especificação (LSE e LSI). De acordo com o Project Management Institute (2017) os primeiros são determinados por meio de conceitos e pressupostos estatístico padrão, de modo que o processo seja considerado em uma condição estável e extraia sua capacidade natural. Por sua vez, os limites de especificação consistem em satisfazer os requisitos dos clientes, seja para um produto ou serviço, e tornam-se valores máximo e mínimo toleráveis.

De acordo com Magalhães e Pinheiro (2007) uma carta de controle consegue informar se a variação dos dados amostrais está dentro dos limites superior e inferior estipulados e, conseqüentemente, depreender se o processo está ou não sob controle estatístico; no entanto, isso tudo é resultado da distinção entre os dois tipos de causas de variação: as causas comuns e causas especiais

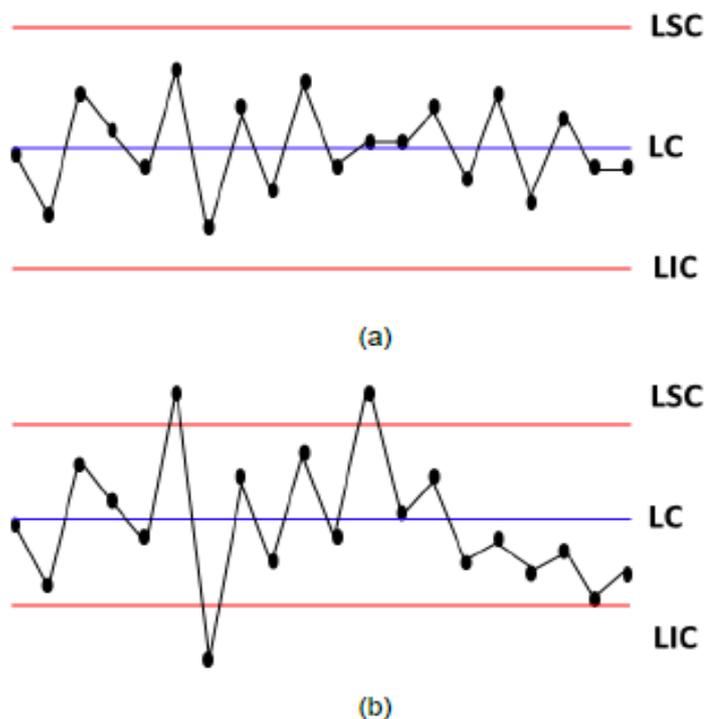
2.3.1 Causas comuns e causas especiais

De acordo com Ribeiro e Caten (2012), para que o propósito da carta de Shewhart seja auferido, é imprescindível que se investigue as causas da variabilidade do processo, sendo a primeira etapa distinguir entre causas especiais e comuns de variação. Segundo Magalhães e Pinheiro (2007) o processo de diferenciação depende do comportamento do gráfico exposto na carta de controle, a partir disso é possível identificar as variações decorrentes de causas comuns, que são consideradas de pouca significância ou as causas especiais de variação, que são classificadas de grande significância e exigem tratamento prioritário para que sejam eliminadas do processo.

Segundo Doane e Seward (2014) quando os processos sofrem quaisquer variações somente advindas de causas comuns, estes são classificados como estáveis e previsíveis, ao

mesmo tempo em que, se houver variações por causas especiais, resultante de fontes externas, o processo é considerado imprevisível. Conforme Oliveira *et al* (2013), tratando em linguagem estatística do CEP, diz-se que o fato de atuar na presença de causas comuns, o processo está sob controle estatístico, enquanto que, se o mesmo operar com a existência de causas especiais não está sob controle estatístico. O Gráfico 3 expõe o comportamento de duas cartas, uma sob controle estatístico e outra fora de controle estatístico.

Gráfico 3 - Exemplificação das cartas de controle sob controle estatístico (a) e fora de controle estatístico (b).



Fonte: Oliveira *et al* (2013)

Oliveira *et al* (2013) asseveram que, quando os pontos amostrais, em sua totalidade, estiverem dentro dos limites de controle aleatoriamente, admite-se que o processo está sob controle, como visto no Gráfico 3 ponto (a). No entanto, na existência de um ou mais pontos fora dos limites de controle, há evidências que o processo não está sob controle estatístico, como ilustrado no ponto (b) da Gráfico 3. Logo, é aplicável o uso de técnicas de investigação e ações corretivas para detecção e eliminação dessas causas especiais.

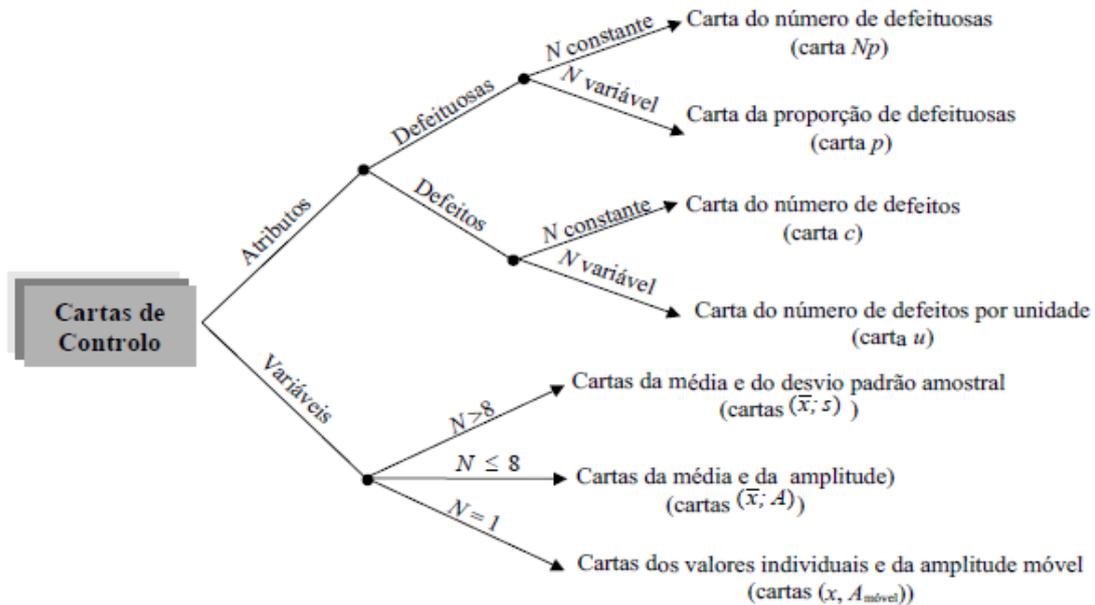
Como afirma Albertin (2018), cada tipo de variação é suscetível a um tipo de ação, de forma que para as causas especiais são dedicadas ações locais e para as causas comuns são aplicadas ações gerenciais/globais. A diferença de abordagem no que tange aos dois tipos de variação é discorrida por Ribeiro e Caten (2012), que afirmam que as correções devidas para

causas comuns podem não se justificar economicamente, pois advém de causas inerentes ao processo e, por isso, é necessário uma decisão da gestão de topo, enquanto que as correções apropriadas para as causas especiais, devem ser de responsabilidade do corpo operacional da empresa, visto que essas causas reduzem expressivamente o desempenho do processo e, quanto antes identificadas e neutralizadas, melhor.

2.3.2 Tipos de cartas de controle

Segundo Peinado e Graeml (2007) os gráficos de controle podem ser classificados em dois tipos, que diferem entre si pelo tipo de grandeza que se pretende controlar, sendo elas: grandezas do tipo variável ou grandezas do tipo atributo. O primeiro tipo de grandeza contempla características mensuráveis, ou seja, por meio da medição é determinado um valor com base em informações numéricas para representá-la. Tem-se como exemplo: comprimento, massa, entre outros. Enquanto que as grandezas do tipo atributo estão relacionadas a características que, para serem conhecidas, não precisam de um instrumento de medida. Refere-se ao fato de possuir ou não a característica em estudo, como exemplo: conforme ou não conforme, certo ou errado, entre outros. Assim, Mucidas (2010) afirma que os gráficos podem ser classificados como: gráficos de controle para variáveis e gráficos de controle para atributos, em concordância com as características de qualidade definidas para serem analisadas no processo. A Figura 1 ilustra as duas categorias de cartas de controle e suas subdivisões:

Figura 1 - Cartas de controle comuns.



Fonte: Guimarães e Cabral (2010).

Neste diagrama o primeiro critério para escolha da carta parte da distinção entre os tipos de dados que se deseja abordar, quando estes forem quantitativos discretos ou contagens, convém utilizar a carta para atributos. Já se forem utilizados dados quantitativos contínuos, a carta escolhida deve ser a de variáveis.

Caso a carta seja do tipo atributo, é necessário decidir se as amostras são de defeitos ou defeituosas. Quando escolhido abordar os defeitos, vão abordar as não conformidades, de outro modo, se desejável abordar amostras defeituosas, tem-se o parâmetro não conformes. Em seguida, escolhe-se entre a dimensão das amostras, o N constante trata-se de amostras do mesmo tamanho e N variável são amostras de tamanho variável.

Para as cartas de controle de variáveis, o único critério de classificação se baseia na dimensão das amostras. Para amostras com mais de oito repetições, carta $\bar{x} - s$. Para amostras com oito repetições ou menos, carta $\bar{x} - R$. Por fim, para amostras individuais, ou seja, de tamanho 1, tem-se a carta dos valores individuais e da amplitude móvel.

Conforme Doane e Seward (2014), o gráfico de controle para variáveis apresenta uma medida de tendência central, que é a média amostral e/ou uma medida de variação, que pode ser tanto a amplitude quanto o desvio padrão amostral. Gráficos desse tipo têm como grandeza, geralmente, o peso, altura, volume, entre outros, sendo facilmente utilizados em processos manufatureiros, mas também podem estar presentes na prestação de serviços, por

meio da característica tempo, por exemplo. Segundo Guimarães e Cabral (2010) as cartas de controle para variáveis mais utilizadas são:

- Cartas $\bar{x} - s$

As cartas das médias (\bar{x}) e desvios padrão (s) são, em geral, utilizadas em conjuntos, visto que essa combinação permite que a detecção de alteração na distribuição amostral aconteça tanto em relação à tendência central (carta \bar{x}) como em relação à dispersão (carta s). Seu uso é preferível quando a dimensão das amostras é superior a oito ($N > 8$).

- Cartas $\bar{x} - R$

As cartas das médias (\bar{x}) e das amplitudes (R) também são utilizadas em conjunto e têm os mesmos objetivos que as cartas ($\bar{x} - s$), no entanto, esta é preferível quando a amostra tiver uma dimensão menor ou igual a oito ($N \leq 8$). Pois, para amostras com dimensão amostral menor, a estatística amplitude amostral é o estimador mais eficiente.

- Cartas $x - A_{móvel}$

Cartas dos valores individuais (x) e da amplitude móvel ($A_{móvel}$) são utilizadas quando as amostras são submetidas a apenas uma observação ($N = 1$), assim, não é possível que haja a medição da variabilidade dentro de cada amostra.

Para as cartas de controle por atributo, Doane e Seward (2014) dizem que estas visam a contagem de itens não conformes, em outras palavras, itens que não satisfazem à especificação pretendida. Esse tipo de carta pode exibir tanto a proporção de não conformidade, como também o número total de não conformidades. Sua maior importância se atribui para os ambientes de prestação de serviços, no entanto, o setor de produção também a utiliza quando mensurações não são apropriadas. Segundo Guimarães e Cabral (2010) e Jacubavicius (2012), as cartas de controle para atributos mais utilizadas são:

- Carta Np e p : São cartas necessárias quando se quer controlar os itens não conformes no lote, ou seja, amostras defeituosas que podem ter dimensão (N) constante ou variável. A carta Np (número de defeituosas) é utilizada quando a dimensão da amostra (N) é constante. Já a carta p (proporção de defeituosas) é utilizada quando N é constante e também variável. Essas cartas baseiam-se na distribuição binomial.

- Cartas c e u : Essas cartas de controle são muito parecidas, como também suas funcionalidades se parecem. Ambas são utilizadas quando o controle for para saber o número de defeitos por peça, ou por lote. Quando a dimensão da unidade é constante utiliza-se a carta c (número de defeitos). Caso contrário, utilizam-se a carta u (número de defeitos por unidade). Ambas as cartas seguem uma distribuição Poisson (1).

Na próxima seção serão apresentadas as formulações matemáticas para o desenvolvimento do gráfico de controle citado que será usado neste estudo.

2.3.3 Carta de controle $\bar{x} - s$

Segundo Vieira (2012) o gráfico $\bar{x} - s$ monitora a variação da média e do desvio padrão. Deve ser usado quando as amostras são de tamanho moderado ($N > 8$) ou quando têm tamanhos variáveis, situações em que o gráfico $\bar{x} - R$ não se aplica.

Para a elaboração do gráfico de \bar{x} que representa a média e o gráfico s que representa o desvio padrão dos dados amostrais, utilizam-se alguns passos baseados em Montgomery (2013) e Vieira (2012):

1. Considera que $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ seja uma amostra de tamanho N , deve-se calcular a média da amostra formula:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} \quad (\text{Equação 01})$$

2. Geralmente são coletadas várias amostras (M), onde cada amostra contém N observações da característica da qualidade em estudo. Assim, considera-se que $(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_M)$ são as médias de cada uma das amostras, deve-se calcular a média geral do processo ($\bar{\bar{X}}$) pela seguinte formula:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_M}{M} \quad (\text{Equação 02})$$

3. Para o desvio padrão considerando também que $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ seja uma amostra de tamanho N , deve-se calcular o desvio padrão de cada amostra pela fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (\text{Equação 03})$$

4. Em seguida, calcula-se a média dos desvios padrões das M amostras:

$$\bar{s} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_M}{M} \quad (\text{Equação 04})$$

5. Com todos os valores calculados, segue-se para as formulas para a construção dos limites de controle para o gráfico de \bar{x} :

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s} \quad (\text{Equação 05})$$

$$LC = \bar{\bar{x}} \quad (\text{Equação 06})$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s} \quad (\text{Equação 07})$$

6. Em seguida, se constrói os limites de controle para o gráfico de s são:

$$LSC = B_4 \bar{s} \quad (\text{Equação 08})$$

$$LC = \bar{s} \quad (\text{Equação 09})$$

$$LIC = B_3 \bar{s} \quad (\text{Equação 10})$$

Vale ressaltar que as constantes A_3 , B_4 e B_3 são fatores para a construção de gráficos de controle para variáveis do tipo $\bar{x} - s$, e seus valores sofrem variação de acordo com o número de observações que amostra possui, logo, de acordo com N. No Anexo X, é possível visualizar a tabela dos fatores para a construção de gráficos de Controle para variáveis do tipo $\bar{x} - s$.

