

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DÉBORA MORES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN SIX SIGMA* NA UNIDADE DE
MASSAS DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA DO OESTE DO
PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2018

DÉBORA MORES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN SIX SIGMA* NA UNIDADE DE
MASSAS DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA DO OESTE DO
PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Edson Hermenegildo Pereira Junior

Medianeira

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Câmpus Medianeira
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
Departamento Acadêmico de Produção e Administração
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN SIX SIGMA* NA UNIDADE DE MASSAS DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA DO OESTE DO PARANÁ

Por

DÉBORA MORES

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 15h50min do dia 29 de novembro de 2018, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação aprovado.

Prof. Me. Edson Hermenegildo Pereira Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauer
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Peterson Diego Kunh
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

*“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que
você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”
(Martin Luther King)*

AGRADECIMENTOS

Gratidão é a palavra que expressa meus sentimentos neste momento tão importante da minha vida: a realização de um sonho! O qual só foi possível com muito esforço, dedicação, apoio e amor de todos os que estiveram comigo durante esta jornada. Gratidão à Deus pela vida, pela fé e coragem, pela família, pelos amigos, por cada oportunidade aberta à mim, por trilhar meu caminho da melhor forma e me tornar na pessoa que sou hoje.

Agradeço especialmente à minha família, pela oportunidade de ter ingressado e agora concluir minha graduação. Agradeço por todo amor, carinho, compreensão e amparo dedicados a mim, sem vocês nada disso seria possível. Meu pai Ronaldo, minha mãe Terezinha, minhas irmãs Micheli e Fabiana, minhas sobrinhas Emanuelle e Helena e meu cunhado Juliano, à vocês agradeço imensamente e dedico toda a minha graduação. Aos meus tios, Valdir e Nelsi por todo zelo e apoio, assim como, a todos os familiares que estiveram comigo, meu muito obrigada, vocês foram fundamentais para a minha formação profissional e pessoal.

Ao meu namorado Rodrigo, por todo amor, compreensão, companheirismo e auxílio dados a mim todos os dias, obrigada por cada momento. Tenho a certeza de que juntos nos tornamos pessoas e profissionais melhores. Saiba que você transformou minha vida para melhor, e é parte essencial desta conquista.

Agradeço a todos os amigos e colegas, por toda ajuda, apoio, motivação e alegrias. Em especial a Taíse, por ter morado comigo durante estes 5 anos, muito obrigada por cada dia compartilhado. Gabriela, obrigada por ter aparecido na minha vida, (pessoal e profissional), por todos os dias de estudo e incentivo, que não me deixaram desistir. Levarei para sempre as duas comigo, obrigada pela amizade sincera e cheia de amor! Assim como, cada amigo(a) que esteve comigo e teve sua história e importância gravadas em mim.

Agradeço ao meu orientador Edson Hermenegildo Pereira Junior, não só por toda ajuda prestada durante a realização deste trabalho, mas também, por todos os conselhos, ensinamentos e conversas motivadoras durante a graduação. Da mesma forma, agradeço a todos os professores da UTFPR que contribuíram para o meu crescimento. Por fim, agradeço também a empresa, que abriu as portas para concretizar este estudo e aprimorar meus conhecimentos.

RESUMO

MORES, Débora. **Aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* na unidade de massas de uma indústria alimentícia do Oeste do Paraná.** 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

As indústrias de massas estão em constante aperfeiçoamento e desenvolvimento de produtos para atender as necessidades dos clientes, o que faz com que busquem melhorias dentro de seus processos produtivos, investindo em maiores níveis de qualidade e produtividade, e prezando pela redução de custos para se manterem ativas neste cenário. Portanto, características como, flexibilidade, alto desempenho e alinhamento são extremamente importantes para inovar e permanecer em um nível competitivo. Diante disso, é visto que, a mentalidade enxuta, juntamente com a filosofia Seis Sigma, as quais atuam na redução e no controle de qualidade dos processos, respectivamente, se tornam ferramentas indispensáveis ao sucesso. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo aplicar a metodologia *Lean Seis Sigma*, em uma indústria de massas do oeste do Paraná, a fim de aumentar a produtividade da mesma, para tal, foram utilizadas ferramentas da qualidade, estatísticas, experimentos e análises. Por meio das quais, pode-se mensurar a capacidade do processo e identificar os principais desperdícios, com a finalidade de adequar o processo para gerar melhores resultados, dessa forma, pode-se encontrar oportunidades de melhoria e sugestões ao processo, para controlar e monitorar a linha produtiva.

Palavras-chave: Produtividade; Capacidade; Desperdícios; Massas; DMAIC.

ABSTRACT

MORES, Débora. **Application of the Lean Six Sigma methodology in the pasta unit of a food industry in western Paraná.** 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

The mass industries are constantly improving and developing products to meet customers' needs, which makes them seek improvements in their production processes, investing in higher levels of quality and productivity, and respecting the reduction of costs to keep assets in this scenario. Therefore, features such as flexibility, high performance are extremely important for alignment to innovate and remain at a competitive level. On this, it is seen, the dry mindset, along with the Six Sigma philosophy, which act on the reduction and quality control processes, respectively, become indispensable tools for success. Thus, the objective of this work was to apply the Lean Six Sigma methodology in a pasta industry in the west of Paraná, aiming to increase the productivity of quality assurance tools, statistics, and experiments and analyzes. By means of which, one can measure the process capability and identify the main wastes, with the purpose of adjusting the process to generate better results, in this way, one can find opportunities for improvement and suggestions to the process, to control and monitor the production line.

Key words: Productivity; Capability; Waste; Pastas; DMAIC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Elementos do Sistema de Produção	14
Figura 2 – Tipologia de operações	18
Figura 3 – Fases do PDCA.....	21
Figura 4 – Fluxograma de processos	22
Figura 5 – Lista de verificação.....	22
Figura 6 – Carta de Controle	23
Figura 7 – Exemplo de um gráfico de controle	23
Figura 8 – Diagrama de dispersão	25
Figura 9 – Diagrama de causa-e-efeito	25
Figura 10 – Histograma	26
Figura 11 – Histogramas mostrando diferentes níveis de assimetria	27
Figura 12 – Histogramas suavizados: (a) simétrico unimodal; (b) bimodal; (c) inclinação positiva; (d) inclinação negativa	27
Figura 13 – Diagrama de Pareto	28
Figura 14 – O método de engenharia.....	29
Figura 15 – Processo cíclico de pesquisas	29
Figura 16 – Áreas sob a curva de distribuição normal	34
Figura 17 – Resumo da história do Seis Sigma	35
Figura 18 – Objetivo estatístico do Seis Sigma	37
Figura 19 – Tradução do nível da qualidade para a linguagem financeira	37
Figura 20 – Método DMAIC.....	38
Figura 21 – Correspondência entre o ciclo PDCA e o método DMAIC	38
Figura 22 – <i>Lean Seis Sigma</i>	46
Figura 23 – Tipos de pesquisa	48
Figura 24 – Classificação da pesquisa para o presente estudo	52
Figura 25 – Fluxograma do processo de produção de macarrão instantâneo	54
Figura 26 – SIPOC	56
Figura 27 – <i>Voice of Customer</i> – VOC	56
Figura 28 – <i>Voice of process</i> – VOP	57
Figura 29 – Teste de normalidade - A.....	59
Figura 30 – Histograma A.....	60
Figura 31 - Carta de controle do processo atual – A.....	61
Figura 32 – Capacidade atual do processo - A.....	62
Figura 33 – Ishikawa da linha de massas instantâneas	63
Figura 34 – Gráfico de Pareto	64
Figura 35 – Teste de Normalidade	66
Figura 36 – Histograma B.....	67
Figura 37 – Gráfico de controle – B.....	67
Figura 38 – Capacidade do processo – B	68
Figura 39 – Teste de normalidade C	70
Figura 40 – Histograma C	70
Figura 41 – Gráfico de controle – C	71
Figura 42 – Capacidade C.....	71
Figura 43 – Processo de formação de fios da massa instantânea	72
Figura 44 – Divisórias do processo de formação dos fios	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação Cruzada de Schroeder: exemplos	17
Quadro 2 – Diferenças básicas entre os sistemas <i>jobshop</i> e <i>flowshop</i>	18
Quadro 3 – Conceitos básicos da estatística	30
Quadro 4 – Pontos-chave para aplicação da metodologia Seis Sigma.....	36
Quadro 5 – Níveis Sigma	36
Quadro 6 – Princípios básicos do <i>Lean Thinking</i>	44
Quadro 7 – Os sete desperdícios.....	45
Quadro 8– Parâmetros observados para a amostragem	58
Quadro 9 – Roteiro do experimento	65
Quadro 10 - Dados iniciais do experimento.....	65
Quadro 11 – Dados iniciais do experimento.....	69
Quadro 12 – Dados após mudanças.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Amostragem A - atual situação de peso dos produtos	59
Tabela 2 – Demonstrativo de perdas	63
Tabela 3 – Amostras B - após primeira modificação de parâmetros	66
Tabela 4 - Amostras C - após segunda modificação de parâmetros	69

LISTA DE SIGLAS

6 σ /SS	Seis Sigma
CEP	Controle estatístico de processo
DMAIC	<i>Define, measure, analyze, improve, control</i>
JIT	<i>Just in time</i>
LM	Lean Manufacturing
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
PCP	Planejamento e controle da produção
PDCA	<i>Plan, do, check, act</i>
SP	Sistema de Produção
STP	Sistema Toyota de Produção
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VOC	<i>Voice of customer</i>
VOP	<i>Voice of process</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO	14
3.1.1 Classificação dos Sistemas de Produção.....	15
3.2 GESTÃO DA QUALIDADE	19
3.2.1 As Sete Ferramentas da Qualidade.....	21
3.2.2 Estatística Como Método de Controle de Qualidade	28
3.2.3 Controle estatístico de processo (CEP).....	31
3.3 SEIS SIGMA	34
3.3.1 DMAIC	37
3.3.2 Equipe Seis Sigma 41	
3.4 LEAN MANUFACTURING	43
4 MATERIAL E MÉTODOS	47
4.1 CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	47
4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	47
4.3 MÉTODO DE PESQUISA.....	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	54
5.2 METODOLOGIA DMAIC.....	55
5.2.1 <i>Define</i>	55
5.2.2 <i>Measure</i>	57
5.2.3 <i>Analyze</i>	63
5.2.4 <i>Improve</i>	68
5.2.5 <i>Control</i>	73
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

As massas fazem parte da alimentação básica da população, sendo um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo. Motivo este, que faz o mercado de massas possuir um grande crescimento e ainda estar em ascensão. Nos últimos cinco anos, este setor apresentou um crescimento de 26% em vendas e um aumento de 0,76% em produção, sendo o Brasil um dos países de maior consumo e produção a nível mundial (INVESTIMENTOS E NOTÍCIAS, 2018).

A ABIMAP (Associação Brasileira das Indústrias Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos industrializados), divulgou em março de 2018, dados do setor referentes à 2017, e mostra que o faturamento do mercado ficou estabilizado (cerca de R\$ 39,252 bilhões), no entanto, apresentou uma queda de 2,87% em volume de produção em relação a 2016. Porém, mesmo com queda, as massas secas foram as mais consumidas, gerando R\$ 5,443 bilhões e 989,347 mil toneladas em volume, seguidas das massas instantâneas que alcançaram R\$ 2,716 bilhões e 180,488 mil toneladas, e por último, as massas frescas, R\$ 593 milhões e 39,139 mil toneladas.