2.4 CAPACIDADE DO PROCESSO

Segundo Wu *et al* (2018) compreender a estrutura de um processo e quantificar o seu desempenho são consideradas ações primordiais para o fortalecimento do pensamento de

melhoria contínua e sua exitosa implantação. Para o autor, a análise da capacidade do processo tem contribuído fortemente no processo de melhoria contínua da qualidade e produtividade, uma vez que é uma ferramenta importante na aplicação do CEP.

Para Ramos, Almeida e Araújo (2013) o estudo da capacidade propõe-se a analisar se um processo consegue atender as especificações ou não, no qual é avaliado se a dispersão natural (6 sigma) de um processo situa-se dentro dos limites de especificação. Segundo Vieira (2012) a capacidade do processo é realizada por uma estimativa de sigma, já que o valor de sigma é, em geral, desconhecido. Assim, “seis sigma” é, na prática, um intervalo baseado numa estimativa..

De acordo com Simanová e Gejdos (2015), para análise da capacidade do processo são necessárias duas condições básicas: a primeira refere-se ao estado de controle estatístico, no qual o processo deve estar em um estado gerenciado estatisticamente, já que o estudo considera o comportamento natural do processo induzido pelas causas comuns de variação e sem causas especiais. A segunda condição aplica-se a processos de estudo com características de qualidade mensuráveis, e é imprescindível atentar-se a normalidade da característica da qualidade monitorada.

Segundo Roth (2005) existe uma vasta quantidade de Índices de Capacidade de Processo (ICP's) e cada um deles apresenta diferentes informações, por este motivo é imprescindível o entendimento de seu significado para que haja a interpretação correta e uma tomada de ações apropriada. Quanto ao papel dos ICP'S, Gonzalez e Werner (2009) afirmam que através deles é conhecido o número de produtos dentro das especificações de projeto que um processo está sendo capaz de produzir, em outras palavras quantos produtos estão sendo entregues conforme o desejo e exigências dos clientes.

Ramos (2009) declara que, apesar da grande variedade de índices de capacidade, existem dois índices que comumente são utilizados para mensurar a capacidade de um processo no que tange a satisfazer as especificações. Estes índices de capacidade, fundamentados na suposição de normalidade dos dados e de que o processo esteja em estado de controle estatístico, são denominados C_p e C_{pk} . Segundo Roth (2005) outros dois índices ganham destaque também, todavia são aplicados em processos onde as amostras são relativamente pequenas ou para os quais não se tenha certeza de sua estabilidade, são eles: P_p e P_{pk} . A seguir são apresentadas as fórmulas dos quatros índices de capacidade citados acima de acordo com Roth (2005):

- O índice C_p é encarregado de fornecer uma medida indireta da habilidade potencial do processo, no que se refere a atender as especificações do recurso da qualidade monitorado, levando em consideração o processo centrado na média das especificações.

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde LSE e LIE são consequentemente os limites superior e inferior de especificação estabelecidos à característica em estudo no processo e σ é a estimativa do desvio padrão do processo.

- O índice P_p é responsável por também fornecer uma medida do desempenho potencial do processo, contudo ao invés da estimativa do desvio padrão (σ), este índice faz uso do desvio padrão (S) da amostra em estudo e também considera o processo centrado na média das especificações.

$$P_p = \frac{LSE-LIE}{6S} \quad (\text{Equação 12})$$

- O Índice C_{pk} é encarregado de fornecer uma medida da habilidade real processo em relação ao satisfazer as especificações, já que quantifica a capacidade em função da pior metade dos dados. Este índice não considera o processo centrado na média das especificações.

$$C_{pk} = \min \left(\frac{LSE - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LIE}{3\sigma} \right) \quad (\text{Equação 13})$$

Onde LSE e LIE são consequentemente os limites superior e inferior de especificação estabelecidos à característica em estudo no processo e σ é a estimativa do desvio padrão do processo e \bar{x} a estimativa da média do processo.

- O Índice P_{pk} é responsável por fornecer uma medida do desempenho real do processo, contudo faz uso do desvio padrão (S) da amostra em estudo. Este índice não considera

o processo centrado na média das especificações e também é calculado em função da pior metade dos dados.

$$P_{pk} = \min\left(\frac{LSE - \bar{x}}{3S}, \frac{\bar{x} - LIE}{3S}\right) \quad (\text{Equação 14})$$

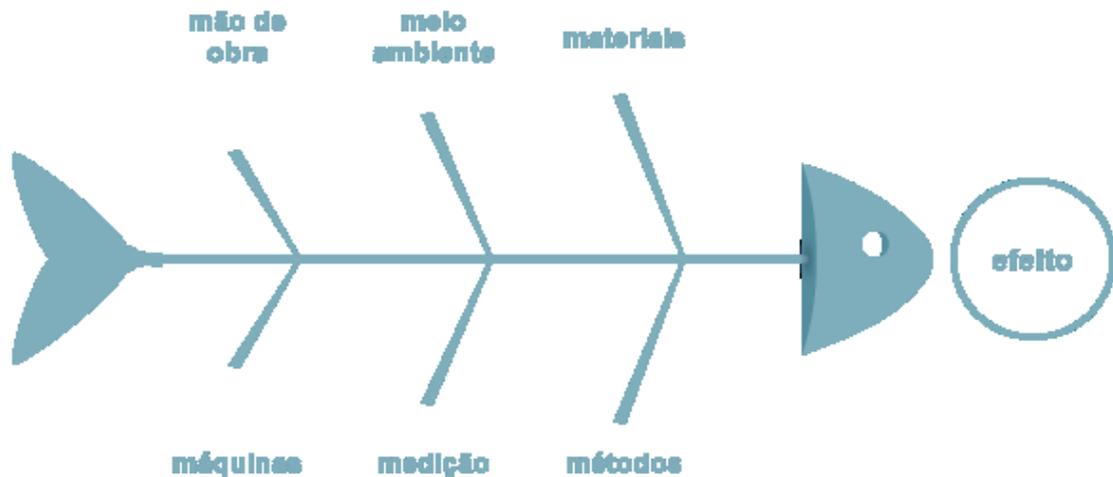
2.5 ISHIKAWA

De acordo com Lucinda (2010) o uso das ferramentas da qualidade em problemas que acometem as organizações surtem efeitos ativos, dado que, estas têm demonstrado em ambiente prático que são capazes de sanar, senão todos, a maioria dos problemas que surgem no meio. Ainda segundo o autor, as ferramentas da qualidade foram consagradas em sete e são elas: Diagrama de Pareto, Histogramas, Folhas de verificação, Gráficos de dispersão, Fluxogramas, Cartas de controle e Diagrama de causa e efeito, também nomeado de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, homenageando seu criador, o Professor Kaoru Ishikawa.

No que se refere ao diagrama de causa e efeito, César (2011) explana que este se trata de uma ferramenta que se baseia na relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e seus possíveis fatores (causas). O autor complementa que as causas são as variáveis que contribuem para a geração do efeito e têm relação direta na sua intensidade, variação e dimensão, enquanto que o efeito é a característica oriunda das causas ou causa específica que quando presente manifesta-se provocando sintomas no processo.

Quanto à estrutura do diagrama, Guelbert (2012) elucida que de fato assemelha-se a uma espinha de peixe, onde na cabeça do diagrama (extremidade) encontra-se o efeito ou problema ou causa-raiz, como também são nomeados. Já nas espinhas (corpo) são dispostos os desdobramentos nos quais serão inseridas as possíveis causas geradoras do efeito. Segundo o autor, um dos desdobramentos mais utilizados é conhecido como 6M, em que os tipos de problemas são estruturados conforme as seguintes classificações: Matéria-prima (entradas), Mão de obra (recursos humanos), Máquinas e equipamentos (infraestrutura), Medição (indicadores) e Meio ambiente (ambiente da organização), conforme demonstra a Figura 2:

Figura 2 - Esquemática do diagrama espinha de peixe.



Fonte: Blog LUZ (2015)

De acordo com Carpinetti (2012) é importante que a construção de um diagrama de causa e efeito seja realizada por sessões de *brainstorming* contendo o maior número de pessoas possível, desde que estas sejam envolvidas com o processo, entendam do mesmo e possam colaborar de modo que não haja a omissão de nenhum fator relevante para que a ferramenta obtenha êxito. Vieira (2012) atribui que grande parte do sucesso do Controle Estatístico do Processo é devido ao eficiente uso do diagrama de causa e efeito.

2.6 5W2H

Segundo Dalvit (2020) o 5W2H foi originado no Japão devido os estudos das indústrias automobilísticas no que tange a inserção de melhorias na qualidade total do seu processo. Para a autora, essa metodologia consiste na elaboração de um plano de ação de fácil aplicação e uso, que permite o controle e monitorização de tarefas, clareza nos passos que antecedem a meta estabelecida, bem como a inserção de pessoas por meio de responsabilidades, delegação e divisão de tarefas e determinação de prazos.

De acordo com Neto (2020) a metodologia 5W2H assemelha-se com um *checklist* e/ou esquema de atividades, em que se determina o que será feito, o motivo de realizar tal ação, em que período de tempo, em qual local da empresa, quem terá responsabilidade pela ação e o método que será utilizado. Todas essas diretrizes são originadas das iniciais da sigla 5W2H, em que, para Frota (2019) estas devem ser bem estabelecidas de modo que não existam dúvidas ao longo do processo ou atividade a qual a metodologia está sendo aplicada, pois seu

desempenho está sujeito às respostas que serão dadas as sete perguntas. O Quadro 1 alude à esquematização do 5W2H.

Quadro 1 - Esquematização do 5W2H.

<i>5W</i>	<i>What?</i>	O que?	O que será feito?
	<i>Why?</i>	Por que?	Por que será feito?
	<i>When?</i>	Quando?	Quando será feito?
	<i>Where?</i>	Onde?	Onde será feito?
	<i>Who?</i>	Quem?	Por quem será feito?
<i>2H</i>	<i>How?</i>	Como?	Como será feito?
	<i>How much?</i>	Quanto custa?	Quanto custará?

Fonte: Autoria própria (2020)

Costa Brum (2013) pensando em facilitar o entendimento de cada pergunta da ferramenta 5W2H definiu para cada passo, o conteúdo das respostas e exemplos de perguntas que podem ser feitas para que o objetivo de cada item seja atingido. Reconhecendo a importância de cada pergunta, Ávila Neto *et al* (2016) afirma que “o conhecimento das respostas destas perguntas básicas são essenciais para o desenvolvimento da execução da ação pretendida dentro de uma organização, podendo ser utilizadas como roteiro e organizá-las conforme as necessidades internas.” O Quadro 2 aborda o esclarecimento de Brum (2013):

Quadro 2 - Explicação da metodologia 5W2H.

Passos	Conteúdo das respostas	Exemplo de perguntas
<i>What?</i> O que?	Ações necessárias ao tema analisado	- O que deve ser feito ou está sendo feito? - Quais insumos do problema/processo? - Quais métodos, materiais e tecnologias que devem ser utilizados?
<i>Why?</i> Por que?	Justificativas das ações	- Por que ocorre este problema? - Por que executar desta forma? - Para que atuar neste problema?
<i>Where?</i> Onde?	Locais influenciados pelas ações	- Onde ocorre/ocorreu o problema? - Onde é preciso atuar para corrigir o problema?
<i>Who?</i> Quem?	Responsabilidade pelas ações	- Quem são os agentes envolvidos? - Quem conhece melhor o processo? - Quais pessoas deverão executar o plano de ação?
<i>When?</i> Quando?	Definir prazos	- Quando começar e terminar? - Quando deverão ser executadas cada etapa do plano?
<i>How?</i> Como?	Métodos a serem utilizados	- Como será executado o plano? - Como registrar as informações necessárias? - Como definir as etapas do processo?
<i>How much?</i> Quanto custa?	Definir orçamento	- Quanto será o custo envolvido? - Quanto custará os recursos necessários? - Quanto custa corrigir o problema?

Fonte: Costa Brum (2013)

Por fim, Costa Brum (2013) conclui que diante do atual cenário em que é crescente a complexidade dos processos e informações e conseqüentemente mais dificultoso o domínio, assimilação e gerenciamento desses, a metodologia 5W2H através das suas perguntas simples e objetivas detêm o papel essencial de conseguir informações cruciais para que um planejamento seja construído com excelência.

3 METODOLOGIA

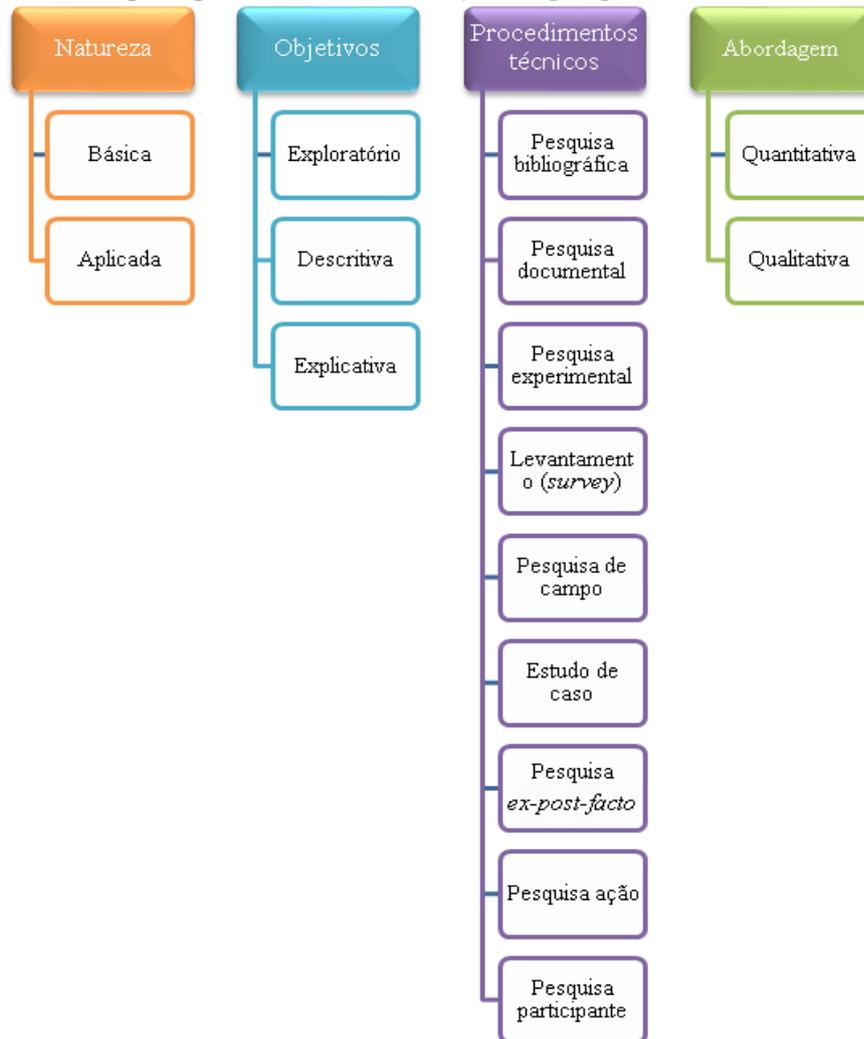
Este capítulo apresenta as premissas metodológicas empregadas para o desenvolvimento da pesquisa. Desta forma, inicialmente é apresentada a caracterização da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Em seguida, são definidas as etapas para a realização do trabalho.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa científica objetiva conhecer e explicar os fenômenos, mediante o conhecimento prévio e acumulado do pesquisador. Assim, através da manipulação de diferentes técnicas e métodos, busca-se responder às questões-chaves para a compreensão da natureza de tal fenômeno. Para os autores, a compreensão dos fenômenos advém das suas características: sistemática, metódica e crítica, lhe garantindo o ofício de contribuir para o avanço do conhecimento humano.

Existem várias formas de classificar as pesquisas, as mais clássicas, segundo Prodanov e Freitas (2013), serão apresentadas no Organograma 1:

Organograma 1 - Classificação da pesquisa científica.



Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013)

Quanto à natureza, Gerhardt e Silveira (2009) afirmam que a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, no qual se têm o foco direcionado para a solução de problemas específicos, com verdades e interesses locais. Assim, este estudo tem como natureza a pesquisa aplicada, uma vez que os resultados obtidos através da coleta de dados e sua análise serão revertidos em ações para a implementação fidedigna de melhorias no que tange o controle estatístico do processo na empresa.

Em relação aos objetivos, Gil (2008) explica que as pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o propósito de estabelecer uma visão geral, em que o fato estudado será conhecido com propriedade e proximidade, dessa forma, têm como finalidade a geração de problemas mais precisos ou hipóteses investigáveis. Este tipo de pesquisa usualmente implica levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não estruturadas e estudos de caso. Acerca das pesquisas explicativas, o autor assevera que estas têm como alvo central evidenciar as causas que cooperam para o acontecimento dos fenômenos, aprofundando o

conhecimento da realidade em busca da explicação da razão e do porquê das coisas. Dessa forma, este trabalho classifica-se como exploratório-explicativo, já que possui caráter investigável e dispões de levantamento bibliográfico, entrevistas e estudo de caso. Mas também, visa explorar e conhecer as causas da variabilidade existente no processo produtivo em estudo.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, Lakatos e Marconi (2003) definem a pesquisa bibliográfica como um apanhado geral dos principais e mais importantes trabalhos já realizados em busca de informações e dados atuais e relevantes acerca do tema. Os mesmos autores afirmam que a pesquisa bibliográfica tem a finalidade de colocar o pesquisador em contato direto com todo material disponível, seja ele escrito, dito ou filmado, resultando em um modelo teórico inicial de referência para auxílio no trilhar da pesquisa. De acordo com Fonseca (2002), um estudo de caso trata-se de uma análise de caráter particularista, que se dedica a uma situação específica em busca de aspectos essenciais e característicos que a torna muitas vezes singular e única. Já para Yin (2015) “O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”), em profundidade, e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes”. Desse modo, este trabalho apresenta o estudo de caso como procedimento técnico, com a investigação do processo de produção da coxinha, em conjunto as pesquisas bibliográficas como suporte e embasamento teórico.

Acerca da classificação quanto à abordagem do problema, Turrioni e Mello (2012) discorrem que, na abordagem qualitativa, o processo e seu significado são os focos principais de abordagem. Não se requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, dado que a análise dos dados acontece indutivamente pelo pesquisador, sendo este considerado instrumento-chave no ato de coleta de dados que possui como fonte direta o ambiente natural. Enquanto que, para os autores, a abordagem quantitativa considera que tudo pode ser mensurável e, dessa forma, os números, por meio dos recursos e das técnicas de estatística, são transformados em opiniões e informações.

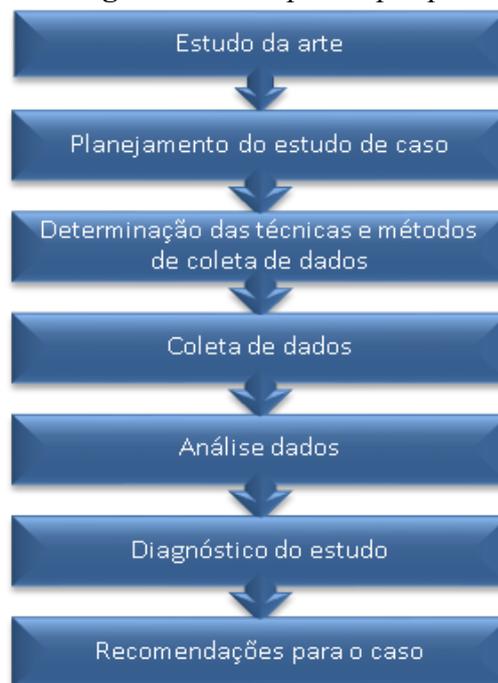
Segundo Appolinário (2012) é muito difícil que haja a existência de uma totalidade na abordagem, ou seja, uma pesquisa completamente qualitativa ou quantitativa. Para o autor, ao contrário de duas categorias dicotômicas e isoladas, existe uma dimensão com duas polaridades extremas, na qual as pesquisas se encaixam em algum ponto entre as extremidades, tendendo mais para uma abordagem, porém sem deixar de possuir elementos da outra. Martins (2012) nomeia de abordagem combinada, o uso combinado das abordagens qualitativa e quantitativas. Logo, esta pesquisa apresenta abordagem combinada, visto que faz

uso da abordagem quantitativa, no que diz respeito ao uso dos métodos estatísticos para analisar o comportamento do processo, assim como da abordagem qualitativa, pela necessidade de explicar os resultados da pesquisa quantitativa.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Segundo Soveral (2018) é importante que um estudo de caso possua uma estratégia de abordagem bem definida, mas flexível, de maneira que seja possível a realização de adaptações de acordo com o desenvolvimento do estudo, contudo que se mantenha a concretização dos objetivos almejados já previamente definidos. Ao longo deste TCC foram definidas diversas etapas que permitiram o avanço de forma progressiva. O Fluxograma 1 sistematiza tais etapas.

Fluxograma 1 - Etapas da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2020)

I. Estudo da Arte

Para dar início ao estudo de caso, foi definido um referencial conceitual teórico, a fim de realizar um mapeamento de toda a literatura acessível, de modo a criar familiaridade e conhecimento acerca do assunto. O estudo da arte serviu também como suporte teórico para a pesquisa, possibilitando tanto a delimitação (fronteira) a qual a pesquisa atingirá como para explicitar o grau de avanço sobre o tema.

II. Planejamento do estudo de caso

Segundo Miguel e Sousa (2012) essa fase compreende a escolha do caso, classificação quanto ao tipo e quantidade de casos a ser estudado. No que se refere à escolha do caso, optou-se, juntamente com a equipe do controle de qualidade, por escolher uma linha de produção na qual ainda não se realiza a análise do CEP e nem se tem conhecimento da variabilidade, para posterior implementação dessa metodologia, visto que a empresa já conta com essa ferramenta em outras linhas e reconhece suas vantagens, bem como foi escolhido outro bloco da empresa para que sua difusão seja propagada mais rapidamente. Quanto ao tipo de caso, optou-se por um caso de classificação longitudinal, em que este é realizado por meio da investigação com dados do presente, sem dados históricos. Com relação ao número de casos, o estudo trata-se de um caso único, em razão de desejar um maior grau de aprofundamento e obter uma maior riqueza dos dados.

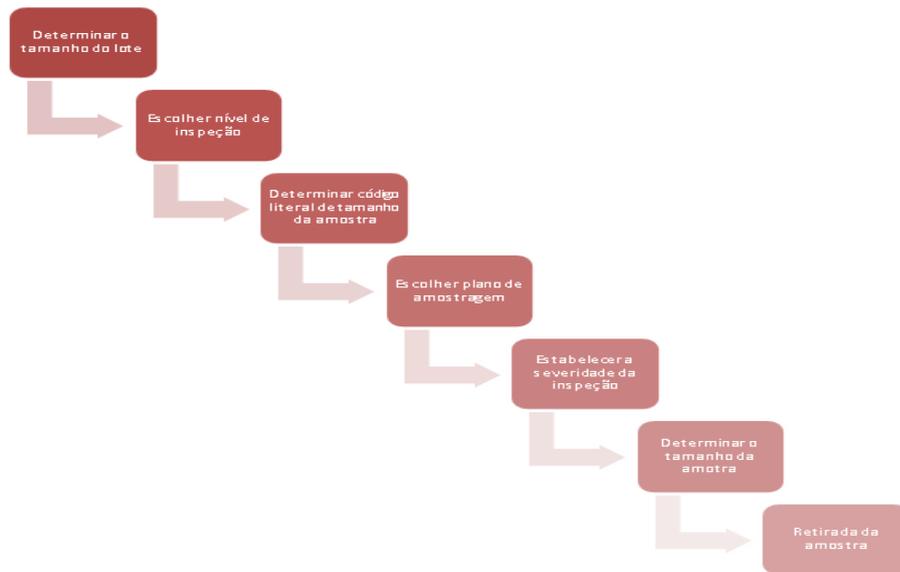
III. Determinação das técnicas e métodos de coleta de dados

Para a execução dessa etapa realizou-se visitas *in loco* e *in modus operandis* para captação do máximo de detalhes, bem como se utilizou algumas fontes de evidência, tais como observações diretas e entrevistas não estruturadas com os funcionários e colaboradores.

Com a linha de produção decidida, também foi decidido qual característica da qualidade seria amostrada. Dessa forma, por meio da NBR 5429 (ABNT, 1985) que aborda planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis, foi possível obter um norte acerca de como proceder corretamente diante da coleta de dados.

Essa coleta também foi guiada pela NBR 5430 (ABNT, 1985) que se trata de um guia de utilização da norma NBR 5429 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis. Assim, foi possível, por meio das NBR 5429, obter informações de como fazer a amostragem e pela NBR 5430 como utilizar a NBR 5429 corretamente, bem como estabelecer a sequência de operações para tal procedimento, conforme o Fluxograma 2.

Fluxograma 2 - Sequência de operações.



Fonte: adaptado NBR 5430 (ABNT, 1985)

Dessa forma, a partir da definição do tamanho do lote de 30.240 unidades, considerando um nível de inspeção geral, subnível II (anexo A) para se obter o código literal do tamanho da amostra e fazendo uso de um plano de amostragem de variabilidade desconhecida com severidade de inspeção normal (anexo B), foi possível determinar que o tamanho da amostra a ser utilizada e posteriormente iniciar o processo de retirada da amostra.

IV. Coleta de dados

O processo de recolha dos dados foi cumprido seguindo um planejamento e o método mais indicado para o caso em questão. Buscou-se dividir o plano de recolha de amostras de acordo com os dias de produção, no qual em cada dia houve a coleta de determinado número de amostras. Segundo Oliveira *et al* (2013) não há em vigor alguma regra que pré-estabelecida a quantidade de subgrupos e/ou tamanho dos subgrupos para compor a amostra. Assim, optou-se por dividir a amostra em 12 subgrupos com 10 observações cada. A seguir, no Quadro 3 é possível ver o planejamento da coleta dos dados e os dias de cada subgrupo:

Quadro 3 - Programação da recolha das amostras.

Data	Amostra
20/10/20	I, II, III e IV
03/11/20	V, VI, VII e VIII
10/11/20	IX, X, XI e XII

Fonte: Autoria Própria (2020)

Para realizar as pesagens, utilizou-se a balança digital Toledo 2096 H/1 com verificação INMETRO validada, para um maior grau de precisão dos dados. Posteriormente, os dados coletados nas pesagens foram postos em uma planilha eletrônica, que auxiliou na obtenção da média e desvio-padrão. Subsequentemente estes mesmos dados foram adicionados no *software* MINITAB para análise dos dados por meio dos gráficos e recursos que o mesmo dispõe.

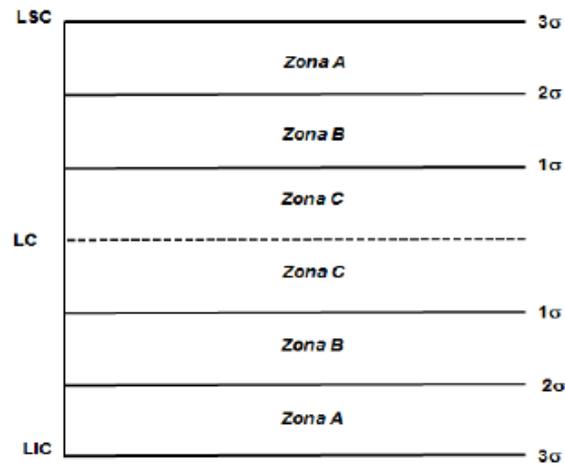
V. Análise dos dados (gráficos)

Após o *software* MINITAB gerar os gráficos com base nos dados coletados, é possível realizar a análise dos mesmos. Para a avaliação dos gráficos utilizou-se os critérios de decisão para gráficos de controle da norma ISO 8258 – Shewhart Control Charts. A norma ISO 8258 – Shewhart Control Charts estabelece os seguintes critérios de decisão em cartas de controle:

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

A Figura 3 ilustra a divisão das zonas como citado pela ISO 8258 e permite mais facilidade de compreensão para a classificação correta do processo, no que se refere ao estado de controle ou não, visto que, se um dos oito tópicos da ISO 8258 for verdadeiro, mas um ou mais pontos caírem fora das zonas, o processo classifica-se como fora de controle.

Figura 3 - Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios (sigma).



Fonte: ISO 8258 (ISO, 1991)

VI. Diagnóstico do estudo (processo)

Segundo Reis (2016) com base nas informações disponibilizadas pelas cartas de controle é possível realizar uma avaliação acerca do nível de uniformidade do processo, também designada de capacidade do processo. Dessa forma, diante da estabilidade do processo realizou-se uma análise de compatibilidade, onde a variedade natural processo é comparada com suas especificações.

Esta análise é desempenhada de forma quantitativa através dos Índices de Capacidade do Processo (ICP's), no qual o resultado dos índices refere-se ao diagnóstico do processo, como pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4 - Interpretação do índice de capacidade do processo.