Em razão destes dados, as indústrias de massas estão em constante aperfeiçoamento e desenvolvimento de produtos para atender as necessidades e desejos de um cliente cada vez mais exigente. Dessa forma, faz com que as mesmas, busquem melhorias dentro de seus processos produtivos, investindo em maiores níveis de qualidade e produtividade, com a intenção de conquistar mais nichos de mercado, prezando sempre pela redução de custos para se manterem ativas neste cenário (MARION FILHO; DALLA CORTE, 2011; FISTER, 2014).

Do mesmo modo, características como, flexibilidade e desempenho são extremamente importantes para inovar e permanecer em um nível competitivo no universo globalizado. Entretanto, algumas empresas possuem dificuldades em alinhar tais ideais, o que acarreta em perdas significativas. Portanto, conforme Davis, Aquilano e Chase (2001), o alinhamento entre todas as áreas das organizações pode promover maior eficiência e qualidade de seus processos e produtos.

Contudo, grande parte das empresas são formadas inicialmente por familiares, sem muito conhecimento técnico gerencial. Normalmente os administradores destas, realizam planejamentos a curto prazo e visam a obtenção de lucros, no entanto, pecam na obtenção de melhoria de processos. Empresas com formação familiar

possuem uma forte cultura e método de trabalho, seja no chão de fábrica, até altos cargos administrativos, o que dificulta a implantação de mudanças (TEIXEIRA, 2008).

Um dos grandes problemas destas empresas se dá pela falta de controle de seus processos, os quais, podem gerar grandes desperdícios, e conseqüentemente, prejuízos se não estiverem bem estruturados. Além da dificuldade de aceitação de que tal fato acarreta em problemas. Ou ainda, ter um controle implantado, porém, não efetivo, e assim apresentar resultados errôneos e duvidosos (SOUSA; MARCHIZELLI; TAROCO, 2012).

É visto que para obter a eficácia desejada, as empresas devem prestar mais atenção em seus processos produtivos, a fim de identificar e eliminar ao máximo os desperdícios gerados. Todavia, a ausência do total conhecimento sobre os processos de fabricação, resulta em perdas significativas para as mesmas. Sendo assim, métodos gerenciais, aplicação de ferramentas de controle e implantação de uma mentalidade de produção enxuta, podem transformar a organização, em todos os níveis hierárquicos (WERKEMA 2012; BACK 2011).

Investir em conhecimento, qualidade e redução de desperdícios, demonstra a preocupação em satisfazer seus clientes, internos e externos, pois, ao inovar e implantar mudanças faz com que gere melhorias a todos os interessados. Além de também, se tornarem mais competitivas, agregando valor a seus produtos e facilitando sua estabilidade e crescimento no mercado.

A empresa deste estudo possui uma administração familiar, contudo, está passando por transformações administrativas, e tem o objetivo de expandir cada vez mais. Nesse caso, a implantação de uma mentalidade *Lean*, aliada às ferramentas do Seis Sigma, podem contribuir significativamente para alavancar o seu crescimento, auxiliando no planejamento a longo prazo.

Desta forma, este trabalho possui o intuito de melhorar a produtividade da unidade de massas de uma indústria alimentícia do oeste do Paraná, com a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma*. De forma a conhecer e monitorar seus processos, identificar as principais causas de desperdícios, assim como, analisar a capacidade da linha de produção, e por fim, sugerir possíveis mudanças que possam gerar melhorias no processo estudado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Melhorar a produtividade da unidade de massas de uma indústria alimentícia do Oeste do Paraná, com a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar o processo produtivo da unidade de massas da indústria.
- b) Aplicar a metodologia DMAIC.
- c) Calcular a capacidade do processo.
- d) Identificar e classificar os desperdícios presentes na linha a ser analisada.
- e) Sugerir mudanças para adequar o processo estudado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura pertinente aos temas abordados para o presente estudo, a fim de associar sistemas de produção, gestão da qualidade e ferramentas das metodologias Seis Sigma e *Lean Manufacturing*.

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Sistema produtivo é denominado um sistema quando ocorre uma transformação, através de processos de entradas (insumos) em saídas (produtos), os quais geram valor ao cliente. Fernandes e Godinho Filho (2010), acrescentam que um sistema de produção (SP), pode agregar vários elementos, sejam eles, humanos, físicos ou procedimentos gerenciais, que em conjunto são traçados com a finalidade de superar os custos de obtenção do produto final. O sistema produtivo deve ter planos e ações dentro de prazos estipulados previamente, para garantir os resultados esperados (TUBINO, 2009).

Moreira (2011), define um SP como atividades e operações interligadas comprometidas com a produção de bens ou serviços. Dessa forma, elementos específicos tornam-se fundamentais para o propósito final. Tais elementos são, os insumos, o processo de conversão, os produtos ou serviços e o subsistema de controle, (Figura 1):

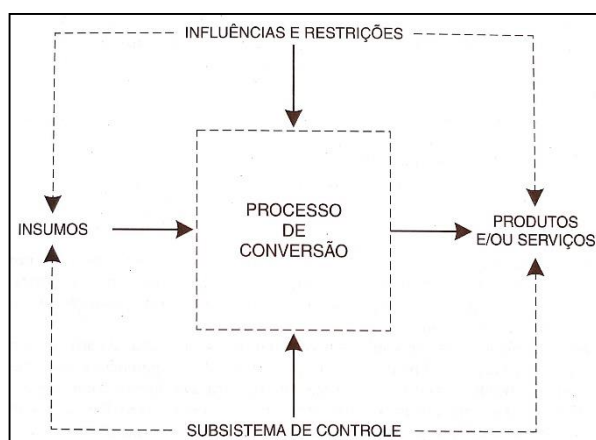


Figura 1 – Elementos do Sistema de Produção
 Fonte: Moreira (2011, p. 8).

Deste modo, Moreira (2011), ainda esclarece cada elemento:

Insumos: recursos a serem transformados em produtos ou serviços (matéria-prima) e os recursos que movem o sistema (mão-de-obra, equipamentos, etc.).

Processo de conversão: transforma a matéria-prima no âmbito dos produtos, e utiliza o *know-how* como tecnologia para criar os serviços.

Sistema de controle: acompanha e monitora os demais elementos do sistema, para que todas as atividades sejam cumpridas dentro dos prazos, com qualidade e eficácia.

Influências e restrições: no SP ocorrem influências externas (fatores econômicos, políticas governamentais, tecnologia, etc.) e internas (finanças, marketing, recursos humanos, etc.), que afetam diretamente o seu desempenho.

Martins e Laugeni (2005), conceituam que todo sistema de produção possui três elementos básicos: as entradas, saídas e funções de transformação. No entanto, acrescentam que é necessário medir sua eficácia, eficiência, desempenho e conseqüentemente, a produtividade.

Fernandes e Godinho Filho (2010), afirmam também que um sistema de produção só é eficaz se os objetivos são atingidos, enquanto que, se os recursos forem utilizados sem desperdícios, ele é eficiente. Quando o SP é eficaz e eficiente ao mesmo tempo, este se torna um sistema efetivo. De forma análoga, Tubino (2009), acrescenta que, quanto mais sincronizadas estejam as operações estratégicas e táticas, mais eficiente será o sistema produtivo.

3.1.1 Classificação dos Sistemas de Produção

Segundo Sipper e Bulfin (1997, *apud* Fernandes e Godinho Filho, 2010, p. 1), os sistemas de produção atuais são orientados para o mercado, no entanto, estes passaram por grandes transformações até serem classificados como atualmente. Como forma de exemplificar tais transições, pode-se citar o sistema de produção antigo, o sistema feudal, o sistema europeu e por fim, o sistema americano.

Com o advento das transformações, para que o SP se torne um sistema efetivo, é necessário gerenciá-lo, uma vez que, produtos e serviços vem se tornando mais complexos e com uma demanda cada vez maior. Tubino (2009), ressalta que com o intento de promover maior facilidade de entendimento das particularidades, a

classificação dos sistemas produtivos torna-se de suma importância, uma vez que, a tendência mundial é oferecer bens e serviços juntamente. Dessa forma, o autor diferencia a classificação e os relaciona com o PCP (planejamento e controle da produção). Por outro lado, Moreira (2011), classifica os SP em função do fluxo do produto. Apesar de classificarem os SP de maneiras distintas, compartilham semelhanças, as quais são descritas nos itens a), b) e c):

Sistemas de produção contínuos (fluxo de linha) e em massa:

Os sistemas contínuos ou em fluxo de linha são utilizados quando há alta uniformidade na produção e fluem de um posto de trabalho a outro em uma sequência prevista, fazendo com que a automatização e a inflexibilidade no processo sejam altas. Se incluem nesta classificação as indústrias de produtos químicos, energia elétrica, ou seja, produção de bens de base. Os sistemas em massa (subgrupo do SP contínuo), também são empregados para grande escala, porém, sem automatização em processos contínuos, necessitando de mão-de-obra para a fabricação do produto, como por exemplo, geladeiras e fogões (TUBINO 2009; MOREIRA 2011);

Sistemas de produção por lotes ou por encomenda (fluxo intermitente):

Para os SP por lotes ou por encomendas, seu uso é empregado quando há grande flexibilidade e volume de produção de baixo a médio, devido a necessidade de atender diferentes pedidos de clientes e flutuações da demanda, sem uso de equipamentos muito especializados e com postos de trabalho geralmente identificados como departamentos. Neste sistema, estão empresas que fornecem componentes para as montadoras, como, cadeia automobilística e de eletrodomésticos (TUBINO 2009; MOREIRA 2011);

Sistemas de produção para grandes projetos

Por fim, os SP para grandes projetos, tem como base que cada projeto é único, não havendo fluxo de produto, somente uma sequência lógica de tarefas ao longo do projeto. Geralmente, possuem alto custo, tempo elevado, e dificuldades no gerenciamento. Como exemplo, navios e aviões (MOREIRA 2011).

Moreira (2011), ainda cita a Classificação Cruzada de Schroeder, que tem por objetivo mostrar que o sistema pode e deve se adaptar a casos especiais, mesmo que com características para outro determinado sistema. Esta classificação cruzada segue dois tipos de sistemas:

a) Sistemas orientados para estoque;

Oferecem serviço rápido e de baixo custo, porém, com menor flexibilidade de escolha, uma vez que, os clientes não são facilmente identificados. Em suma, atendem “por tipo de fluxo de produto”, onde os pedidos atuais serão atendidos pelo estoque e a produção atual irá atender à demanda futura.

b) Sistemas orientados para encomenda.

Oferecem serviços ligados a clientes específicos, com determinação de preço e prazo de entrega dos mesmos. Ou seja, atendem “por tipo de atendimento ao consumidor”.

No Quadro 1 pode-se verificar que a Classificação Cruzada de Schroeder pode atender os dois sistemas descritos anteriormente.

	Orientação para estoque	Orientação para encomenda
Fluxo em linha	Refinaria de petróleo Indústrias químicas de grandes volumes Fábrica de papel	Veículos especiais Companhia telefônica Eletricidade Gás
Fluxo intermitente	Móveis Metalúrgicas Restaurante <i>fast food</i>	Móveis sob medida Peças especiais Restaurante
Projeto	Arte para exposição Casas pré-fabricadas Fotografia artística	Edifícios Navios Aviões

Quadro 1 – Classificação Cruzada de Schroeder: exemplos
Fonte: Moreira (2011, p. 12).

Da mesma forma Fernandes e Godinho Filho (2010), classificam os sistemas nas três grandes classes citadas por Moreira (2011), porém, acrescentam que os sistemas intermitentes são subdivididos em duas categorias, sendo elas:

- a) *Flowshop*: produtos feitos em determinada linha possuem a mesma sequência de operações feitas em diversas máquinas;
- b) *Jobshop*: produtos que quando produzidos em um determinado setor não possuem o mesmo plano de produção.

Putnam (1983), conforme citado por Fernandes e Godinho Filho, (2010, p. 2) resume as diferenças entre os sistemas *jobshop* e *flowshop*, representadas pelo Quadro 2.