C_p ou C_{pk}	Nível do Processo	Conceito do Processo
$\geq 2,0$	A	Excelente – Confiável, os operadores do processo exercem completo controle sobre o mesmo, pode-se utilizar o gráfico pré-controle.
1,33 até 1,99	B	Capaz – Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo.
1,00 até 1,32	C	Relativamente Incapaz – Pouco confiável, requer controle contínuo das operações, tanto pela fabricação quanto pelo controle da qualidade, visando evitar constantes descontroles e perdas por causa de refugos, retrabalhos, paralisações, etc.
$< 1,00$	D	Totalmente incapaz – O processo não tem condições de manter as especificações ou padrões, por isso, é requerido o controle, revisão e seleção de 100% das peças, produtos ou resultados.

Fonte: Martins (2010)

Por meio dessa categorização, foi possível classificar um processo em apto (níveis A ou B) ou não apto (níveis C ou D) e conhecer o poder do processo no tange o cumprimento das especificações, podendo traçar melhorias e ações para manter ou alcançar o mais alto patamar da capacidade do processo.

VII. Recomendações para o caso

Essa fase se deu por meio da ferramenta 5W1H, invés do 5W2H, pois não houve a estimativa dos custos referente às propostas indicadas, assim este estudo consistiu em responder as 6 perguntas básicas que guiarão um plano de ação em que a empresa terá o detalhamento da proposta de melhoria do processo.

No estudo em análise as propostas sugeridas para o plano de ação foram embasadas nas possíveis causas geradoras da variabilidade do processo, elencadas na análise de causas e efeitos realizada pelo diagrama de Ishikawa, visto que caso essas sugestões sejam acatadas pela gestão de topo e aplicadas pelo operacional, as causas serão corrigidas e o efeito atenuado ou resolvido. Assim, o plano de ação terá seu objetivo concluído não pela concretização do mesmo, mas pelo resultado que irá surtir impacto em todo o processo.

4 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo apresenta o estudo de caso em uma indústria de massas alimentícias congeladas. Neste sentido, inicialmente é apresentada a caracterização da empresa em estudo, o produto, a característica estudada e o processo a ser avaliado. Em seguida, serão expostos os gráficos de controle e do desempenho do processo para aplicação do CEP, juntamente com suas análises e propostas de melhorias.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo, denominada como Empresa A, deu início as atividades no ano de 1916, e se tratava de um negócio familiar. Genuinamente pernambucana, a instituição possui mais de 100 anos de experiência no segmento de panificação, principal alvo da empresa. 80 anos após se introduzir no mercado, mais precisamente no ano de 1996, a organização deu um grande passo no que tange produtividade, diversidade e estrutura, com a implementação da sua 1ª fábrica de pães e massas congeladas, localizada no interior do estado de Pernambuco, com objetivo inicial de atender às cinco padarias pertencentes ao grupo.

Com o reconhecimento do público, a empresa se viu nas condições de ampliar o fornecimento e alcance dos seus produtos congelados, dessa vez, vários estabelecimentos do ramo alimentício passaram a difundir e comercializar a marca, como lojas de conveniências, padarias, supermercados, navios, empresas de refeições, hotéis e grandes redes varejistas. A rede de atendimento e distribuição atualmente concentra-se nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte e Bahia.

A Empresa A possui um Mix de produtos congelados com mais de 250 itens, entre eles: massas de bolos, salgados, pães, pizzas, entre outros. Para atender tamanha demanda, a indústria dispõe de equipamentos modernos e profissionais capacitados. Para tal, possui um total de 186 funcionários que se distribuem nos principais setores da empresa: diretoria, gerência, chefia, coordenação e encarregado.

Seu parque industrial ocupa uma área de 25 mil metros quadrados, e a produção acontece em dois blocos, denominados de bloco 1 e bloco 2. O bloco 2 é destinado à produção exclusiva de duas linhas: pães e bolos e o bloco 1 responsável por 7 linhas de produção, dentre elas, pães, pizzas, salgados, pão de queijo, pão de alho, empanada e uma outra linha destinada a produtos exclusivos para um cliente específico, que se manterá em confidencialidade.

4.2 PRODUTO E CARACTERÍSTICA EM ESTUDO

Este estudo consiste na implementação do Controle Estatístico do Processo em uma linha produtiva de uma indústria de massas alimentícias congeladas. Deste modo, conjuntamente com a administração da empresa, foi selecionada a linha de salgados, não só pelo fato de apresentar um grande volume produtivo e de vendas, mas também por ser a linha a qual a empresa deseja incorporar o CEP, visto que se trata de uma estratégia corporativa, devido ao seu destaque no período de pandemia e ser a primeira em ordem hierárquica da empresa que ainda não possui o CEP.

Esta linha possui 22 produtos em atividade, no entanto, para uma maior precisão no estudo e a viabilidade do mesmo, optou-se por escolher um único produto, sendo aquele que mais demanda pedido. Assim, a coxinha de frango semi-assada de 130 gramas será o objeto de estudo deste TCC.

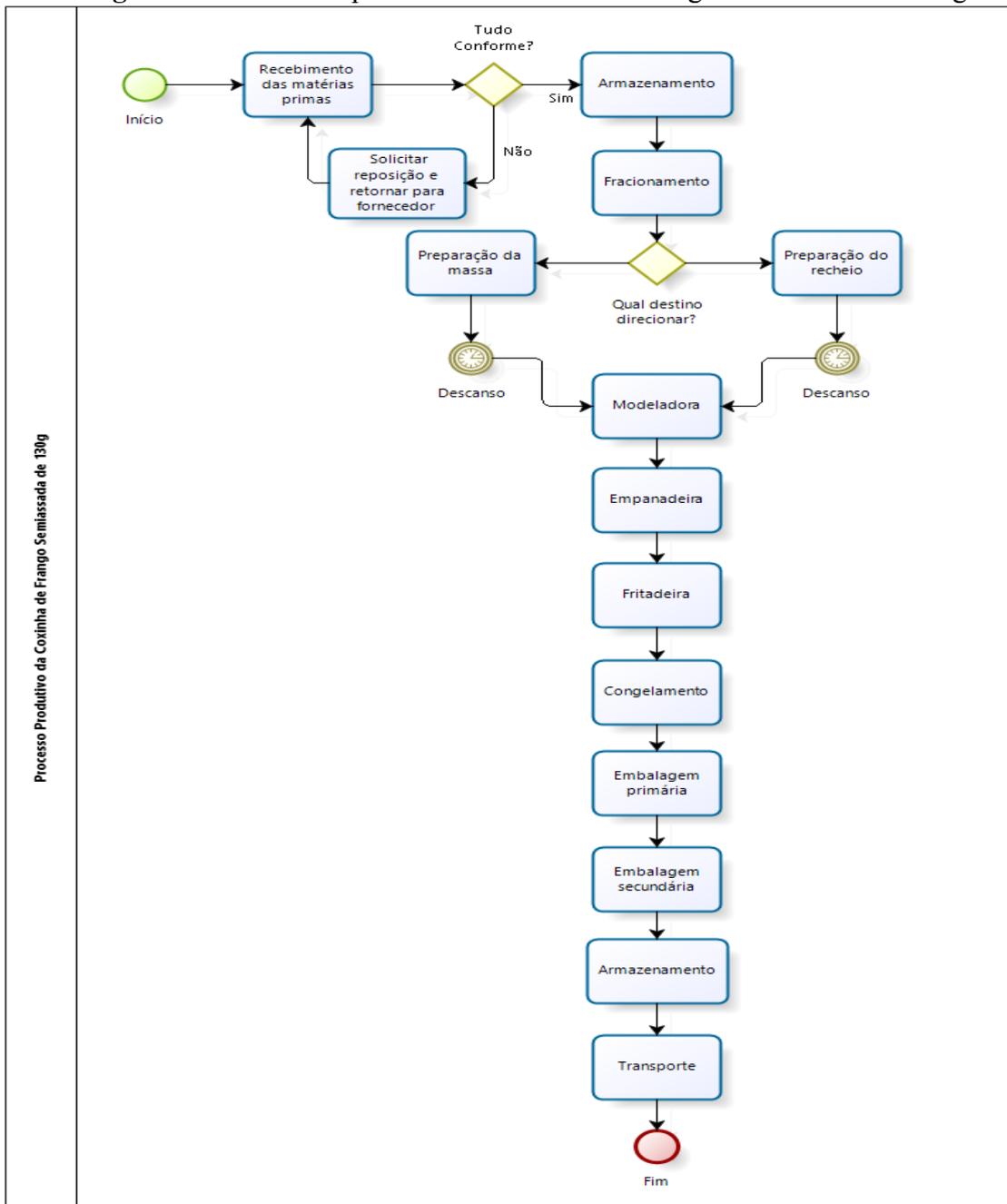
No que concerne às características em estudo, por se tratar de um produto alimentício, pode-se realizar testes que permitam avaliar a qualidade do mesmo, no que se refere a aspectos físicos e químicos. Dessa forma, optou-se por avaliar características físicas do produto, tendo em vista que o cenário para a realização de características químicas exige complexidade e grande disponibilidade de tempo, por serem teste morosos. No entanto não se trata de um objeto de estudo que a empresa deseja explorar no momento. As características físicas podem ser mais facilmente entendidas pelos funcionários o que facilita o emprego do CEP que visa justamente uma integração de toda a indústria.

Mais uma vez, em conjunto com a administração da Empresa A e com o departamento de controle da qualidade, foi definida a característica física massa, cujo estudo permitirá a avaliação da conformidade da coxinha de frango semi-assada de 130 gramas para tal quesito, como também a detecção de falhas que podem ter ocorrido no processo produtivo.

4.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DA COXINHA

Com o objetivo de descrever o processo de fabricação da coxinha de frango semi-assada de 130g, foi elaborado um fluxograma (figura 09) apresenta todas as etapas deste processo.

Fluxograma 3 - Processo produtivo da coxinha de frango semi-assada de 130g.



Fonte: Autoria própria (2020).

A. Recebimento de insumos para preparação da coxinha

O recebimento dos insumos acontece pelos encarregados do almoxarifado, que checam e conferem a carga, as condições dos produtos, se estão devidamente embalados e íntegros, em boas condições de higiene e sanitária, bem como o cumprimento dos prazos de validade, temperatura e identificação (rotulagem). Após conferência, se aprovados, os insumos são armazenados. Caso contrário, são devolvidos ao fornecedor e solicita-se reposição.

B. Armazenamento

O armazenamento das matérias-primas dar-se sobre pallets em suas embalagens de origem e respeitando a temperatura devida. Dependendo da classificação (perecível ou não) da matéria-prima, esta pode tanto permanecer no almoxarifado em temperatura ambiente, como nas câmaras frias ou de congelamento. Os produtos seguem o esquema FIFO (*first in, first out*) e são identificados por placas com as informações mais essenciais como: produto, lote, fabricação, validade e alergênicos para facilitar o reconhecimento e utilizá-lo quando necessário.

C. Fracionamento

Quando o produto é solicitado pelo setor de PCP (Planejamento e Controle da Produção), dependendo do lote a ser produzido, os insumos podem sofrer fracionamento. Neste caso, estes são retirados da embalagem original e acondicionados em outros recipientes apropriados na quantidade estimada para a produção e são igualmente identificados com nome do produto, fabricação, validade, lote e alergênicos e, posteriormente, são direcionados para o setor de produção. O fracionamento também acontece no almoxarifado. Caso restem sobras do produto, estas também são embaladas e sinalizadas pelo mesmo protocolo de identificação. Em seguida, destinam-se esses insumos para duas áreas diferentes, a área de produção da massa e área do recheio.

D. Preparação da massa e recheio

O preparo da massa acontece no setor das masseiras e o preparo do recheio acontece no setor de cocção. As preparações são independentes e se complementam em certa fase no processo. No que tange ao preparo da massa, um encarregado é responsável por fazer as pesagens de todos os produtos que serão levados à masseira para homogeneização das matérias-primas, o que resultará na massa. Já no preparo do recheio, o encarregado do setor de cocção tem atribuição de preparar os insumos, como, por exemplo, lavar os legumes e temperar a carne. Em seguida, colocar na panela de pressão industrial e, quando pronta, a carne é inserida em um desfiador que a expulsa triturada. O encarregado dispõe essa carne em bandejas.

E. Descanso

Tanto a massa da coxinha como o recheio saem muito quentes do processo de preparação. Dessa forma, é realizado o descanso para que seja feita a manipulação em

segurança e nas condições devidas. A massa, após sair da masseira, é posta em uma mesa e aberta em toda a área da mesa, nesse mesmo instante são realizadas várias aberturas na massa para que a liberação do calor aconteça e a massa esfrie mais rapidamente. Quanto ao recheio, este, após ser armazenado em bandejas que são dispostas e colocadas no carrinho, é levado para o choque térmico, para esfriar mais rápido. Essas etapas não prejudicam o andamento do processo, de forma que este acontece de forma ininterrupta.

F. Modeladora

Após apresentarem boas condições de manejo, a massa e o recheio são levados para a linha de produção, onde são colados na modeladora de salgados por um funcionário. Toda a regulagem da máquina é realizada pelo funcionário que a comanda. A modeladora possui diversas funções, dentre elas: o ajuste das paredes da massa, podendo ser fina, média ou grossa e a determinação da quantidade de recheio. Tudo isso decorre da escolha do bico da máquina para a massa e o recheio, que também é feita pelo funcionário. Após harmonização das regulagens e autorização da produção, a coxinha é liberada moldada e levada por uma esteira até a empanadeira.

G. Empanadeira

Após saírem da modeladora, as coxinhas entram na empanadeira. Esta máquina é composta por dois tanques com esteiras, um tanque para o líquido ligante e outro para a farinha de rosca. Os produtos entram no tanque de líquido onde acontece o banho por imersão no líquido ligante, que, no caso da empresa em estudo, trata-se de uma mistura de ovo em pó dissolvido em água. Após este banho os produtos saem no tanque da farinha, onde passam por uma almofada de farinha de rosca e depois por uma cortina desta farinha, gerando um empanado completo.

H. Fritadeira contínua

Em seguida, os produtos são levados por uma esteira transportadora até a fritadeira contínua que realiza a fritura. As coxinhas são imersas na fritadeira na gordura de palma e uma esteira as leva até o fim da linha, onde um funcionário faz a averiguação, julgando sua qualidade estética, e dispõe as mesmas em telas até encherem o carrinho.

I. Congelamento

Após a finalização da coxinha, esta é levada ao túnel de congelamento a -30°C por aproximadamente 90 minutos.

J. Embalagem

Depois de congelado o produto é levado ao setor de embalagem. Na embalagem primária é feita o acondicionamento da coxinha por unidade, no qual cada coxinha tem sua própria embalagem. Posteriormente, dá-se início a embalagem secundária, que consiste em embalar em uma caixa 50 unidades de coxinha.