<i>JOBSHOP</i>	<i>FLOWSHOP</i>
Opera em lotes.	Opera em um fluxo de materiais e peças.
Varia a produção variando o tamanho dos lotes ou a frequência dos lotes.	Varia a produção alterando a taxa de produção.
Tende a ter custos maiores de <i>set-up</i> .	Tende a ter custos menores de <i>set-up</i> .
Materiais são trazidos para os departamentos ou centros de trabalho onde cada operação é realizada. Filas nos centros de trabalho são maiores.	As operações de tipos diferentes são sequenciadas de modo que o fluxo seja mantido. Filas são pequenas e variações têm que ser acompanhadas.
Utilização de equipamentos de uso geral.	Utilização de equipamentos de uso especializado (dedicado).

Quadro 2 – Diferenças básicas entre os sistemas *jobshop* e *flowshop*
Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2010, p. 3).

Em contrapartida, Slack *et al.* (2009), definem o SP na sua forma básica de transformação de *inputs* em *outputs* com a mesma similaridade dos autores já citados, porém, classifica diferentemente, em quatro sistemas:

- Volume de *output*;
- Variedade de *output*;
- Variação da demanda do *output*;
- Grau de visibilidade dos consumidores em relação a produção de *output*.

As quatro dimensões implicam em custos para a elaboração de produtos e serviços. Contudo, as organizações sempre tentam satisfazer as necessidades de seus clientes e para isso, utilizam diversos processos, internos e externos à produção. (SLACK ET AL., 2009). Na Figura 2 é possível identificar as implicações destas classificações quanto à tipologia das operações, conforme seu nível, seja baixo ou alto.

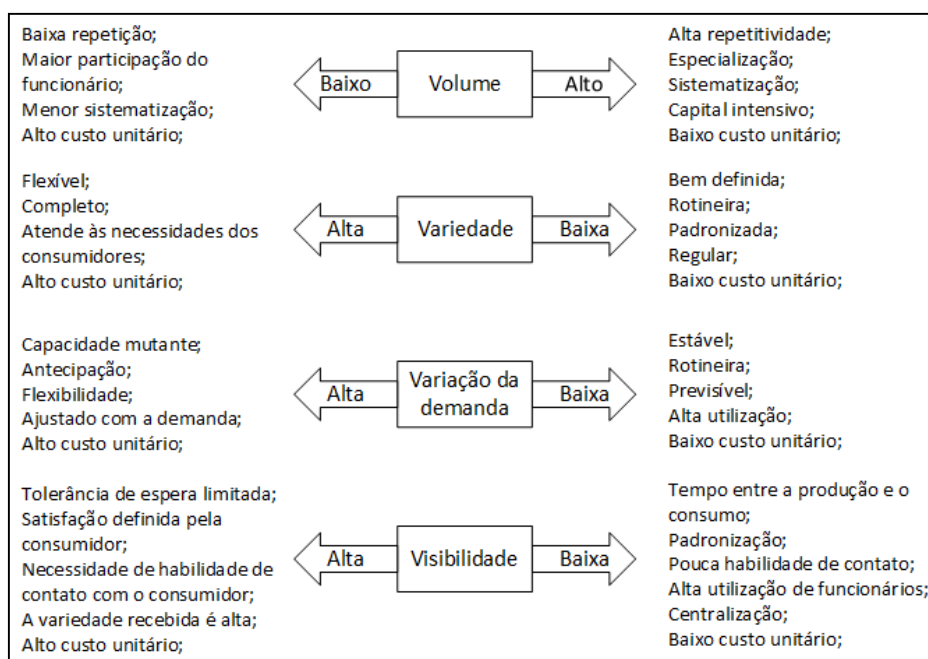


Figura 2 – Tipologia de operações
Fonte: Adaptado de Slack *et al.* (2009, p. 20).

Davis, Aquilano e Chase (2001), explanam que a avaliação dos sistemas produtivos é de extrema importância para atingir o sucesso, pois, dessa forma, é possível verificar resultados de metas e padrões. E para tal, é necessário utilizar indicadores de desempenho adequados a cada organização. Os autores trazem alguns indicadores, como, produtividade, qualidade, flexibilidade, *benchmarking*, capacidade, velocidade de entrega e de processo, os quais devem ser medidos e analisados, a fim de obter maior grau de eficiência, utilização, desempenho, performance e vantagem competitiva, ou seja, melhores resultados.

3.2 GESTÃO DA QUALIDADE

Por meio do histórico sobre a evolução da gestão da qualidade, pode-se perceber que a mesma passou por diversas mudanças durante os anos. Iniciada ainda no período artesanal, onde enfatizava aspectos de necessidade dos clientes e participação do trabalhador, passando pelo período de Revolução Industrial e o modelo de administração de Taylor, os quais adotaram sistemas de padronização e inspeção final (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Contudo, o conceito de controle de qualidade, sofreu um grande avanço em 1924, com Walter A. Shewhart, o qual criou os gráficos de controle na empresa Bell Labs (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). A partir da década de 1930, com o desenvolvimento de sistemas de medidas, ferramentas de controle estatístico de processo e normas específicas, o controle de qualidade evoluiu ainda mais. Com a Segunda Guerra Mundial, tal conceito se difundiu e se consolidou, trazendo grandes teóricos que influenciaram na criação da gestão da qualidade, como por exemplo, Joseph Juran, Philip Crosby e W. Edwards Deming (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Portanto, a partir da segunda metade do século XX, deixou-se de praticar a gestão da qualidade somente como inspeção e controle final, trazendo-a para o alinhamento organizacional, uma vez que o produto final depende de diversos outros fatores durante seu processo. O que fez com que a qualidade obtivesse uma nova função ao longo da cadeia produtiva (CARPINETTI; MIGUEL; GEROLAMO, 2011).

Pode-se encontrar várias definições de qualidade, de acordo Carvalho e Paladini (2012, p. 12), que citam os gurus da qualidade. Um deles, W. E. Deming,

afirma que a “Qualidade é a satisfação das necessidades do cliente em primeiro lugar.” Enquanto A. Feigenbaun, define como:

Qualidade é a composição total das características de marketing, projeto e manutenção dos bens e serviços, através dos quais os produtos atenderão às expectativas do cliente (CARVALHO; PALADINI, 2012, p.14).

De acordo com Moreira (2011), desde o início empresarial até os dias atuais, a concorrência é a grande motivadora para prosperar, desse modo, várias filosofias e técnicas surgiram, como, TQM (*Total Quality Management*), conhecida também como Controle da Qualidade Total e *Just in Time*. Portanto, no final do século XX e início do século XXI, grandes mudanças se tornaram importantes para as organizações: a empresa precisa ser flexível à mudança, deve atender as necessidades do cliente, deve desenvolver a velocidade e confiabilidade de entrega e deve preocupar-se continuamente com a qualidade.

Montgomery (2013), assim como Davis, Aquilano e Chase (2001), também afirmam que para serem ofensivas e competitivas, as empresas devem focar nas oito dimensões da qualidade: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, serviço, estética e qualidade percebida. Desse modo, é notório que o planejamento da produção se torna fundamental para alcançar o sucesso, que aliado ao controle de qualidade, torna possível realizar análises gerais de desenvolvimento, fazendo com que as empresas atinjam seus objetivos e maior lucratividade (LOBO, 2010).

Segundo Carpinetti, Miguel e Gerolamo (2011), a evolução da gestão da qualidade no âmbito empresarial se tornou fundamental a partir de Deming, que deu origem ao TQM e PDCA (*plan, do, check, act*). Este último, é um ciclo de melhoria contínua, composto por quatro fases: planejar, executar, avaliar e agir. Lobo (2010), acrescenta que o PDCA tem o propósito de garantir o correto desenvolvimento de determinado processo ou atividade, por meio da identificação, organização e solução de problemas. Na Figura 3, vê-se o método cíclico, que se seguido corretamente auxilia a organização a alcançar seus objetivos.

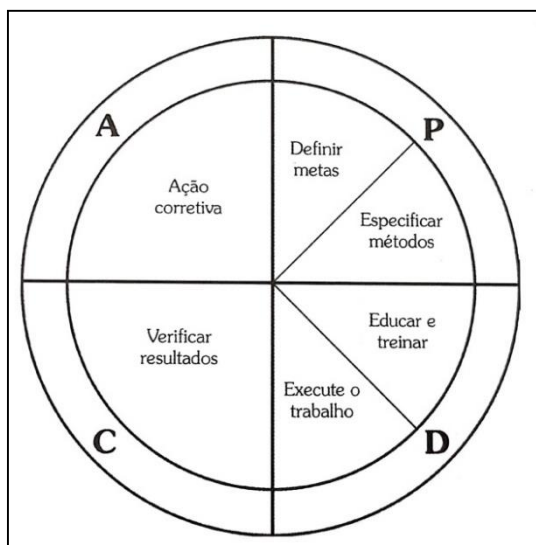


Figura 3 – Fases do PDCA
Fonte: Lobo (2010, p. 39).

Montgomery (2013, p. 3), ainda descreve que a “qualidade é inversamente proporcional à variabilidade”, portanto, se a variabilidade no processo decresce, a qualidade do produto pode aumentar quando suas características importantes são preservadas. Características essas, que compõem o que o cliente espera, tanto interno, quanto externo. Dessa forma, ferramentas e métodos estatísticos de controle e melhoria da qualidade podem ser aplicados.

3.2.1 As Sete Ferramentas da Qualidade

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), Lobo (2010), Carvalho e Paladini (2012), entre outros, há sete ferramentas básicas que auxiliam as organizações para analisar seus processos e produtos, estas são: fluxograma de processos, cartas de controle, listas de verificação, diagramas de dispersão, diagramas de causa-e-efeito, diagramas de Pareto e histogramas.

a) Fluxograma de processos

São utilizados para apresentar cada etapa do processo produtivo de determinado produto. Enquanto em serviços, são conhecidos como mapeamento de processos. Dessa forma, em ambos os processos, o fluxograma permite que todos os passos sejam visualizados, de maneira global. Geralmente, são apresentados com símbolos

tradicionais, como, quadrados, retângulos, triângulos e afins, representando as operações, esperas, pontos de decisão, início e fim (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

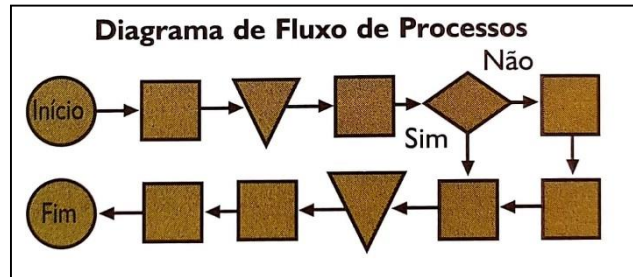


Figura 4 – Fluxograma de processos
 Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 160).

b) Listas de verificação

Listas ou folhas de verificação, são utilizadas para registros, pois, revelam os problemas e erros que ocorrem durante os processos. Os dados a serem coletados, devem ser de fácil entendimento, concisos e práticos, a fim de minimizar os erros de anotação, independente de uso com pessoas diferentes. Sempre deve-se estabelecer o que será estudado e analisado, registrar data e horário, com dados suficientes para posterior verificação (LOBO 2010).

Lista de Verificação	
Problema	Ocorrência
A	
B	
C	
D	

Figura 5 – Lista de verificação
 Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 160).

c) Cartas de controle

Exibem dados em função do tempo, ou seja, plotam a média das medidas de amostras do processo em função do tempo. A carta de controle é uma das principais técnicas de controle estatístico de processo (CEP), sendo voltada para a estatística, pois, apresenta a média e a variabilidade do processo dentro de um limite.

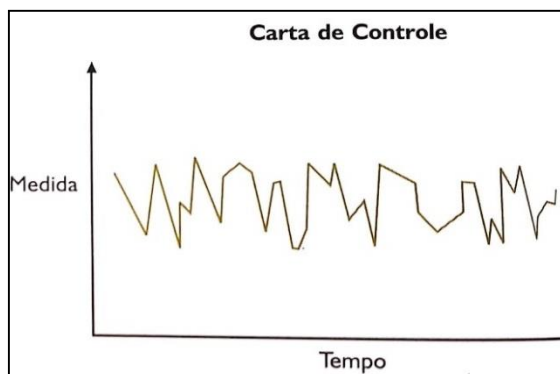


Figura 6 – Carta de Controle
Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 160).

Carvalho e Paladini, (2012), afirmam que o gráfico de controle é uma ferramenta que auxilia na detecção de causas especiais nos processos analisados em questão. Slack et al. (2009), contribui que os gráficos de controle buscam tendências, a fim de identificar o que acontece durante o processo, seja para aperfeiçoar ou investigar o que vem gerando problemas.

Davis, Aquilano e Chase (2001), juntamente com Carvalho e Paladini (2012), explicam que os gráficos de controle utilizam o teorema do limite central (geralmente de desempenhos anteriores) e, são estipulados os limites de controle. Estes, são definidos em três desvios-padrão, pois representam 99,97% da área, tanto acima quanto abaixo da média. Consistem na plotagem de três linhas e os pontos que representam as médias amostrais. As linhas formam dois limites de controle, um superior (LSC) e um inferior (LIC), e a outra linha, (do meio), é o alvo da característica.

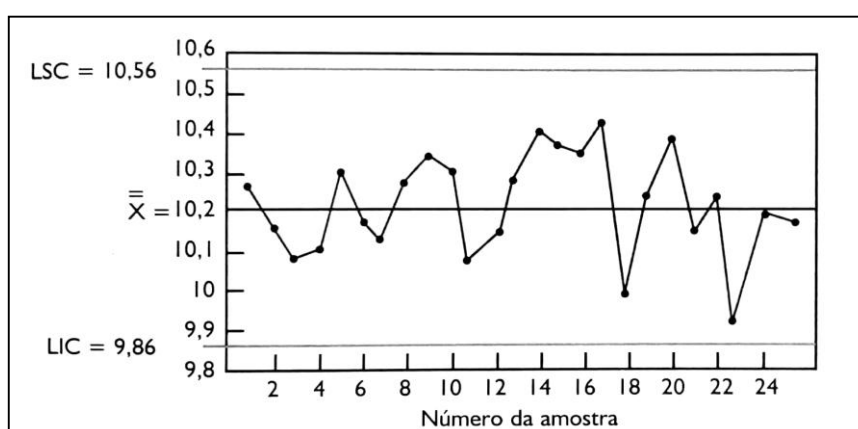


Figura 7 – Exemplo de um gráfico de controle
Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 199).

A linha central é dada pela média histórica do processo, seja por uma determinada amostra ou população. Anderson, Sweeney e Williams (2011), as apresentam nas Equações 1 e 2:

$$\begin{aligned} \text{Média da amostra:} & & (1) \\ \bar{x} &= \frac{\sum x_i}{n} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Média da população:} & & (2) \\ \mu &= \frac{\sum x_i}{N} \end{aligned}$$

Onde:

\bar{x} =média da amostra;

μ =média da população;

$\sum x_i$ = somatório dos valores das observações;

n =total de observações da amostra;

N =total de observações da população.

Além da média, é necessário o desvio-padrão do processo, também apresentadas por Anderson, Sweeney e Williams (2011):

$$\text{Desvio padrão da amostra: } S = \sqrt{S^2}$$

$$\text{Desvio padrão da população: } \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

O qual necessita da variância para ser obtido, sendo descrita pelas Equações 3 e 4, conforme seus dados de amostra ou população.

$$\begin{aligned} \text{Variância da amostra:} & & (3) \\ S^2 &= \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variância da população:} & & (4) \\ \sigma^2 &= \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N} \end{aligned}$$

Onde:

S^2 =variância da amostra

σ^2 = variância da população;

$(x_i - \bar{x})^2$ =desvio em torno da média da amostra;

$(x_i - \mu)^2$ =desvio em torno da média da população;

Portanto, tem-se os limites superior e inferior do gráfico de controle:

$$\text{LSC} = \bar{x} + 3S \quad (5)$$

$$\text{LIC} = \bar{x} - 3S$$

d) Diagramas de dispersão

Estes determinam se há relação ou não entre duas variáveis ou características

de um produto, ou seja, se há relação entre causa e efeito (LOBO, 2010).

Um **diagrama de dispersão** é uma apresentação gráfica da relação existente entre duas variáveis, e uma **linha de tendência** é uma linha que fornece uma aproximação da relação. (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2011, p. 46).

Conforme Carpinetti (2012), as variáveis podem apresentar alguns padrões como, relação positiva (o aumento de uma variável leva ao conseqüente aumento da outra), negativa (o aumento de uma variável leva à conseqüente diminuição da outra) e inexistente (a variação de uma não interfere na variação da outra variável), como pode ser observado na Figura 8.

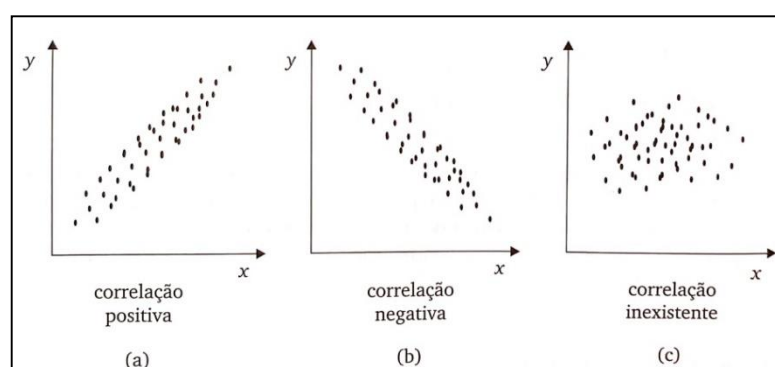


Figura 8 – Diagrama de dispersão
Fonte: Carpinetti (2012, p. 90).

e) Diagramas de causa e efeito

Conforme Davis, Aquilano e Chase (2001), os diagramas de causa e efeito, também conhecidos como diagramas espinha de peixe, buscam identificar todas as causas ou potenciais causas para que determinada falha ou erro ocorra repetidamente. Lobo (2010), acrescenta que as principais causas devem ser agrupadas em seis grandes grupos, as quais podem ser preenchidas de acordo com as listas de verificação, 5W2H e *brainstorming* com pessoas envolvidas. As causas podem ser primárias, secundárias e terciárias.

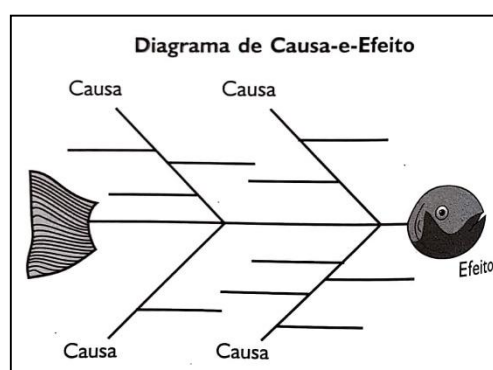


Figura 9 – Diagrama de causa-e-efeito
Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 160).

f) Histogramas e gráfico de barras

Toda a variação de dados identificada, pode ser representada em forma visual, pelo histograma ou gráfico de barras. Utilizados para dados contínuos, ou seja, dados que podem ser medidos, e para dados nominais, que podem ser contados, respectivamente (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

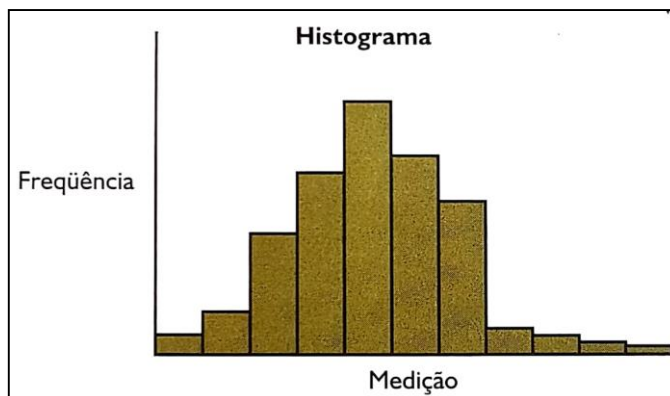


Figura 10 – Histograma
Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 160).

Dados quantitativos podem ser apresentados na forma de histogramas, utilizando dados que já tenham sido sintetizados em uma distribuição de frequência, frequência relativa ou frequência percentual. O histograma é amplamente utilizado para fornecer informações sobre a forma, ou formato de uma distribuição. (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2011).

Para montagem do histograma deve-se primeiramente, observar o tipo de variável que se tem. Uma variável pode ser definida como uma grandeza presente no produto, a qual pode assumir valores (MOREIRA, 2011).

Uma variável numérica é **discreta** se o seu conjunto de valores possíveis for finito ou puder ser relacionado em uma sequência infinita [...]. Uma variável numérica é **contínua** se os seus valores possíveis consistirem em um intervalo completo na reta real (DEVORE, 2014, p. 13).

Do mesmo modo, Barbeta, Reis e Bornia (2004), complementam que a análise de variáveis discretas deve levar em consideração a faixa em que os valores ocorrem com maior frequência, os valores discrepantes e a forma de distribuição, a fim de compará-la com outros modelos. Enquanto, as variáveis contínuas devem ser norteadas pelas distribuições de frequência. A Figura 11 representa dados em uma distribuição de frequência relativa e representa as principais formas de distribuição no histograma.

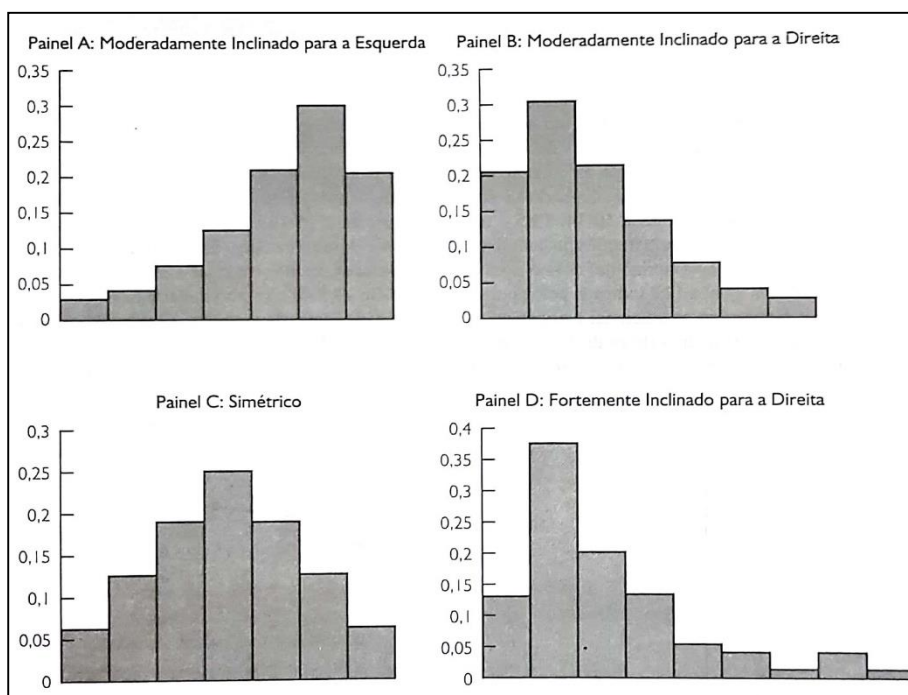


Figura 11 – Histogramas mostrando diferentes níveis de assimetria
Fonte: Anderson; Sweeney; Williams (2011, p. 33).