K. Armazenamento

Depois de embalados, os produtos são dispostos em pallets, enrolados em plástico filme stretch e guardados em câmaras frigoríficas em temperaturas de -12°C ou mais frio.

L. Transporte

Por fim, a cadeia se encerra no transporte. Para isto, são utilizados caminhões próprios refrigerados e monitorados por sistema de gerenciamento de frotas, capaz de fornecer informações como: controle de temperatura do sistema de refrigeração do veículo, pontos de parada, tempo de permanência, deslocamento, entre outras funções. Dessa forma, todo o processo de transporte é realizado com credibilidade e segurança.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da definição do produto a ser estudado, foi possível fazer a coleta dos dados referentes aos pesos das coxinhas de frango de 130 gramas. Dessa forma, foram coletadas 120 medições divididas em 12 amostras de tamanho 10, a fim de representar um lote de 30.240 itens. Essas medições foram realizadas de maneira aleatória na própria linha de produção. As medidas foram agrupadas pela ordem, de 10 em 10, em uma tabela. A primeira amostra foi disposta na coluna 1, a segunda na coluna 2, e assim sucessivamente, até a décima segunda amostra, que foi colocada na coluna 12. Para cada uma das linhas da tabela, foram calculadas a média e desvio padrão. Obtiveram-se, assim, 12 valores para cada um desses parâmetros. Então, calculou-se a média total e o desvio padrão total. Os dados estão expostos na Tabela 1:

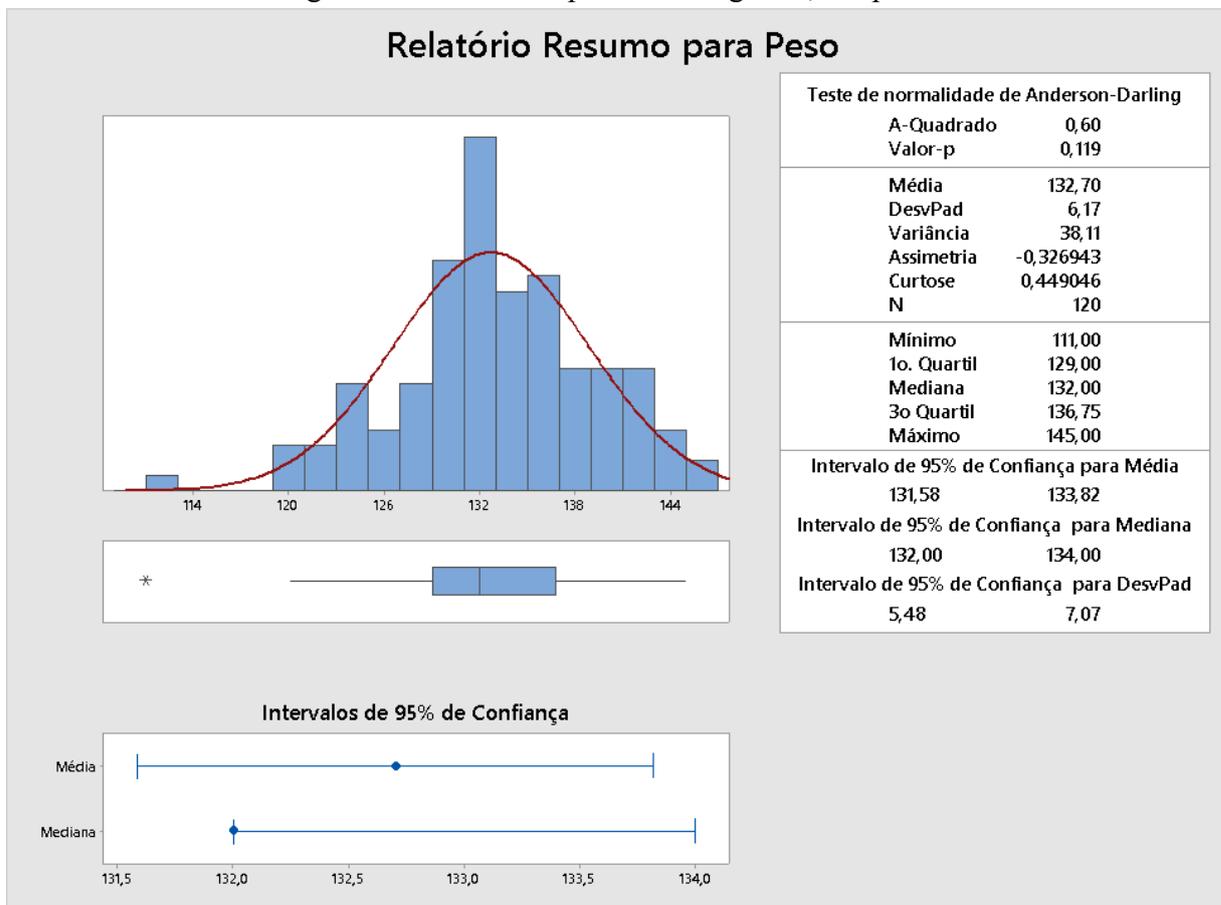
Tabela 1 - Pesos dos itens analisados para a amostra.

Amostra	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Média	Desvio Padrão
1	126,00	120,00	124,00	124,00	132,00	120,00	130,00	130,00	126,00	130,00	126,20	4,26
2	128,00	126,00	130,00	136,00	122,00	124,00	132,00	136,00	132,00	124,00	129,00	5,01
3	132,00	128,00	130,00	120,00	132,00	132,00	132,00	126,00	134,00	128,00	129,40	4,12
4	134,00	129,00	130,00	130,00	135,00	129,00	129,00	136,00	136,00	130,00	131,80	3,05
5	132,00	131,00	128,00	129,00	137,00	133,00	140,00	138,00	132,00	131,00	133,10	3,96
6	131,00	131,00	128,00	123,00	124,00	123,00	136,00	136,00	132,00	139,00	130,30	5,74
7	133,00	133,00	127,00	136,00	132,00	132,00	129,00	134,00	133,00	133,00	132,20	2,53
8	131,00	111,00	122,00	142,00	138,00	129,00	132,00	144,00	140,00	144,00	133,30	10,66
9	132,00	141,00	132,00	144,00	134,00	133,00	141,00	138,00	141,00	131,00	136,70	4,81
10	130,00	137,00	131,00	138,00	127,00	122,00	135,00	135,00	133,00	134,00	132,20	4,87
11	137,00	141,00	140,00	135,00	140,00	134,00	140,00	138,00	136,00	143,00	138,40	2,88
12	135,00	132,00	140,00	136,00	141,00	142,00	140,00	142,00	145,00	145,00	139,80	4,26
											132,70	4,68

Fonte: Autoria própria (2020)

A partir da Tabela 1, foi realizada uma análise estatística descritiva dos dados, utilizando a representação gráfica presente no *software* Minitab, através da ferramenta Sumário Gráfico, no qual foi possível realizar a interpretação dos mesmos de maneira mais simples e didática. Por se tratar de uma amostra de dimensão superior a 25 dados de variáveis quantitativas e contínuas, a referida representação gráfica pode ser traduzida em histograma e boxplot, que se encontram ilustrada no Gráfico 4:

Gráfico 4 - Análise gráfica da variável “peso”: Histograma, boxplot e dados estatísticos.



Fonte: Autoria própria (2020)

A partir do Fluxograma 3 é possível visualizar intuitivamente no histograma a distribuição dos dados, que seguem uma distribuição normal. Posteriormente, o boxplot exhibe onde se situam 50% ou mais dos dados, demarcando também o primeiro quartil (129,00), a mediana (132,00) e o terceiro quartil (136,75), bem como os valores extremos (*outliers*) que nesse estudo foi o valor mínimo de 111,00.

Ainda de acordo com o relatório resumo e analisando as estatísticas relevantes, tem-se os seguintes valores: a média das amostras é 132,70 g e o desvio padrão 6,17. É também

possível verificar certo desvio na distribuição desta variável pela análise do histograma, que é confirmado pelo valor obtido para a assimetria negativa (-0,326943), o que significa que a distribuição é assimétrica à esquerda, ou seja, a cauda da curva da distribuição declina para esquerda. Quanto ao dado da curtose, o valor base é zero, assim, como se tem o valor de 0,44, classifica-se como curtose positiva, que culmina em uma distribuição que tem caudas mais pesadas do que a distribuição normal.

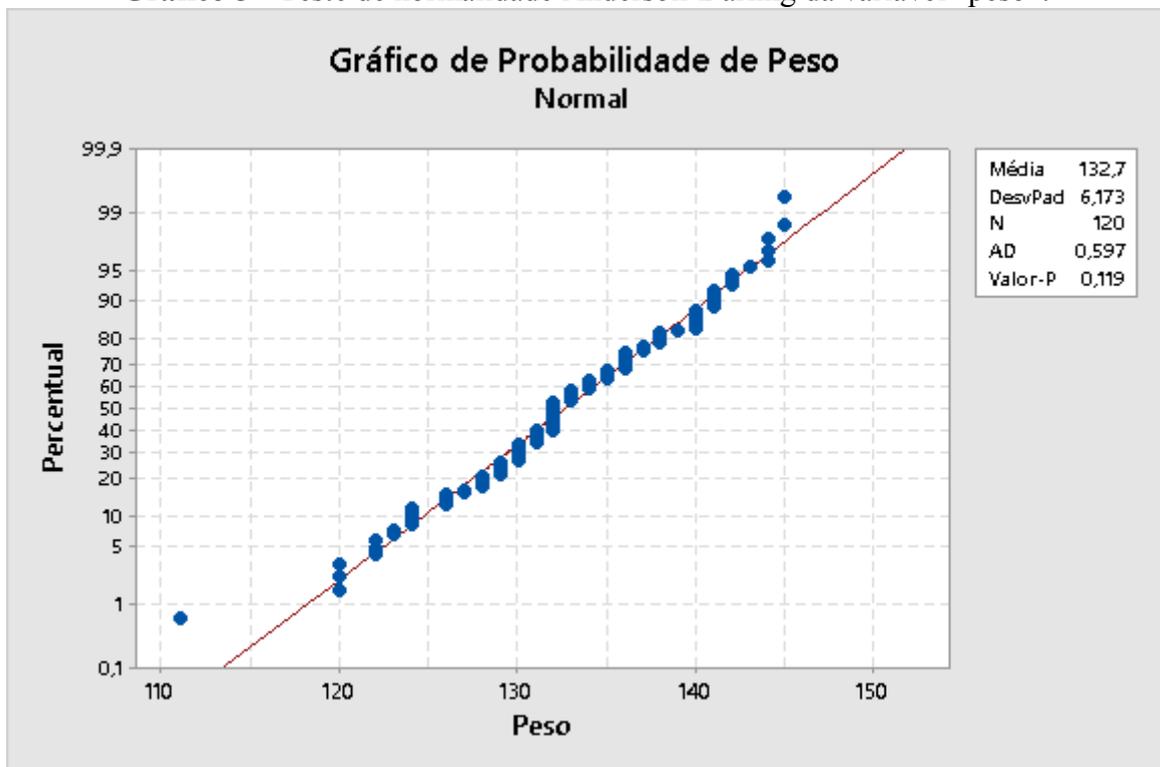
Embora o histograma sugira que a variável siga uma distribuição normal, esta hipótese pode ser confirmada por um teste de inferência estatística, para um nível de confiança de 95%, que se traduz num teste de normalidade de Anderson-Darling; cujas hipóteses nula e alternativa são respectivamente:

H0: A variável tamanho segue uma distribuição normal

H1: A variável tamanho não segue uma distribuição normal

O Gráfico 5 exibe o teste de normalidade de Anderson-Darling para as amostras:

Gráfico 5 - Teste de normalidade Anderson-Darling da variável “peso”.



Fonte: Autoria própria (2020)

O valor de prova obtido toma o valor de 0,119 (11,9%), que é superior ao nível de significância de 0,05 (5%). Deste modo, não há evidência estatística que permita rejeitar a

hipótese nula. Assim, assume-se que a variável peso segue uma distribuição normal, com 95% de confiança.

4.4.1 Análise dos gráficos de controle

Uma vez observada a variação dos valores em estudo por meio da estatística descritiva, é importante conhecer sob qual presença de variação o processo está atuando, por meio dos gráficos de controle, de modo que se possa agir sobre tais causas.

Para a elaboração dos gráficos de controle foram utilizados os gráficos de \bar{x} e s , visto que são recomendados quando as amostras são de tamanho moderado, com subgrupos maiores ou iguais a 8. Assim, os limites de controle foram calculados por meios das equações 5, 6 e 7 para o gráfico de \bar{x} , e equações 8, 9 e 10 para o gráfico de s . As constantes A_3 , B_3 e B_4 , que serão utilizadas para realização dos cálculos, são apresentadas na tabela do Anexo C.

$$LSC\bar{x} = 137,26$$

$$\bar{\bar{x}} = 132,70$$

$$LIC\bar{x} = 128,14$$

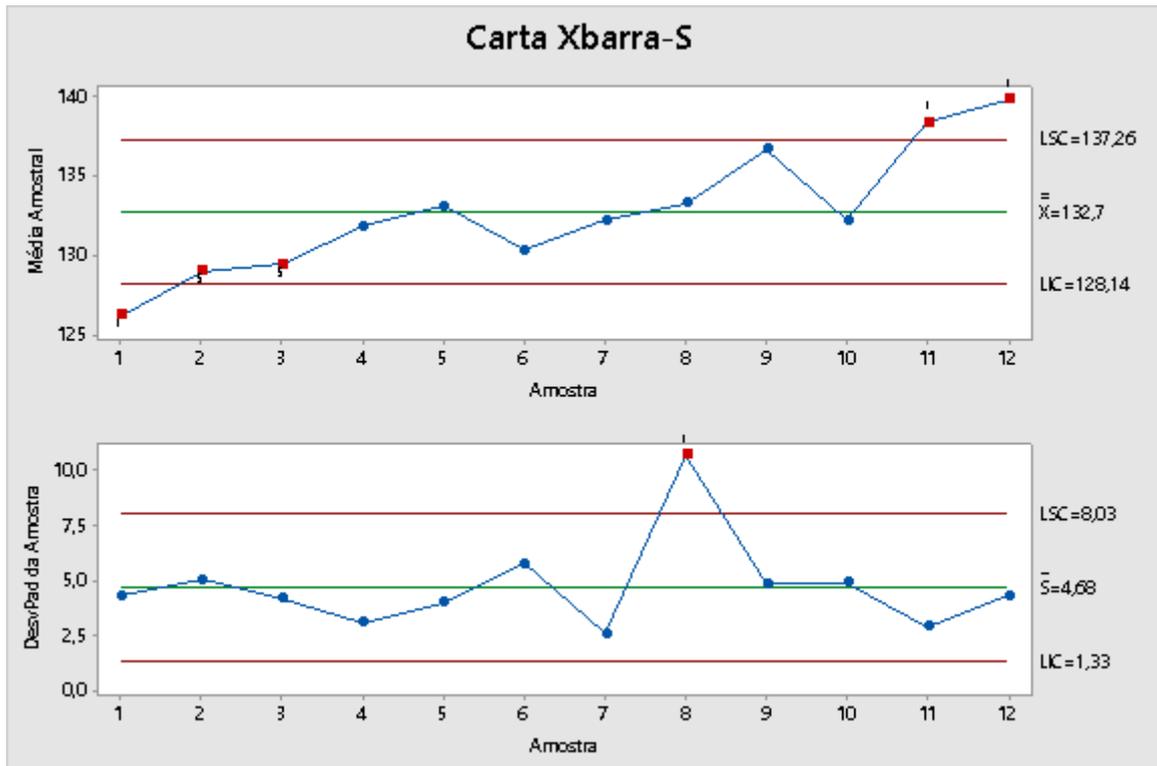
$$LSCS = 8,03$$

$$S = 4,68$$

$$LICS = 1,328541$$

O Gráfico 6 apresenta os gráficos de controle para $\bar{x} - s$ a partir dos limites obtidos acima.