Devore (2014), explana que um histograma suavizado, também chamado de densidade estimada, é obtido pela sobreposição de uma curva ajustada sobre os retângulos do histograma, podendo ter diversos formatos. Sendo, unimodal quando possui um auge para um único pico e um declive posterior. Um histograma bimodal é aquele que possui dois picos distintos. E o histograma multimodal é o que apresenta mais de dois picos, conforme pode ser observado na Figura 12.

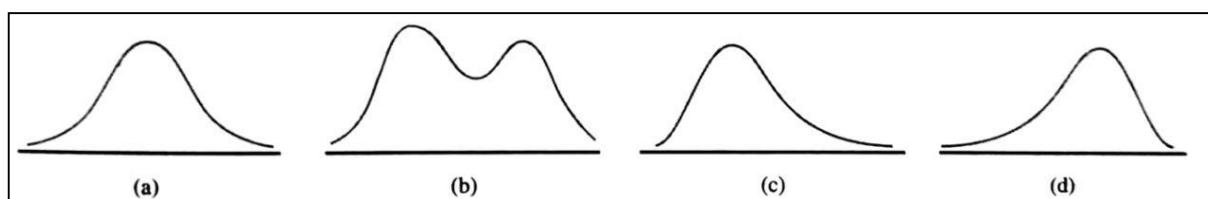


Figura 12 – Histogramas suavizados: (a) simétrico unimodal; (b) bimodal; (c) inclinação positiva; (d) inclinação negativa
Fonte: Devore (2014, p. 19).

g) Diagramas de Pareto

Davis, Aquilano e Chase (2001), explicam que os diagramas de Pareto, são nada mais do que gráficos de barras especializados, com frequência de ocorrência organizada em ordem decrescente e com uma linha de percentual acumulado. Deste modo, é possível priorizar as atividades e focar a atenção onde seja necessário, uma vez que dispõe a informação em ordem de importância.

Carpinetti (2012), acrescenta que o princípio deste diagrama é baseado no fato

de que, são poucos os problemas e causas ligados ao fator qualidade, porém, são fundamentais. Então, ao solucionar estes, vários outros podem sofrer redução igualmente.

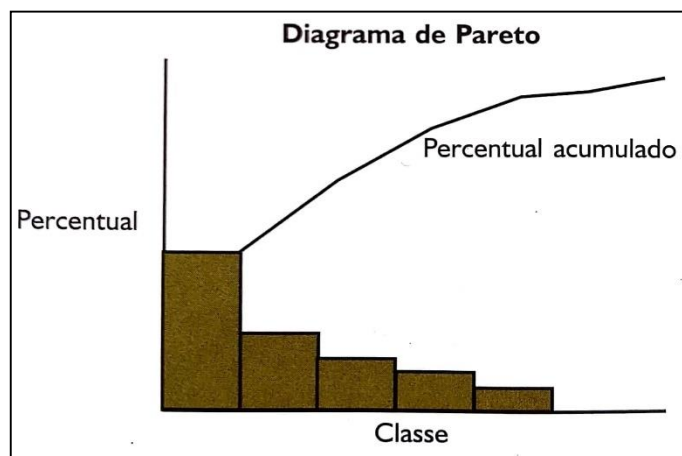


Figura 13 – Diagrama de Pareto
Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 160).

3.2.2 Estatística Como Método de Controle de Qualidade

Estatística é a ciência que auxilia na tomada de decisões quando existem variações, de modo a refinar um produto ou processo, assim como, atuar na resolução e planejamento destes, com a finalidade de atender às expectativas e necessidades dos consumidores. Por ser a ciência dos dados, a estatística trabalha com a coleta, análise e apresentação, de modo a facilitar o entendimento da variabilidade, a qual, pode ser descrita como observações de um sistema que oscilam, ou seja, não produzem resultados iguais. (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Barbetta, Reis e Bornia (2004), apresentam que a estatística passou a ser utilizada na indústria logo após a Revolução Industrial para garantir a qualidade dos produtos, avaliando amostras dos mesmos para controlar o processo. Quando esta avaliação passou a ser realizada ao longo de todo o sistema produtivo, chegou-se a um aumento de qualidade e redução de custos no produto final, o que proporciona às empresas melhores oportunidades competitivas no mercado.

Diante do moderno ambiente corporativo global, toda e qualquer pessoa pode ter acesso a incontáveis informações estatísticas, porém, tornam-se essenciais

àqueles que são capazes de interpretá-las e empregá-las de maneira eficaz. A estatística pode ser utilizada em diversos campos, como, contabilidade, finanças, marketing, produção, economia, entre outros. (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2011).

De acordo com Montgomery e Runger (2012), o método de engenharia associado ao estudo estatístico deve seguir as etapas demonstradas na Figura 14. Sendo que, etapas envolvidas por um quadrado tracejado, devem ser muito bem planejadas, a fim de identificar, coletar, analisar os dados e ainda relacioná-los ao modelo a ser estudado, podendo realizar vários ciclos até encontrar a solução final, pois, são fatores críticos ao sucesso do projeto.

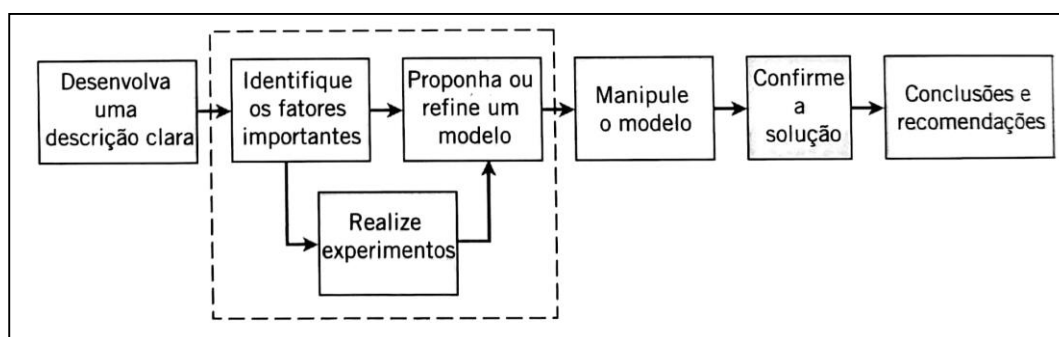


Figura 14 – O método de engenharia

Fonte: Montgomery e Runger (2012, p. 2).

Por outro lado, Barbetta, Reis e Bornia (2004), afirmam que resoluções de problemas geram novos conhecimentos, e estes por sua vez, geram novas pesquisas, ocasionando um processo cíclico, como pode ser observado na Figura 15.

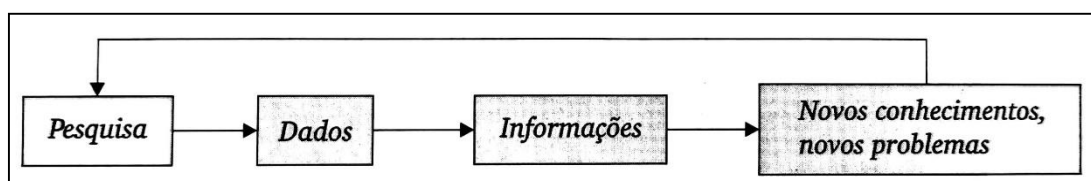


Figura 15 – Processo cíclico de pesquisas

Fonte: Barbetta, Reis e Bornia (2004, p. 12).

Anderson, Sweeney e Williams (2011), juntamente com Barbetta, Reis e Bornia (2004), conceituam os princípios básicos para introduzir as aplicações estatísticas, os quais foram adaptados no Quadro 3.

Dados	Fatos e números coletados, analisados e interpretados;
Elementos	Entidades que dizem respeito das quais se coletam os dados;
Variável	Característica dos elementos (podendo ser quantitativa ou qualitativa);
População	Consiste no conjunto de elementos que formam o universo a ser estudado;
Amostra	Subconjunto da população
Parâmetro	Medida que descreve certa característica dos elementos da população;
Estatística	Medida que descreve certa característica dos elementos da amostra;
Estimativa	Valor resultante do cálculo de uma estatística;
Distribuição de frequências	Consiste na organização dos dados de acordo com as ocorrências dos diferentes resultados observados.

Quadro 3 – Conceitos básicos da estatística

Fonte: Adaptado de Anderson, Sweeney e Williams (2011, p. 4).

Como já visto, W. Shewhart foi o pioneiro a implementar a estatística nas fábricas na década de 1930, a fim de melhorar os processos industriais. A partir de então, entendeu-se que medir, analisar, e monitorar a variabilidade dos processos e produtos, com o auxílio de ferramentas de qualidade e estatística, é possível obter melhorias significativas. Para controlar os processos produtivos das empresas são utilizadas ferramentas em CEP, as quais necessitam de pequenas amostras para encontrar as causas das irregularidades, e assim, estas podem ser documentadas, analisadas, eliminadas e monitoradas, proporcionando melhorias (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Conforme Moreira (2011), o processo utilizado para manter algo dentro de padrões já estabelecidos, é denominado controle. E para que este possa estar adequado, certas características (denominadas como variáveis) devem estar presentes nos produtos que saem deste processo, para que assim, apresentem a qualidade desejada.

As medidas clássicas, também denominadas como medidas de posição ou variabilidade, são utilizadas na estatística descritiva, abordadas por Anderson, Sweeney e Williams (2011):

Média: consiste em uma medida da posição central dos dados conforme descrita anteriormente pelas Equações 1 e 2, no item 4.2.1.

Mediana: outra medida da posição central, no entanto é o valor intermediário, quando os dados são organizados em ordem crescente; se números ímpares de observações, também é o valor intermediário; se números pares de observações, então, deve-se utilizar a média das observações intermediárias.

Moda: valor que ocorre com maior frequência.

Amplitude: diferença entre o maior e o menor valor.

Variância: medida da variabilidade que utiliza todos os dados, baseando-se na diferença entre o valor de cada observação e a média, demonstrada pelas Equações 3 e 4 no item 4.2.1.

Desvio padrão: definido como a raiz quadrada positiva da variância, conforme descrito no item 4.2.1.

Coefficiente de variação: indica qual é o tamanho do desvio padrão em relação à média, descrita pela Equação 6.

$$\left(\frac{\text{Desvio padrão}}{\text{Média}} \times 100 \right) \% \quad (6)$$

A maior parte das informações estatísticas publicadas em meios sociais, sejam eles jornais, revistas, relatórios empresariais e outros, consistem em dados que foram sintetizados para apresentação, de forma a facilitar o entendimento do leitor. Tais dados, são denominados como estatística descritiva. (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2011). Para Devore (2014), estatística descritiva pode ser representada a partir de técnicas visuais, como tabelas de frequência, histogramas, gráficos, diagramas de dispersão e afins, as quais são denominadas como métodos tabulares e gráficos, os quais já foram descritas anteriormente.

3.2.3 Controle estatístico de processo (CEP)

O controle estatístico de processo (CEP), é empregado para verificar se um processo está operando adequadamente. Coleta dados em tempo real e os compara com medidores de desempenho do processo. Portanto, é um método quantitativo, que aplica técnicas estatísticas, em particular, a amostragem, para obter resultados sobre a variação do processo (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

De outro modo, Slack *et al.* (2009), afirma que o CEP é utilizado para checagem de produtos e serviços durante sua formação. E com base em suas análises é possível identificar e retirar os problemas do processo. Carvalho e Paladini (2012),

comentam que, a fim de conhecer como opera o processo, o CEP, analisa as alterações no processo, determinando a sua origem e frequência. Para tal, variáveis fundamentais são mensuradas das amostras.

Montgomery (2013), afirma que ao utilizar o CEP de forma eficiente, pode-se alcançar níveis de sucesso mais altos. Entretanto, a gerência deve estar envolvida ao processo de melhoria, assim como o grupo deve estar engajado com o propósito final. O autor ainda cita elementos básicos para atingir sucesso na implantação do mesmo, como a liderança, abordagem de equipe, educação dos empregados, redução de variabilidade, avaliação em termos econômicos e comunicação.

A partir do CEP, surgiu o conceito de capacidade, que demonstra o comportamento normal dos processos, fornecendo tolerâncias naturais (CARVALHO; PALADINI 2012). Basicamente, a capacidade avalia a dispersão estatística a partir de um valor central e a compara com os valores aceitáveis dentro de um parâmetro. O desvio-padrão do processo deve ser calculado, para então quantificar a capacidade (CARPINETTI, 2012).

Slack *et al.* (2009), explica que a medida da capacidade é dada por ± 3 desvios-padrão, ou seja, variação natural do processo, então pela Equação 7, tem-se:

$$C_p = \frac{LST - LIT}{6s} \quad (7)$$

Onde:

C_p = capacidade;

LST= limite superior de tolerância;

LIT= limite inferior de tolerância;

s= desvio-padrão da variabilidade do processo.

Ou ainda pela Equação 8:

$$C_{pk} = \min(I_{ui}, I_{us}) \quad (8)$$

Sendo:

$$I_{us} = \frac{LST - X}{3s}$$

$$I_{ui} = \frac{X - LIT}{3s}$$

Onde:

C_{pk} = capacidade;

I_{us} = índice unilateral superior

I_{ui} = índice unilateral inferior

A medida de C_{pk} indica que o valor médio da variação se encontra no ponto

médio da faixa de especificação. Porém, em alguns casos a média não está no ponto médio, sendo necessário os índices de capacidade unilateral, então utiliza-se o C_{pk} . Quando se tem um C_{pk} maior que 1, a consideração é de que o processo é “capaz”, no entanto, se for menor, o processo é “não capaz” (SLACK *ET AL.*, 2009).

Carpinetti (2012), concorda com os índices de avaliação de capacidade descritos anteriormente e descreve a principal diferença entre ambos. Segundo o autor, C_{pk} é mais sensível aos desvios da média do processo, enquanto C_p , observa a variabilidade do processo. Ou seja, a média do processo não se encontra ao centro da faixa de tolerância quando há valores distintos entre eles.

Contudo, os limites de tolerância devem ser maiores ou iguais aos limites superior e inferior, a fim de alcançar um processo sob controle, e o C_{pk} pode determinar se a média do processo está próxima a estes limites. Se C_{pk} e C_p forem iguais, então a média está centrada entre os limites de especificação (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

A análise de capacidade se torna fundamental para um bom planejamento e controle de qualidade, pois, proporciona dados para adequabilidade do processo, desempenho necessário, intervalo de amostragem, necessidade de ajustes e redução da variabilidade. Por ser um indicativo de qualidade, quanto maior o C_{pk} , melhor é o nível de qualidade do processo (CARPINETTI, 2012).

Davis, Aquilano e Chase (2001), também citam o teorema do limite central, que mostra que, quando amostras são repetidamente retiradas de uma distribuição, não importa qual seja a forma, e as médias das amostras são calculadas e inseridas em um gráfico, estas indicarão uma distribuição normal. A Figura 16, corresponde a uma distribuição normal, e a curva mostra diferentes números de desvios padrão a partir da média das amostras. Tais desvios padrões indicam o nível sigma (que será explicado no item 4.3) em que o processo se encontra. Contudo, estar em um CEP, não significa que o processo ou serviço está bom ou ruim, para tal, ele deve ser analisado.

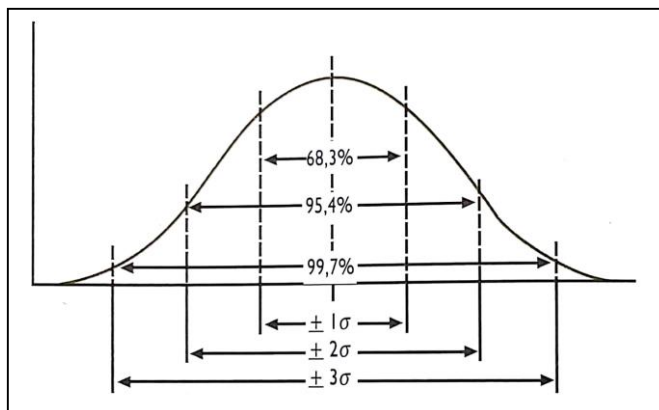


Figura 16 – Áreas sob a curva de distribuição normal
Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001, p.192).

3.3 SEIS SIGMA

Em 1987, a Motorola com o intuito de melhorar sua produtividade e reduzir drasticamente os defeitos na sua linha de produção, cria um programa de melhoria, dando origem ao Seis Sigma (6σ ou SS). O programa alcançou seus objetivos com êxito, o que fez com que grandes empresas, como, General Eletric, CitiCorp, entre outras, aplicassem em seus processos. (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Davis, Aquilano e Chase (2001), complementam que os produtos de alta qualidade que foram produzidos no Japão, na década de 80, advém do programa de melhoria criado pela Motorola, que tinha como meta reduzir em 50% a variabilidade de um processo. Tanto a Motorola, como outras empresas que adotaram o programa, podem atingir a qualidade 6σ , uma vez que, ao automatizar os processos é possível diminuir a variação. Rotondaro (2013), explica que o programa Seis Sigma se difundiu rapidamente, tanto na manufatura, quanto no setor de serviços.

Werkema (2012), apresenta um resumo histórico da evolução do Seis Sigma e mostra que o Grupo Brasmotor foi o primeiro a implementar a filosofia 6σ no Brasil, em 1999, atingindo a marca de mais de 20 milhões de reais de retorno.

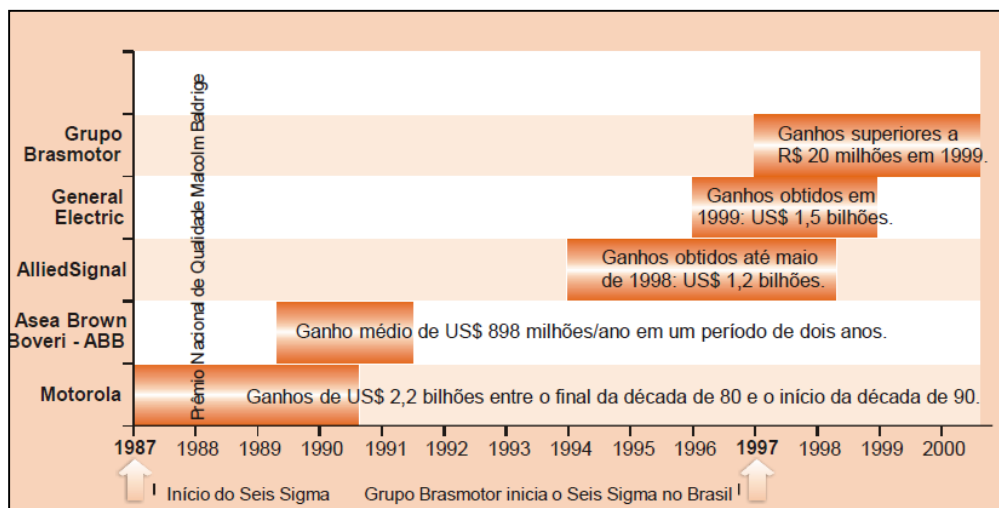


Figura 17 – Resumo da história do Seis Sigma

Fonte: Werkema (2012, p.19).

Contudo, de acordo com Corrêa e Corrêa (2012), o Seis Sigma é uma metodologia de melhoria contínua, a qual tem como objetivo a redução de variabilidades existentes nos processos, apresentando foco estratégico e critérios bem definidos, a fim de estabelecer as metas e processos a serem melhorados. Para tal, usa de ferramentas da qualidade e estatística, como, controle estatístico de processo (CEP), DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*), análise do fluxo de processo, entre outros. A filosofia Seis Sigma pode ser aplicada em todas as empresas, pois não distingue em tamanho e ramo de atuação, visto que o objetivo é sempre o mesmo, a redução de desperdícios e defeitos e aumento de lucratividade. (BLAUTH, 2003).

Werkema (2012), complementa que o 6σ pode ser definido como uma metodologia quantitativa, sendo uma estratégia gerencial para aumentar a lucratividade e a satisfação dos clientes, através da melhoria da qualidade, tanto de produtos, como de processos. A autora, afirma ainda que esta é a “metodologia da qualidade para o século 21”, e para ser aplicada deve ser compreendida e entendida amplamente, como descrita no Quadro 4.

Escala	mede o nível de qualidade de um processo (quantidade de defeitos por milhão), obtendo um número na escala sigma, quanto maior este número, maior o nível de qualidade;
Meta	chegar a 3,4 defeitos a cada milhão de oportunidades, ou seja, chegar próximo a zero;
Benchmark	comparação de níveis de qualidade, operações e processos;
Estatística	cálculo do desempenho de características específicas;
Filosofia	busca o zero defeito através da melhoria contínua;
Estratégia	fundamentada no projeto, fabricação, qualidade, entrega e satisfação do cliente quanto ao produto;
Visão	direciona a empresa a ser a melhor em seu ramo.

Quadro 4 – Pontos-chave para aplicação da metodologia Seis Sigma

Fonte: Adaptado de Werkema (2012, p. 15).

Além de reduzir a variabilidade e aumentar a capacidade dos processos, a implementação do 6σ , busca identificar as causas e efeitos que afetam diretamente os processos críticos do processo, e assim, mensurar o desempenho de qualquer processo em valores “sigma”, os quais são as medidas estatísticas de capacidade do processo sem defeitos (ROTONDARO, 2013). Dessa forma, pode se entender o 6σ como uma estratégia altamente influente nas organizações. Aliada às ferramentas da qualidade, com análises estatísticas, se torna efetiva na redução de variabilidade de processos e consequente melhora no desempenho da organização (FERNANDES; MARINS, 2012).

O 6σ utiliza uma escala de 1 a 6 sigmas para mensurar a variabilidade. O Quadro 5, demonstra os níveis de conformidade em porcentagens, de cada sigma, podendo ser notado grandes resultados a cada avanço de nível (WERKEMA, 2004).

NÍVEL SIGMA	CONFORMIDADE (%)
1 SIGMA	68,26%
2 SIGMA	95,46%
3 SIGMA	99,73%
4 SIGMA	99,937%
5 SIGMA	99,999943%
6 SIGMA	99,9999998%

Quadro 5 – Níveis Sigma

Fonte: Werkema (2004, p. 222).

De acordo com Rotondaro (2013), o objetivo do programa é reduzir a variabilidade até 3,4 defeitos por milhão, o que torna a empresa que alcança esta meta, altamente competitiva. Em suma, minimizar os defeitos, na visão estatística, pode-se entender por meio da Figura 18, a qual mostra que o processo deve ser centralizado na curva normal e a dispersão diminuída, para então estar dentro dos limites estabelecidos.