Gráfico 6 - Carta de controle para $(\bar{x})-s$.



Fonte: Autoria Própria (2020)

Através da carta s avalia-se o desvio padrão dentro das amostras e verifica-se que a amostra 8 está fora dos limites de controle. Assim, o processo não está em controle estatístico. A carta de controle das médias, que faz o estudo entre amostras, revela que o processo, do ponto de vista de tendência central, está instável e fora de controle, pois três amostras estão ultrapassando os limites de controle, tanto inferior quanto superior.

Para análise dos gráficos de controle foram empregados os testes anteriormente mencionados na seção de Metodologia. O Gráfico 6 expôs todos os testes que apresentam irregularidades e os marcou com pontos em vermelho. Realizando uma estratificação quanto ao tipo do gráfico e ao teste, no gráfico para carta s foi positivo apenas o teste 1 (um ponto mais que 3 desvios padrão da linha central, ou seja, acima do LSC ou abaixo do LIC), onde o teste falhou apenas no ponto 8.

De forma análoga, no gráfico para carta \bar{x} , foi positivo o teste 1 (um ou mais pontos mais que 3 desvios padrão da linha central, ou seja, acima do LSC ou abaixo do LIC), onde o teste falhou nos pontos, 1, 11 e 12. Por fim, o teste 5 também apresentou falha nos pontos 2, 3, 11 e 12, no qual o alerta aconteceu devido a presença de 2 de 3 pontos com mais de 2 desvios padrão da linha central (em um lado da LC).

Por se tratar de um estudo de caso e lidar com um contexto prático aplicado, a principal atitude a ser tomada após a conclusão que o processo não está em controle estatístico é identificar quais as causas que levaram aos desvios encontrados e definir medidas de correção de modo a obter o controle estatístico do processo. A seção 4.4.3 abordará essa temática.

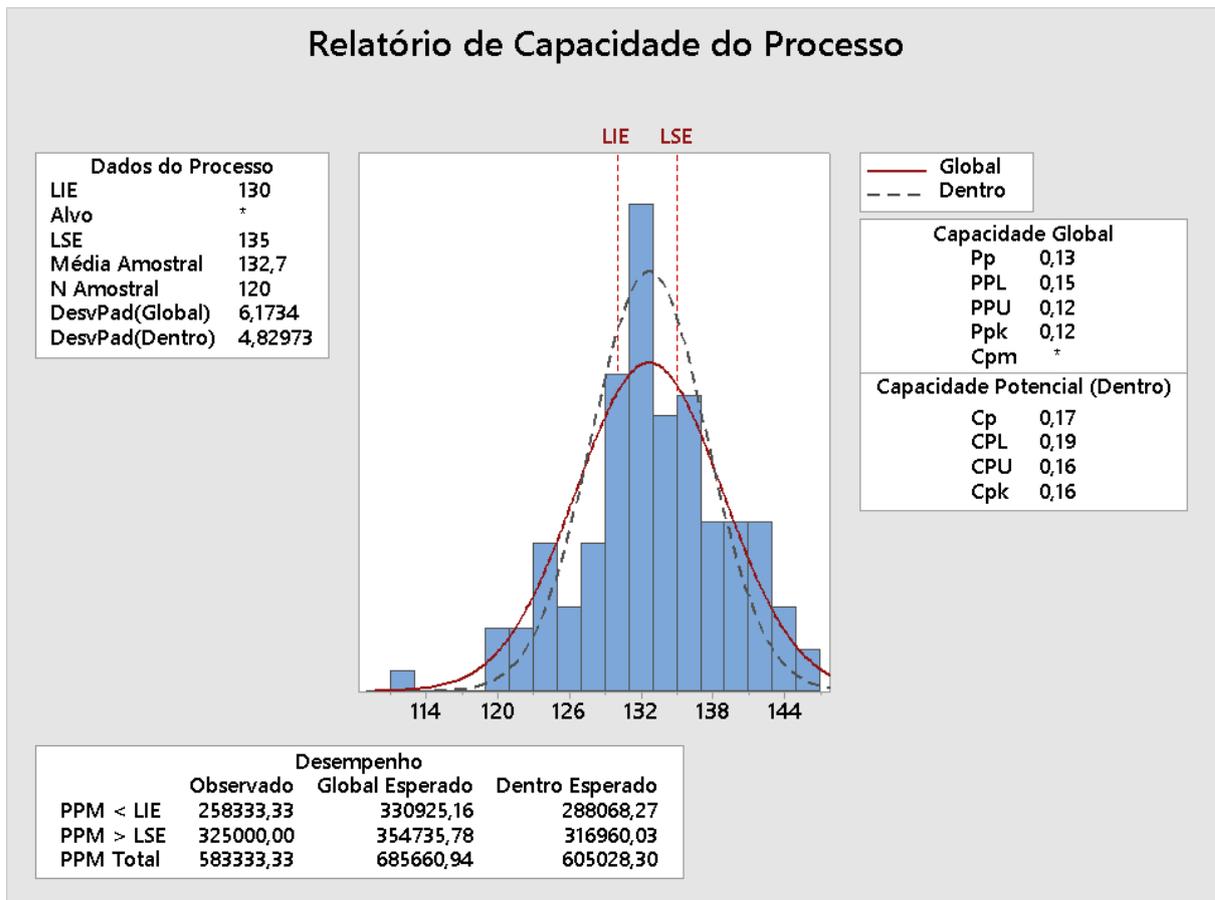
4.4.2 Análise da capacidade do processo

Através do resultado da análise dos gráficos de controle foi possível constatar que o processo não se encontra em controle estatístico. Assim, as análises realizadas nessa seção destinaram-se principalmente a identificar a porcentagem de itens produzidos fora da especificação.

Para o limite de especificação superior adotou-se o valor de 135g, sendo este estipulado pela empresa, visto que os produtos que excedem esta quantidade passam a ser considerados como perdas e implicam em desvantagens ao fabricante, pois geram maiores custos de produção. Enquanto para o limite inferior determinou-se o valor 130g, que corresponde ao peso comerciável e da embalagem do produto, bem como é alvo da empresa.

Uma vez que foram enunciados os limites de especificação para a variável peso em estudo, realizou-se a análise para quanto ao cumprimento desses limites. Partindo do princípio que a variável, de acordo com a seção 4.0, possui uma distribuição normal, recorreu-se à ferramenta do Minitab: Análise da Capacidade Normal, para um obtenção do relatório sumário completo da capacidade normal com base nos valores dos quatro índices de desempenho do processo, C_p , C_{pk} , P_p , P_{pk} como se pode ver no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Análise dos índices de capacidade e desempenho do processo.



Fonte: Autoria Própria (2020)

A primeira análise se dá pelo histograma dos dados, no qual se observa a delimitação evidente pelos limites inferior e superior de especificação, respectivamente LIE e LSE. Em seguida, percebe-se a curva normal, plotada com base no desvio padrão geral e a média do processo. Esta informa que a distribuição de dados possui uma variação maior que a faixa de limites de especificação. O histograma permite a visão imediata do desempenho do processo, no entanto não mostra de imediato a capacidade potencial do mesmo. Assim, posteriormente avaliam-se os índices.

Avaliando os quatro índices em conjunto e de maneira geral é possível perceber que C_p , C_{pk} , P_p e P_{pk} possuem valores bem próximos, podendo-se depreender que o processo é previsível e centralizado. Porém, todos eles estão com valores inferiores a 1,00. Assim, observa-se que esse processo fabrica muitos produtos fora de especificação.

Realizando a análise separadamente é importante salientar que a capacidade real (global) que inclui os índices P_p e P_{pk} traduz o experimento dos clientes, enquanto que a capacidade potencial (dentro), que inclui os índices C_p e C_{pk} expressa o máximo alcançável

caso mudanças e desvios do processo fossem eliminados. Dessa forma, avaliando o indicador da performance real do processo ($P_p = 0,13$) confirma-se que são produzidas um baixo número de peças capazes de cumprir as especificações de peso. O C_p , considerado o índice mais otimista de todos, pois considera que, quando estável e adequado, este assume o valor de 0,17, o que indica que esta taxa de peças “defeituosas” pode ainda diminuir caso as causas de tais mudanças sejam eliminadas.

O indicador P_{pk} , considerado o índice mais realista e que exprime o desempenho real do processo, considerando a variabilidade a médio e longo prazo, nesse estudo assume o valor de 0,12. Este índice poderia ser melhorado até o valor do $C_{pk} = 0,16$, se considerado um processo estável. Estes valores baixos devem-se ao fato de que quase todos os dados presentes neste processo se encontrarem fora dos limites das especificações, fato comprovado pelos valores C_{pk} e P_{pk} serem quase nulos. Em última análise, o gráfico também apresenta o desempenho do processo com base no valor de PPM (partes do milhão), que se trata da porcentagem de peças que estão fora dos limites de especificação. Desta forma, nesse estudo convém só analisar o desempenho observado, assim o número de defeitos por milhões observado no processo produtivo da coxinha foi de 583.333, ou seja, o processo apresenta aproximadamente 58,33% de itens não conformes.

Por fim, convém abordar que estimativas de capacidade para um processo fora de controle podem estar incorretas. No entanto, não foram muitos pontos encontrados na carta $\bar{x} - s$, ainda assim, isto impede que estes índices de capacidade sejam totalmente fidedignos. Contudo, como se trata exclusivamente de um ponto na carta s e três pontos na carta \bar{x} , considera-se que os índices obtidos são aproximados do que realmente eles querem expressar e mesmo sendo inseguro qualificar o processo como incapaz na produção de coxinhas, de acordo com os limites especificados para a variável peso, esse parecer demonstra ser realístico.

4.4.3 Análise das causas e efeitos

A análise de causa e efeito deve ocorrer paralelamente com os resultados gerados no gráfico de controle. Dessa forma, diante dessa análise conjunta, alguns fatos devem ser ressaltados: o único ponto que estava fora de controle na carta s ocorreu na amostra com o valor de *outlier*, como pode ser visto na tabela 01, assim é possível cogitar que esta “fuga” seja consequência de uma ação atípica que gerou essa causa especial no processo. Já na carta

\bar{x} , a primeira e as duas últimas amostras tiveram seus valores ultrapassando os limites de controle. Desta forma, realizou-se uma análise para cada amostra em relação ao operador que estava presente no momento da recolha, como o intuito de entender se o operador teve alguma influência na variável peso em estudo.

Para realizar a análise é pertinente entender como se dividem as tarefas no setor produtivo da coxinha. Essa linha conta com quatro funcionários fixos, onde dois situam-se no setor de preparo da massa, um na saída da fritadeira e outro alimentando a modeladora de salgados. Esses quatro funcionários possuem suas responsabilidades definidas, mas podem ocorrer substituições em caso de situações como: ida ao banheiro, almoço e demais situações que venham a ser necessárias trocas de postos de trabalho, no entanto, quando estabilizado todos retornam para funções de origem acima citadas.

No ato da coleta dos dados foi também registrado qual funcionário operava a modeladora, já que esta máquina é ajustada pelo operador por ser a alimentadora de todo o processo tendo grande participação no rendimento da coxinha, e conseqüentemente, no seu peso. Os quatro funcionários fixos do setor de salgados estão categorizados pelas letras: A (fixo modeladora), B (fixo no setor de massas), C (fixo no setor de massas) e D (fixo fritadeira). Todavia, um dia de coleta teve a presença de um funcionário de outra linha de produção que estava cobrindo a falta de um dos funcionários fixos, nesse caso, esse funcionário foi categorizado pela letra E. Na Tabela 2 é possível ver a relação data da coleta, amostra e operador:

Tabela 2 - Relação entre amostras e operador responsável pelo processo.

Data	Amostra	Operador
20/10/20	1	A
20/10/20	2	A
20/10/20	3	A
20/10/20	4	A
03/11/20	5	B
03/11/20	6	C
03/11/20	7	E
03/11/20	8	E
10/11/20	9	A
10/11/20	10	A
10/11/20	11	A
10/11/20	12	A

Fonte: Autoria própria (2020).

Assim, relacionando o Gráfico 7 com a Tabela 2 é possível observar na carta s que a amostra 8, a qual ultrapassou os limites de controle, foi coletada no período em que o funcionário E estava no comando da modeladora. Essa causa especial pode ter acontecido em virtude do mesmo não estar habituado com o maquinário, sendo passível a erros. Acerca das amostras 1, 11 e 12 evidenciadas na carta \bar{x} , todas foram coletadas enquanto o funcionário A operava a modeladora. Todavia, trata-se justamente do funcionário fixo da modeladora, logo o que mais opera a máquina, logo se espera mais domínio do mesmo, já que é o seu cargo fixo. No entanto, consta na carta alerta de falhas nos testes durante seu período de operação.