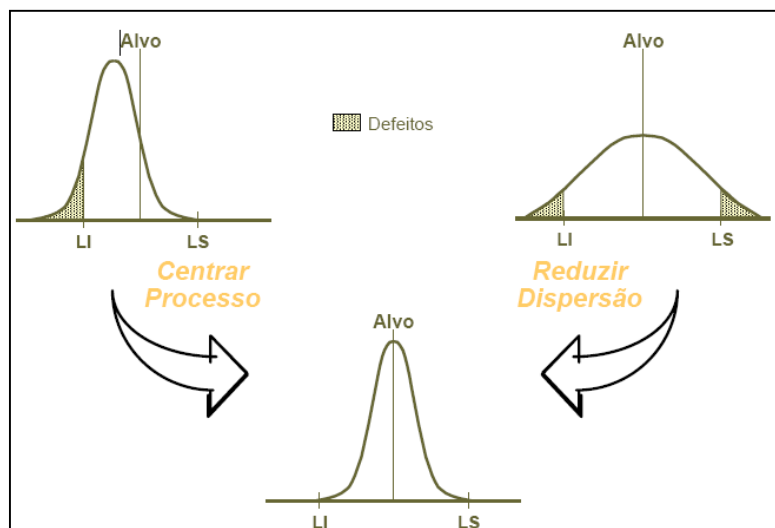


Figura 18 – Objetivo estatístico do Seis Sigma
 Fonte: Marins; Souza e Terra (2009, p. 4).

Werkema (2012), acrescenta também os benefícios financeiros que são obtidos a partir da implementação do programa Seis Sigma, demonstrados na Figura 19:

Nível da qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	Custo da não qualidade (percentual do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	Não se aplica
Três sigma	66.807	25 a 40%
Quatro sigma	6.210	15 a 25%
Cinco sigma	233	5 a 15%
Seis sigma	3,4	< 1%

Figura 19 – Tradução do nível da qualidade para a linguagem financeira
 Fonte: Werkema (2012, p.17).

Seis Sigma é uma filosofia que promove a melhoria contínua, atuando no campo da qualidade dos processos, a fim de atingir a excelência. Portanto, se utiliza de ferramentas e elementos essenciais, aborda e implementa sua metodologia de maneira única para obtenção do sucesso. Alguns destes elementos são: DMAIC, a mensuração dos benefícios e grande comprometimento da administração da empresa (WERKEMA, 2012; ROTONDARO, 2013).

3.3.1 DMAIC

Segundo Marins, Souza e Terra (2009), o Seis Sigma utiliza ferramentas e

métodos já comprovados na qualidade, no entanto, os aperfeiçoam na aplicação, pela característica de seus líderes. Rotondaro (2013), acrescenta que a forma como o programa é estruturado e o foco na redução da variabilidade, é o que torna a filosofia tão eficaz.

Basicamente, o desenvolvimento do projeto se dá baseado na metodologia DMAIC, abreviatura em inglês para *define* (definir), *measure* (medir), *analyze* (analisar), *improve* (melhorar), *control* (controlar), ou seja, é composta por estas cinco etapas (WERKEMA, 2012).



Figura 20 – Método DMAIC
Fonte: Werkema (2012, p. 29).

Deste modo, como afirma Carpinetti (2012), o DMAIC é um modelo de PDCA estruturado e liderado de maneira diferente.

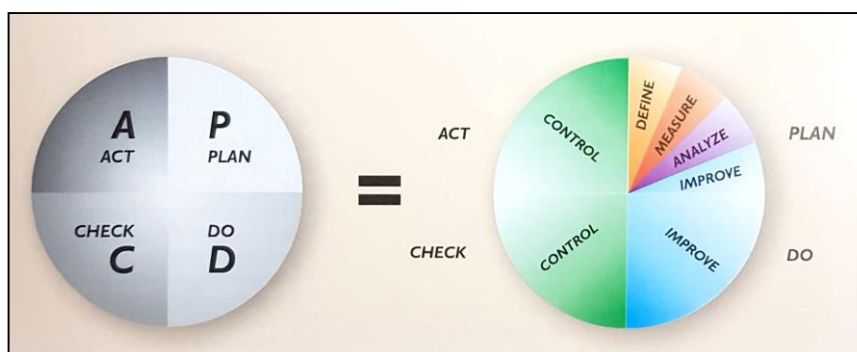


Figura 21 – Correspondência entre o ciclo PDCA e o método DMAIC
Fonte: Werkema (2012, p. 38).

Portanto, é perceptível que o planejamento (*plan*), é de extrema importância, pois, recebe ênfase pelo DMAIC, sendo uma das principais diferenças em relação ao PDCA. Dessa forma, antes de qualquer ação a ser executada, o planejamento precisa ser muito bem realizado, de acordo com os líderes do projeto e a realidade da empresa (WERKEMA, 2012).

A implementação das ferramentas Seis Sigma ao método DMAIC são baseadas em ferramentas estatísticas, para que seja possível chegar ao resultado esperado. E

para tal, as cinco etapas devem ser seguidas, a fim de obter sucesso no projeto. A seguir, serão descritas as bases de cada etapa do método.

D: *Define* (definir)

Primeiramente, deve-se definir com precisão qual será o projeto 6σ , ou seja, definir o escopo e contrato. Logo, é preciso abordar o problema ou oportunidade do projeto e descrevê-lo, juntamente com os indicadores a serem utilizados, restrições, área de abrangência, cronograma, impactos e consequências que podem ser gerados pela execução ou não do projeto. Também é necessário, definir as metas, realizar avaliações históricas, estabelecer o nível de prioridade, determinar os participantes, identificar as principais necessidades dos clientes e por fim, definir o principal processo a ser observado durante o projeto (WERKEMA, 2012).

Carpinetti (2012), acrescenta que inicialmente é necessário identificar as características críticas e mapear os processos. E para obter melhores resultados, é fundamental a participação das pessoas envolvidas no processo, pois, as mesmas retêm e podem ampliar o conhecimento sobre o mesmo.

Algumas das ferramentas utilizadas para auxiliar esta etapa são: estratificação de dados, folha de verificação, carta de controle, gráfico de tendência, gráfico de Pareto, análises econômicas, métricas de *Lean* e *Six Sigma*, voz do cliente ou VOC (*voice of the customer*), SIPOC (*suppliers, inputs, process, outputs, customers*) e mapa de fluxo de valor. Dessa forma, é possível ter um planejamento real e objetivo do projeto, incluindo todos os envolvidos. Assim como, conhecer o potencial benefício final, e garantir que todos estejam alinhados na resolução do problema prioritário e na meta a ser atingida (WERKEMA, 2012; CARPINETTI, 2012).

M: *Measure* (medir)

De acordo com Rotondaro (2013), esta etapa consiste em “desenhar o processo”, de forma a analisar o sistema como um todo, realizar a medição conforme suas necessidades e coletar dados (amostras), representativas e aleatórias. Da mesma forma, Carpinetti (2012), completa que nesta fase deve-se coletar dados para encontrar características específicas do problema, para futuras análises. Além de analisar o sistema de medição a ser utilizado, uma vez que, o mesmo deve produzir resultados confiáveis.

Werkema (2012), explana que para determinar a localização ou foco do

problema, deve-se utilizar de ferramentas que gerem resultados confiáveis, e para tal, inicia-se com as folhas de verificação, a partir da estratificação dos dados, de acordo com tempo, local, tipo e sintomas. Posteriormente, é feita a validação do método de análise, e por fim, a coleta de dados, a qual deve seguir um plano estabelecido. Com os dados obtidos, é possível, construir o diagrama de Pareto, gráficos de controle, histogramas e índices de capacidade.

A: Analyze (analisar)

Os dados coletados na fase anterior (*Measure*), serão analisados nesta etapa, a fim de identificar as causas dos problemas, ou seja, analisar os efeitos indesejáveis e porque estão ocorrendo. Para determinar as causas que influenciam o processo estudado, são utilizadas ferramentas da qualidade (ROTONDARO, 2013; CARPINETTI, 2012).

Devem ser encontradas as causas potenciais e classificar de forma prioritária de acordo com o problema, podendo ser empregadas ferramentas como, fluxograma, FMEA (*Failure, Mode and Effect Analysis*), diagrama de afinidades, diagrama de causa e efeito, diagrama de relações, diagrama de dispersão, testes de hipóteses, e mais uma vez, histogramas e carta de controle. Todas estas ferramentas possuem a função de descobrir, identificar, analisar, correlacionar e quantificar as causas fundamentais, para assim, auxiliar a gerar soluções (WERKEMA, 2012).

I: Improve (melhorar)

Carpinetti (2012), descreve que é necessário planejar e executar ações de melhoria, assim como, realizar experimentos, novas análises de capacidade, entre outras, para assegurar a qualidade da melhoria.

Marins, Souza e Terra (2009), complementam que nesta fase, novas ideias e soluções devem ser pensadas para solucionar os problemas, ou seja, atuar nas causas potenciais identificadas na etapa anterior. A melhoria pode ser validada ao encontrar novas maneiras de realizar as atividades, levando em consideração custo e tempo.

Ainda Werkema (2012), traz a ideia de priorizar as soluções propostas, avaliando e testando em pequenas escalas tais soluções, a fim de minimizar riscos e falhas, para posteriormente, implementar as melhorias em larga escala. Diversas ferramentas podem ser aplicadas nesta etapa, iniciando pelo *brainstorming*, diagramas de causa

e efeito, afinidades, relações, matriz de priorização, análise dos *stakeholders*, testes, simulações, *5W2H*, entre outras.

C: Control (controlar)

Nesta etapa o objetivo é garantir que as melhorias sejam monitoradas e não se percam, pois, só assim, tem-se a confirmação do alcance do sucesso. Inicialmente, é necessário verificar se a solução aplicada em larga escala atingiu o seu propósito, padronizar as ações, repassar as novas medidas a todos, definir um plano de monitoramento, além de listar recomendações para projetos futuros. Ferramentas como, diagrama de Pareto, carta de controle, histogramas e índice de capacidade, podem auxiliar na verificação e tomada de decisões (WERKEMA, 2012; CARPINETTI, 2012).

Portanto, percebe-se que o planejamento e análise demandam mais tempo, contudo, geram melhores resultados. Além disso, o engajamento entre todos os membros da equipe é fundamental para o sucesso. Por fim, é notório que o DMAIC faz com que todos os esforços estejam alinhados para um mesmo objetivo e conseqüentemente, surgem ganhos com a otimização do processo.

3.3.2 Equipe Seis Sigma

A equipe Seis Sigma é tão importante quanto à escolha do projeto e correta aplicação da filosofia, assim como, as ferramentas a serem utilizadas. Pois, o capital humano é um diferencial, podendo aumentar o desempenho e facilitar o alcance do sucesso. Portanto, a equipe deve ser especialista nos processos, a fim de estudar e encontrar soluções para as causas dos problemas, com o auxílio de ferramentas estatísticas e da qualidade (MARINS; SOUZA; TERRA, 2009).

Rotondaro (2013, p.27), afirma que “treinar os colaboradores na metodologia Seis Sigma é o caminho para uma companhia conseguir melhorar dramaticamente seus processos”. O autor ainda explica que a equipe é formada por especialistas em diversos níveis, dos quais, alguns recebem uma nomenclatura baseada nas artes marciais. A escolha da equipe é essencial, pois, deve abranger pessoas que conheçam e dominem os processos a serem estudados durante o projeto, assim

como, envolver todos os níveis hierárquicos da empresa.

Portanto, a alta gerência deve fazer parte deste time, a qual geralmente recebe a denominação de Executivo Líder. Este, é responsável pela implantação do Seis Sigma, assim como, conduzir, incentivar e supervisionar o andamento do projeto. Além de analisar os benefícios alcançados, e selecionar os executivos a serem os campeões da estratégia de melhoria (ROTONDARO, 2013).