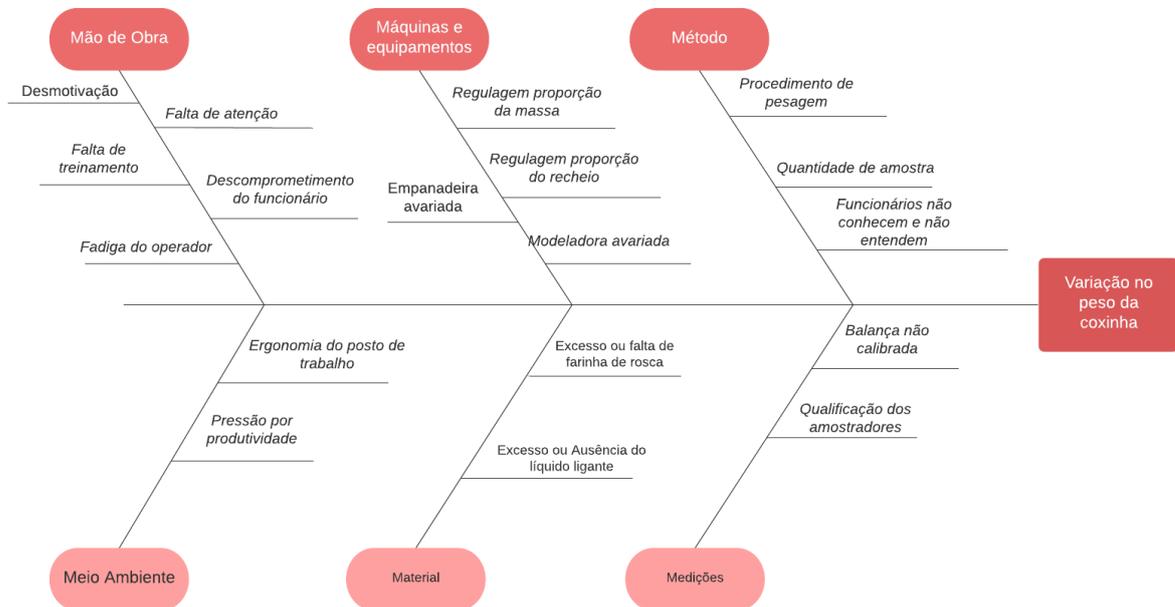
Diante do exposto, é possível constatar que, dentre as causas especiais alertadas pela carta, e por meio da análise operador x amostras é possível encontrar indícios que o descontrole do processo pode ser resultante de erros humanos, uma vez que os operadores podem estar regulando a máquina inapropriadamente, gerando a variabilidade desvantajosa para a empresa, tanto pela ausência de treinamento de funcionários inexperientes no setor, como pela inabilidade dos próprios funcionários do setor ao operar o maquinário.

Conhecendo esses fatos e buscando destacar outros possíveis agentes, pode-se realizar a análise das causas e efeitos, a partir do diagrama de Ishikawa, conhecido como espinha de peixe. Essa forma de esquematização trata-se de uma representação do processo usada comumente para solucionar problemas, visto que é possível identificar com mais clareza os grupos de possíveis circunstâncias necessárias para que um efeito seja gerado.

De acordo com os resultados obtidos através do gráfico de controle $\bar{x} - s$ de um modo geral, podemos observar que o peso dos produtos é variável. Estes valores de sobrepeso ou falta dele podem ser decorrentes de várias causas, inclusive as citadas acima a cerca dos funcionários. Para uma maior organização, essas causas são agrupadas em seis categorias, de acordo com a afinidade, tais como: material, máquinas e equipamentos, mão de obra, medições, métodos e meio ambiente.

O conhecimento em elencar esses fatores nos 6M's do processo são de fundamental importância para que a empresa consiga implementar medidas que a faça produzir com qualidade sem lesar o consumidor, bem como estar livre de prejuízos, como muitas oriundas de problemas com o peso do produto. As possíveis causas elencadas para cada fator se deu pelo estudo minucioso do processo, vivência de fábrica, observação direta da atividade, bem como conversas não estruturadas realizadas com funcionários e gestores. Assim, a figura 12 aborda os 6M's da Empresa A:

Diagrama 1 - Ishikawa.



Fonte: Autoria própria (2020)

Inicia-se a análise do Diagrama espinha de peixe pelo tópico mão de obra. Este se mostrou ser o fator mais presente nas causas especiais e que podem gerar o efeito da variabilidade no peso da coxinha, devido a análise preliminar feita pela análise operador x amostras na Tabela 2. No entanto, outros pontos além do treinamento foram apontados como possíveis razões, são eles: desmotivação, descomprometimento, falta de atenção e fadiga. Dessa forma a empresa pode e deve compreender que o fator humano é suscetível a erro, inversamente, o funcionário também precisa perceber que a empresa perde com seus erros e o mesmo pode perder também, dessa forma, deve existir a aliança empresa-operador para melhor desempenho.

Para a categoria, máquinas e equipamentos elencaram-se fatores como regulagem da proporção da massa e recheio que tem relação direta com o aspecto mão de obra, já que é um trabalho em conjunto, onde o funcionário é quem programa a máquina para a regulagem devida. Também foi listado possíveis avarias nas máquinas que estaria fora do controle do operador, onde a gestão e equipe da manutenção devem intervir para inspecionar e avaliar as possibilidades de desgastes, interferências, entre outras causas mecânicas.

Para o método, dentre as causas listadas observou-se que a quantidade de amostras que a empresa adota atualmente é: duas amostras com dimensão 10 no início e fim do processo.

Tal método pode estar sendo pouco eficaz, dado que é um valor fixo de amostragem que não sofre alteração de acordo com o lote que será produzido. Além disso, são amostras para registro, não sendo realizadas análises dos valores coletados. Tal método também não foi explicado aos funcionários, que realizam a amostragem como obrigatoriedade para preencher um painel disposto na produção para visualização do assistente da qualidade. Assim, ainda é carente a ideia de amostragem com pensamento na melhoria contínua e benefício do processo que são objetivos do CEP.

Quanto às medições, foi julgada a condição das balanças estarem descalibradas e a qualificação dos funcionários. Quanto à calibração ou avaliação da conformidade, a linha dispõe de balanças que são omitidas da relação de balanças a serem inspecionadas e testadas, dessa forma, estas podem estar gerando erros na medição, bem a qualificação dos funcionários que têm relação direta também com o aspecto mão de obra, onde o treinamento é viável para tal fator. Nos materiais foi considerado os dois processos que agregam peso a coxinha após saírem da modeladora, que é etapa empanadeira, onde qualquer falta ou acréscimo de líquido ligante e farinha de rosca podem alterar a gramatura. Essas matérias primas são abastecidas na máquina pelo próprio funcionário, podendo relacionar assim com a mão de obra, bem como a questões relacionadas à máquina, sendo necessárias ações da gestão e equipe de manutenção.

Por fim, em ambiente relacionou-se o aspecto físico do posto do trabalho, que trata de uma estação elevada, trabalho em pé e monótono, o que pode gerar desconforto no operador, tornando-o passível a erros. Também foi relacionado nesta categoria o clima organizacional causado pela relação empresa-funcionário, onde a presença de sentimentos de pressão por produtividade, proposição de metas, bem como pressão para encerrar a jornada de trabalho, podem ser fatores que acarretam variabilidade no processo.

4.5 RECOMENDAÇÕES

Após a elaboração do diagrama de Ishikawa, utilizaram-se as principais eventuais causas motivadoras da variação do peso da coxinha para atuar como base no processo de resolução, por intermédio de um plano de ação, conforme o Quadro 5:

Quadro 5 - Plano de ações 5W2H.

<i>What?</i> O que?	<i>Why?</i> Por que?	<i>When?</i> Quando?	<i>Where?</i> Onde?	<i>Who?</i> Quem?	<i>How?</i> Como?
Realizar treinamento dos operadores	Garantir entendimento dos procedimentos realizados	Curto prazo	Setor de produção	Todos do setor produtivo e operadores de stand-by	O controle da qualidade atuará por meio de aulas expositivas, demonstrações e instruções de procedimentos e operações adequados.
Regular proporcionalidade de massa e recheio	Garantir o cumprimento da especificação para cada item e não gerar desperdício, bem como manter a variável peso em controle	Curto prazo	Máquina modeladora	Funcionários	Manuais da máquina modeladora ou POP's
Implementação do FMEA (Modo de falha e efeito)	Prever possíveis falhas para evitar alterações no padrão de funcionamento, bem como paradas e avarias aos produtos	Curto prazo	Setor de manutenção	Funcionários do setor de manutenção	Produzir a planilha do FMEA a partir de manuais das máquinas, planilhas de acompanhamento de manutenção e registros antigos.
Orientar e aplicar princípios da inspeção por amostragem	Garantir que o processo esteja bem representado pelas amostras colhidas	Curto prazo	Setor de produção	Funcionários e Controle da qualidade	Por meio das NBR's, bem como demais procedimentos amostrais.
Efetivar o uso de cartas de controle e demais ferramentas do CEP	Acompanhamento da variabilidade e controle do processo	Médio Prazo	Setor de produção	Funcionários e Controle da qualidade	Ensino e preparação por empresa de consultoria e controle da qualidade

Fonte: Autoria própria (2020)

As ações propostas tratam-se de sugestões embasadas em toda análise de dados, gráfica, bem como avaliação visual e decorrente das entrevistas não estruturadas realizadas com os funcionários. Os benefícios dessas ações serão vistos a longo prazo, dado que o emprego deste método visa neutralizar as causas que estão gerando o efeito da variabilidade por meio intervenções gerenciais e operacionais. No entanto, com o empreender dessas, muitas das possíveis causas serão contempladas com medidas neutralização das mesmas.

A primeira ação é uma proposta de treinamento, visto que este procedimento é deficiente nas seções mão de obra, método e medição. Com o olhar da gerência e controle de qualidade para essa ação, trazem-se os funcionários para perto, pois é gerado um compromisso bilateral, bem como os estimulam a produzir corretamente, dado que o conhecimento foi recém passado. Esses treinamentos devem acontecer de modo teórico e prático, a partir da simulação de todas as condições adversas e como o operador pode encará-las, de modo a preparar bem o funcionário, bem como investir em imagens e vídeos na capacitação teórica para maior assimilação do conteúdo. Podem ser abordados tanto assuntos específicos da atividade, bem como temas de segurança, como Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC's), Boas Práticas de Fabricação (BPF), entre outros.

A segunda ação é direcionada para regulação da proporção de massa e recheio, contemplando o aspecto máquinas e equipamentos. Com o emprego dos manuais da máquina e POP's, a perspectiva é minimizar erros de regulação e centrar o processo das coxinhas dentro dos limites de especificação, bem como reduzir a variabilidade. É imprescindível que todos os funcionários produzam em sintonia, tal ação contribui para isso.

A terceira ação trata-se da implementação da Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos. Tal metodologia visa analisar as possíveis falhas em uma máquina e perceber a implicação dela dentro da linha, em outras peças. Essa análise permitirá ter um conhecimento amplo da máquina, de modo que diante de qualquer sinal de problema, sabe-se imediatamente onde e como agir, evitando assim um problema global. Pode-se começar essa análise pela modeladora, visto que é a máquina mais essencial do processo, e em seguida empanadeira. No que tange a empanadeira, essa metodologia pode contemplar as possíveis causas de material, relacionado a excesso ou falta de farinha de rosca e líquido ligante.

A quarta ação envolve o método, mais precisamente o método utilizado de amostragem pela empresa, onde é proposto que orientações acerca do assunto sejam abordadas para funcionários de controle da qualidade, de modo que os mesmos possam estimar corretamente a quantidade de amostras a ser utilizada em cada lote de produto, por

meio de normas técnicas e demais procedimentos amostrais disponíveis nas literaturas do assunto.

Por fim, a quinta e última ação consiste em propor para a empresa que tudo o que foi aplicado nesse trabalho tenha continuidade e vire rotina e vivência em chão de fábrica, visto que, muito se foi conhecido por meio cartas de controle e das demais ferramentas do CEP, assim sendo, a constância em aplicar essa ação trará o conhecimento sem cessar de como anda o processo, quão estável está e se o mesmo é capaz de atender as especificações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral aplicar as ferramentas e princípios do Controle Estatístico do Processo, com a finalidade de avaliar a variabilidade existente na característica peso da coxinha de frango semi-assada de 130 gramas.

Para alcançar tal objetivo, realizou-se a caracterização da empresa, bem como o estudo do processo produtivo para maior detalhamento e caracterização do ambiente de estudo. Do mesmo modo, de posse dos dados testou-se a normalidade dos mesmos para posteriormente construir e analisar os gráficos de controle, mensurar e analisar a capacidade e performance do processo e relacionar e analisar as causas e efeitos que geram tal variabilidade.

Neste contexto, a análise dos gráficos de controle demonstrou que o processo encontra-se fora de controle estatístico por apresentar causas especiais nos gráficos $\bar{x} - s$. Em seguida, realizou-se a análise da capacidade do processo que se procedeu com o intuito predominante de estimar a quantidade de peças fora das especificações, onde constatou que o processo produz 58,83% de itens não conformes. Por efeito dos resultados das cartas de controle, foi necessário investigar quais prováveis causas são causadoras do efeito de variabilidade no peso da coxinha.

Para tal, efetuou-se a análise das causas e efeitos por intermédio do diagrama de Ishikawa, onde foram elencadas circunstâncias capazes de gerar tal efeito nas seis categorias contempladas na análise: mão de obra, máquinas e equipamentos, método, medição, material e meio ambiente. A partir de tal análise foram propostas medidas de melhoria pela ferramenta 5W1H, onde se priorizou medidas que minimizasse a maioria das causas elencadas no diagrama de Ishikawa. Como propostas de recomendações, frisou-se: treinamentos, padronização de regulagem, aplicação de ferramenta de manutenção de máquinas, revalidação dos métodos de inspeção e amostragem e uso contínuo de gráficos de controle e mais ferramentas do CEP.

O estudo mostrou-se vantajoso quanto aos resultados prévios já apresentados nas análises realizadas pelas ferramentas do CEP, visto que a mesma saiu de um panorama em que possuía a variabilidade do processo desconhecida, a capacidade não estimada e o alvo da empresa não determinado. De posse dos dados deste estudo, a empresa A adquire um parecer do processo que atuará no ajuste dos parâmetros dos processo sua linha de produção de modo a obter controle do mesmo e poder adiante trabalhar conforme a sua capacidade, vontade e/ou como os clientes esperam. Dos resultados gerados a longo prazo, posterior a aplicação das

propostas, espera-se um processo dentro dos limites de controle e de especificação, com funcionários treinados e qualificados e maquinários operando em conformidade.

Portanto, conclui-se que o objetivo da pesquisa foi atingido, e, por meio de uma coleta de dados representativa e simples aplicação das ferramentas e princípios do CEP, detectou-se o comportamento dos dados do atual regime produtivo da linha de coxinhas de frango semi-assada de 130 gramas. Mesmo em meio de um processo fora de controle estatístico, os resultados são adequados no que se refere ao conhecimento obtido da variabilidade do processo e das possíveis causas atuantes no processo. Logo, espera-se que a Empresa A implemente as medidas propostas e reavalie o processo para posteriormente, quando estável, os limites de controle sejam referências e parâmetros para manter o processo controlado, assim como os limites de especificação.

5.1 RECOMENDAÇÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação de gráficos de controle mais complexos, outras ferramentas de otimização, bem como técnicas estatísticas mais avançadas e com propostas diferentes das usadas no atual estudo, como a ANOVA, podendo realizar a análise da variância para operadores, turnos, máquinas, entre outros grupos de amostras que se desejar comparar e analisar. Sugere-se também a expansão para as demais etapas da fabricação da coxinha, visto que esse estudo aconteceu após a saída da fritadeira, tal aplicação pode acontecer também após a modeladora e empanadeira, para acompanhamento de todo o processo de composição da coxinha.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos. **Planejamento avançado da qualidade:** sistemas de gestão, técnicas e ferramentas. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2018.

ALVARENGA, T. H. de P; BITTENCOURT, J. V. M; MATOS, E. A. da S. A de; KOVALESKI, J. L; GONÇALVES, A. **A importância da utilização do Controle Estatístico de Processo (CEP) nas indústrias de alimentos.** II CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa, PR, Brasil, 28 a 30 de novembro de 2012. Disponível em: <http://www.aprepro.org.br/conbrepro/2012/anais/gestaoqua.html>. Acesso em: 25 de out. 2020.

ANTONELLI, Stella Carrara. SANTOS, Adriana Barbosa. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 18, n. 3, p. 509-524, 2011

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa.** Cengage Learning, 2012.

Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA). **Indústria de alimentos cresce 6,7% em 2019.** 18 de Fevereiro de 2020. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA). Disponível em: <https://www.abia.org.br/releases/industria-de-alimentos-cresce-67-em2019#:~:text=S%C3%A3o%20Paulo%2C%2018%20de%20fevereiro,a%20pesquisa%20conjuntural%20da%20ABIA%20%E2%80%93>. Acesso em: 13 de nov.2020.

Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA). **Relatório Anual de 2019.** Disponível em: <https://www.abia.org.br/numeros-setor>. Acesso em: 13 de nov. 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 5425**, Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação de qualidade, 1985.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 5429**, Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis, 1985, p2.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 5430**, Guia de utilização da norma NBR 5429 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis, 1985, p.

AVILA NETO, Clovis Antunes de; STEFENON, Stéfano Frizzo; OLIVEIRA, Joaquim Rodrigo de; COELHO, Antônio Sérgio; VENÇÃO, Alexandre Tripoli; KLAAR, Anne Carolina Rodrigues. Aplicação do 5W2H para criação do manual interno de segurança do trabalho. **Revista Espacios.** Vol. 37 (Nº 20) Ano 2016. Pág. 19.

BERTOLINO, Marco Túlio. **Gerenciamento da qualidade na indústria alimentícia:** ênfase na segurança dos alimentos. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BLOG LUZ (2015). "5 Usos do Diagrama de Ishikawa que você nunca imaginou" <https://blog.luz.vc/como-fazer/5-usos-do-diagrama-de-ishikawa-que-voce-nunca-imaginou/>. Acesso em: 14 de jan. 2021.

CARPINETTI, LUIZ CESAR RIBEIRO. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2.ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2012.

CARVALHO, Carolina Côrrea de. **Otimização dinâmica da logística de distribuição de produtos alimentícios refrigerados e congelados**. Campinas, SP: [s.n.], 2013.

CESAR, Francisco I. Giocondo. **Ferramentas Básicas da Qualidade**. Francisco I. Giocondo César. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.

COSTA BRUM, TARCÍSIO. **Oportunidades da Aplicação de Ferramentas de Gestão na Avaliação de Política Públicas: o caso da Política Nacional de Resíduos Sólidos para a Construção Civil / Tarcísio Costa Brum**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora - 2013. 71f.

DALVIT, JUSSARA NUNES. **Grandes líderes sabem ouvir: como as perguntas certas elevam comunicação, performance e engajamento do seu time para alcançar os objetivos do negócio**. Gente Autoridade, 2020.

DOANE, David P.; SEWARD, Lori E. **Estatística Aplicada à Administração e Economia** [recurso eletrônico] ; tradução: Mauro Raposo de Mello, revisão técnica: Elisabeti Kira. - 4. ed. - Dados eletrônicos. - Porto Alegre: AMGH, 2014.

EDMUND, Mark. **Guru Guide, six thought leaders who changed the quality world forever**, Quality Progress, November 2010, p. 8.

ESTEVES, E. (2012) **Controlo Estatístico da Qualidade**. Departamento de Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, Faro, 54 p. [disponível online na página da unidade curricular na Tutoria Eletrónica da UALG ou em <http://w3.ualg.pt/~eesteves>, consultado em (data)].

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **As 10 principais tendências do consumidor global em 2020**. London: Euromonitor International, 2019. Disponível em: <https://go.euromonitor.com/white-paper-EC-2020-Top-10-Global-Consumer-Trends.html>. Acesso em: 06 de nov. 2020.

FELLOWS; P. J. Tecnologia do Processamento de Alimentos - 4.ed.: **Princípios e Prática**. Artmed Editora, Dec 19, 2018

FIESP/IBOPE. **O Perfil do Consumo de Alimentos no Brasil**. Brasil Food Trends 2020. Instituto de Tecnologia de Alimentos- ITAL. São Paulo, SP, p. 176, 2010. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br>. Acesso em: 05 de nov. 2020.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FROTA, HERBET. **Avançado manual para executivos - volume 1**. Editora Viseu, 2019.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo; **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica - Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS - Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social** / Antonio Carlos Gil. - 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GRIGG, Nigel. P. **Statistical process control in UK food production**. Glasgow Caledonian University, Glasgow, UK. 1998.

GUELBERT, MARCELO. **Estratégia de gestão de processos e qualidade**. Marcelo Guelbert. Curitiba, PR: IESDE Brasil, 2012.

GONÇALEZ, P. U.; WERNER, L. **Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais**. Gestão e Produção, v. 16, p. 121-132, jan./mar. 2009.

GUIMARÃES, Rui Campos; CABRAL, José A. Sarsfield. **Estatística**. 2ª Edição. Portugal: Verlag Dashöfer, 2010.

BONDUELLE, G. M. **Controle Estatístico de Qualidade-CEP**. UFPR/DETF. 2015.

HIROSE, R. *et al.* **Navigating Brazil: mapping the next decade of consumer spending**. McKinsey&Company. Consumer and Shopper Insights, Aug. 2012.

Hradesky, John L. **Total Quality Management Handbook**. McGraw-Hill Inc., EUA, 1995

IWANKIO CONSULTING, **CEP - Controle Estatístico de Processos e suas Vantagens**, 25/01/2019. Disponível em: <https://www.iwankioconsulting.com.br/cep-controle-estatistico-de-processos-e-suas-vantagens/>. Acesso em: 16 de out. 2020.

JACUBAVICIUS, Celso. **Aprendendo controle estatístico - CEP**. São Paulo: Neo Graf/Eniac, 2012.

KAZMIER, Leonardo J. **Estatística Aplicada à Administração e Economia (4ª Edição)** - Coleção Schaum. Bookman, 2007.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade: Fundamentos e práticos para cursos de graduação**. Marco Antônio Lucinda. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MAGALHÃES, Ivan Luizio; PINHEIRO, Walfrido Brito. **Gerenciamento de serviços de TI na prática: Uma abordagem com base na ITIL: inclui ISO/IEC 20.000 e IT Flex**. São Paulo: Novatec Editora, 2007.

MARTINS, Roberto Antônio. **Abordagens Quantitativa e Qualitativa**. Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MARTINS, Roberto Antônio. **Conceitos básicos de controle estatístico da qualidade**. São Carlos: EdUSFCar, 2010. 117p.

MARTINS, Sandro Luís Moresco. **Monitoring of statistical process control using statistical tools**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. SOUSA, Rui. **O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção**. Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MINITAB, LLC (2019). “**O que é uma linha central de uma carta de controle?**” Suporte ao Minitab 18. <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/what-is-a-center-line/>. Acesso em: 26 de jun. 2020.

MINITAB, LLC (2019). “**O que são limites de controle?**” Suporte ao Minitab 18. <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/what-are-control-limits/>. Acesso em: 26 de jun. 2020.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to Statistical Control**. Seventh Edition ed: John Wiley & Sons, Inc. June 2012.

MUCIDAS, J. H., **Aplicação do controle estatístico do processo no envase de leite uht em uma indústria de laticínios**. 52f. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Brasil, 2010.

NETO, FERNANDO GORNI. **Fundamentos para gestão de serviços**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2020.

NETTO, Alfredo Pieritz. **Controle estatístico do processo**. Indaial: UNIASSELVI, 2017.

OLIVEIRA, Camila Cardoso de; GRANATO, Daniel; CARUSO, Miriam Solange Fernandes; SAKUMA, Alice Momoyo. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2013.

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

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, editor. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)** Sexta edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

RAMOS, Danielle Navarro. **Proposta de Implantação do Controle Estatístico do Processo em uma linha de envase de cosméticos**. 88f. Monografia especialização. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

RAMOS, Edson Marcos Leal Soares; ALMEIDA, Silvia dos Santos de; ARAÚJO, Adrilayne dos Reis. **Controle Estatístico de Processo**. Belém, Grupo A, 2012.

REIS, Marco S - **Estatística para a melhoria de processos: a perspectiva seis sigma**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra; 2016.

RIBEIRO, José Luís Duarte; CATEN, Carla Shwengber ten. **Controle Estatístico do Processo**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012.

ROSA, Leandro Cantorski da. **Introdução ao controle estatístico de processos**. 2. ed, rev e ampl. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2015.

ROTH II, G. – **Capability Indexes: Mytery Solved**. Six Sigma Fórum Magazine, v. 4, n. 3. May, 2005.

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

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). **Técnicas de congelamento transformam panificação**. Artigo técnico do Projeto de desenvolvimento do setor de Panificação e Confeitaria com atuação na Qualidade, Produtividade e Sustentabilidade. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Artigo%20t%C3%A9cnico%2010%20%20T%C3%A9cnicas%20de%20Congelamento%20transformam%20ind%C3%BAstria%20de%20panifica%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 24 de out. 2020.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). **Ideias de negócio: como montar um serviço de alimentos congelados**. Disponível em: <http://www.feiradoempreendedorpa.com.br/site/downloads/inteligenciademercado/oportunidadenegocios/003.pdf>. Acesso em: 24 de out. 2020.

SILVA, A. P. G; BÁGGIO, M.A.; MAÓSKI. A. **O uso do controle estatístico de processos para melhorar o desempenho das empresas de saneamento**. Tema V: Institucionalização do setor. Organização e gestão dos Serviços Autônomos de Saneamento. Formulação e implantação de políticas públicas, 2005.

Simanová, L; Gejdoš, P. (2015). **The Use of Statistical Quality Control Tools to Quality Improving in the Furniture Business**. Procedia Economics and Finance, 34, p.Business Economics and Management 2015 Conference, BEM2015. Elsevier.

SOVERAL, A. S. V. **Implementação do Controlo Estatístico do Processo numa Indústria de Argamassas**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2018.

TURRIONI, J. B; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Itajubá: UNIFEI, 2012.

VIEIRA, Sônia. **Estatística para a qualidade - 2.ed**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WU, C.-W.; PEARN, W. L.; KOTZ, S. **An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance.** International Journal of Production Economics. v. 117, n. 2, p. 338-359, Feb. 2009.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2015.

ANEXO A
CODIFICAÇÃO DE AMOSTRAGEM

Tamanho do lote	Níveis especiais de inspeção				Níveis gerais de inspeção		
	S1	S2	S3	S4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 15	A	A	A	A	A	B	C
16 25	A	A	B	B	B	C	D
26 50	A	B	B	C	C	D	E
51 90	B	B	C	C	C	E	F
91 150	B	B	C	D	D	F	G
151 280	B	C	D	E	E	G	H
281 500	B	C	D	E	F	H	J
501 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 500000	D	E	G	J	M	P	Q
Acima de 500001	D	E	H	K	N	Q	R

Fonte: NBR 5429 (ABNT, 1985)

ANEXO B

PLANO DE AMOSTRAGEM PARA VARIABILIDADE DESCONHECIDA E INSPEÇÃO REGIME NORMAL

Código literal	Método da amplitude		Método do desvio-padrão	Níveis de qualidade aceitável													
	Tamanho da amostra $m \times g = n$	d_2^*	Tamanho da amostra	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
B	3 x 1 = 3	1,91	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↕	18,86	↓	↕
C	4 x 1 = 4	2,24	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	8,00	↕	↓	33,33
D	6 x 1 = 6	2,67	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5,60	↕	↕	20,30	32,01
E	5 x 2 = 10	2,40	9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3,09	↕	↕	11,64	20,22	28,52
F	5 x 3 = 15	2,36	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,84	↕	↕	6,94	12,38	18,52	27,76
G	5 x 5 = 25	2,36	18	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,58	↕	↕	4,48	8,26	11,80	18,32	24,10
H	6 x 6 = 30	2,35	25	↓	↓	↓	↓	↓	0,69	↕	↕	2,77	4,94	6,81	11,01	13,98	21,89
J	5 x 10 = 50	2,34	40	↓	↓	↓	↓	0,47	↕	↕	1,68	2,82	4,49	6,81	8,92	13,77	18,70
K	5 x 14 = 70	2,34	60	↓	↓	↓	0,24	↕	↕	0,76	1,47	2,69	4,29	5,90	8,27	11,65	17,38
L	5 x 22 = 110	2,33	95	↓	↓	0,21	↕	↕	0,57	0,54	1,59	2,80	3,77	5,31	7,30	10,72	↕
M	5 x 28 = 140	2,33	120	↓	0,13	↕	↕	0,31	0,57	0,96	1,59	2,37	3,29	4,58	6,76	↕	↕
N	5 x 35 = 175	2,33	150	0,06	↕	↕	0,22	0,33	0,59	0,98	1,50	2,08	2,90	4,32	↕	↕	↕
P	5 x 46 = 230	2,33	200	↕	↕	0,14	0,22	0,33	0,59	0,93	1,28	1,79	2,70	↕	↕	↕	↕
Q	5 x 57 = 285	2,33	250	↕	0,09	0,14	0,22	0,33	0,59	0,81	1,12	1,70	↕	↕	↕	↕	↕
R	5 x 68 = 340	2,33	300	0,05	0,09	0,14	0,22	0,33	0,51	0,68	1,04	↕	↕	↕	↕	↕	↕

↕ : Usar o primeiro plano acima da seta.

↕ : Usar o primeiro plano abaixo da seta. Se a nova amostragem requerida for igual ou maior que o número de peças constituintes do lote, inspecionar 100%.

ANEXO C

VALORES DAS CONSTANTES PARA CÁLCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

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

N = número de observações

Fonte: ISO 8258 – *Shewhart control charts*.