O Campeão, geralmente, diretor ou gerente, supervisiona o projeto de melhoria, auxiliando a equipe na direção do sucesso. Ele lidera os principais participantes, organiza o começo do projeto, proporcionando o melhor caminho para a implantação do mesmo. Uma vez que, conhece as teorias e princípios da filosofia, assim como, todos os processos da empresa. E ainda, é responsável por determinar os demais membros da equipe que irão disseminar a filosofia a todos os colaboradores (PANDE ET AL., 2001; ROTONDARO, 2013).

Estes demais membros são os *Master Black Belts*, os quais são típicos de grandes empresas, e estão ao lado do Campeão, para auxiliar na implantação do Seis Sigma. Possuem grande conhecimento técnico e gerencial, entendem todos os processos, assim como, ferramentas estatísticas. Dessa forma, são aptos a colaborar com a escolha de novos projetos e instruir o time de melhoria (ROTONDARO, 2013; MARINS; SOUZA; TERRA, 2009).

Por fim, os *Black Belts*, que gerenciam e executam as atividades do projeto Seis Sigma. Geralmente, são pessoas com habilidade de trabalhar em equipe, possuem influência em seus setores, possuem altos níveis de conhecimentos técnicos, recebem treinamentos intensivos, aplicam ferramentas, além de ser motivados por mudanças e melhorias. Por sua vez, os *Black Belts*, são responsáveis pelo treinamento dos *Green Belts*, que normalmente, são colaboradores do próprio nível operacional ou de média gerência. Estes, lideram pequenos projetos de melhoria, possuem treinamentos e auxiliam seus superiores, aplicando ferramentas e técnicas para prevenir e solucionar problemas do dia a dia (MARINS; SOUZA; TERRA, 2009; ROTONDARO, 2013).

Logo, é visto que o alinhamento entre os participantes é extremamente importante para a melhoria ser obtida com sucesso. Diante disso, Rotondaro (2013), explica que os conhecimentos técnicos que filosofia oferece e a pessoas que trabalham no projeto, devem atuar de forma sincronizada para que os desafios sejam vencidos.

3.4 LEAN MANUFACTURING

Logo após a Segunda Guerra Mundial, o Japão encontrava-se devastado, devido à crise econômica causada pelas guerras e catástrofes ambientais. Contudo, ao longo de determinado tempo, o país conseguiu se recuperar por meio de um sistema de produção que foi desenvolvido por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, após visitarem a Ford nos Estados Unidos e identificarem que o modelo de Henry Ford gerava muitos desperdícios. Então, entre 1948 e 1975, nascia o Sistema Toyota de Produção (STP), o qual se torna uma filosofia, com princípios e técnicas, que abrangem administração, qualidade total, redução de custos, desperdícios, gargalos e superprodução, além de seguir as tradições culturais japonesas (MAXIMIANO, 2011).

Ohno (1997), explica que o desenvolvimento do STP se deu através de métodos que pudessem alcançar os americanos e reerguer a Toyota, e para isso, era preciso eliminar desperdícios e aumentar a produtividade. Ou seja, pela necessidade, nasceu a busca incessante por melhoria, a qual prezava pela identificação de desperdícios nos sistemas de produção e a solução para eliminá-los. Portanto, esse sistema, onde o foco era produzir cada vez mais e com menos desperdícios, foi denominado como *Lean Manufacturing* (LM), em português, produção enxuta (WERKEMA, 2012).

A produção enxuta tem a função de interligar todos os processos, ou seja, desde a matéria-prima até o cliente final, com o menor *lead time*, menor custo e alta qualidade. Os princípios e práticas do *lean*, podem ser utilizados nas empresas a fim de adaptar os processos a um estado futuro que abranja os seus fluxos de valor (ROTHER; SHOOK, 1999).

Segundo Rotondaro (2013), o sistema surgiu na Toyota Motors Co., a fim de que suas fábricas adotassem a produção *just in time* (JIT), ou seja, produzir somente os produtos necessários, na quantidade exata e momento exato. O JIT é um conjunto de atividades, que visam utilizar o mínimo de estoques, sejam de matéria-prima, produtos intermediários ou acabados, fazendo com que a produção seja puxada, atuando com um fluxo de itens nivelado e suavizado. Para tal, conta com o auxílio de *kanbans*, ou seja, cartões utilizados para acompanhar o andamento do fluxo de produção de forma prática e visual. Além de adotar também o *jidoka*, o qual dá

autonomia para interromper a linha e controlar visualmente os processos de produção. Tais conceitos, são os pilares básicos do STP para a eliminação de desperdícios e requerem alto grau de confiança da administração por seus colaboradores e altos níveis de qualidade em todas as etapas do processo (SLACK *ET AL.*, 2009; DAVIS, AQUILANO, CHASE, 2001; OHNO, 1997).

Ohno (1997), descreve o STP como um método de eliminação de desperdícios a fim de aumentar a produtividade, afinal, os desperdícios não agregam valor e geram custos. Para tal, o autor explica que é necessário compreender todo o processo, entender o que é desperdício e identificar suas causas.

Uma forma de trabalhar com os desperdícios é o pensamento enxuto (*Lean Thinking*), o qual alinha ações para que se tornem cada vez mais eficazes, agregando valor ao produto final. O *Lean Thinking* é baseado em cinco princípios básicos, conforme o Quadro 6. Os quais podem ser aplicados a partir de diversas ferramentas, como, mapeamento de fluxo de valor, métricas *Lean*, *Kaizen*, *Kanban*, padronização, 5S, redução de *setup*, *Poka-Yoke*, entre outras (WERKEMA, 2012).

Princípios	Definição
Determinar o valor	a real necessidade é o que agrega valor ao cliente.
Identificar o fluxo de valor	verificar quais etapas da cadeia produtiva agregam valor e quais são necessárias.
Garantir fluxos contínuos	atender às necessidades dos clientes com fluxos contínuos, sem gargalos e atrasos.
Produção puxada	adotar o JIT, de modo que o consumidor dite o ritmo de produção.
Buscar a perfeição	objetivo geral que deve ser compartilhado por todos os ligados à cadeia produtiva, a fim de gerar mais valor.

Quadro 6 – Princípios básicos do *Lean Thinking*

Fonte: adaptado de Werkema (2012, p. 24).

Slack *et. al.* (2009) afirmam que a produção enxuta tem por objetivo a eliminação de desperdícios, ou seja, qualquer atividade que não agrega valor ao final deve ser eliminada. Shingo (1996), acrescenta que o STP busca os desperdícios que não são notados, pois, estes, se tornaram parte do processo. Isto se deve ao fato de serem tidos como naturais ao processo, com o decorrer do tempo e rotina de trabalho. Portanto, a melhor forma de identificá-los é analisar criteriosamente todas as etapas de produção, do início ao fim (COSTA; JARDIM, 2010).

Werkema (2012), descreve alguns benefícios da redução de desperdícios, como o aumento ou melhoria da flexibilidade, qualidade, segurança, ergonomia, motivação e capacidade de inovação. Como consequência, também colabora com a

diminuição de custos, necessidade de espaços e exigências de trabalho. Por fim, Maximiano (2011), relata que o modelo japonês é utilizado como padrão por empresas que almejam alcançar a competitividade a nível mundial, uma vez que, este preza pela eficiência, qualidade e participação dos funcionários nas decisões.

Dentro do *Lean Manufacturing*, Taiichi Ohno (1997), explica que ao pensar em eliminação de desperdícios, deve-se entender que para aumentar a eficiência é necessário reduzir custos, em todas as etapas do processo. Então, o autor identificou os sete desperdícios que devem ser eliminados: os defeitos, estoques, movimentação, processamento desnecessário, espera, excesso de produção e transporte, descritos sucintamente no Quadro 7.

Sete desperdícios	Descrição
Defeitos	Desperdício de qualidade é bastante significativo, uma vez que, já foi agregado valor ao produto, como mão-de-obra, matéria-prima, maquinário, entre outros, e não atenderá às necessidades dos clientes, sendo preciso retrabalho ou descarte.
Estoques	Sejam de matéria-prima, produtos intermediários ou acabados, geram custos e perdas, devido a necessidade de armazenamento e possíveis avarias, ou seja, estoque é investimento parado.
Movimentação	Movimentos realizados pelo operador para efetuar a atividade devem ser minimizados ao máximo, a fim de facilitar e agilizar o processo uma vez que, estes não agregam valor e eficiência ao trabalho.
Processo	Ineficiência do processo, ou seja, perda por falta de capacidade, habilidade ou falhas, geram perda de qualidade e atrasos.
Superprodução	Produzir mais do que o necessário, ou seja, por antecipação ou em quantidade excessiva, sem que haja demanda, ocasiona em demais desperdícios, pois, haverá sobra de produtos, criação de estoques, geração de custos, deterioração, manutenção, espera, entre outros. Portanto, deve-se sincronizar a produção com a demanda, e assim, adotar a produção enxuta.
Espera	Perda por tempo ocioso do trabalhador ou da máquina, geram custos e não agregam valor ao processo final. A espera pode ser por falta de matéria-prima, espera por finalização de lote para continuar o processamento ou do operador quando fica ocioso assistindo a máquina.
Transporte	Deslocamentos desnecessários de funcionários e matéria-prima, estoques em locais indevidos, geralmente, devido a <i>layouts</i> ineficientes, também acarretam em outros desperdícios.

Quadro 7 – Os sete desperdícios

Fonte: Adaptado de Ohno (1997); Slack *et. al.* (2009); Riani (2006); Cruz (2013).

Rotondaro (2013), aborda que a globalização aumentou a competitividade empresarial, e cada vez mais, as empresas buscam por qualidade, confiabilidade, prazo e inovação para atingir altos níveis de competição e atender a demanda do mercado. E uma forma de alcançar tais fatores, é utilizar o *Lean Manufacturing* juntamente com a metodologia e ferramentas do Seis Sigma.

O *Lean Manufacturing*, que busca incessantemente a melhoria da velocidade dos processos, redução de *lead time* e eliminação de desperdícios, em junção com o *Six Sigma*, que conta com um método estruturado para solução de problemas e

ferramentas estatísticas para eliminar a variabilidade, resulta em um programa denominado *Lean Six Sigma* ou *Lean Seis Sigma* (LSS). Este, usa dos benefícios de cada programa para se tornar uma estratégia eficaz na melhoria de processos e produtos. Dessa forma, pode alcançar processos mais simples, rápidos e melhor gerenciados (WERKEMA, 2012). A Figura 22 é utilizada para representar a união dos dois programas.

Por meio do 6σ , os projetos de melhoria podem atingir uma visão do estado futuro, através de técnicas vindas do sistema *Lean*. Tais projetos, devem seguir as etapas dos programas, atendendo seus requisitos, além de necessitar da participação da administração das empresas e o completo engajamento de todos os funcionários (WERKEMA, 2012; ROTONDARO, 2013).

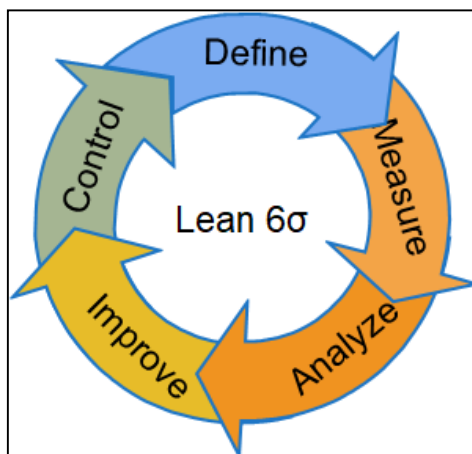


Figura 22 – Lean Seis Sigma
Fonte: Autoria própria.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção, será apresentada a empresa estudada assim como a metodologia utilizada para a realização do projeto.

4.1 CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa referente ao presente estudo consiste em uma indústria do ramo alimentício, localizada em Medianeira, oeste do Paraná. Fundada ao final da década de 1970, conta com capacidade de produção de mais de 200 toneladas diárias de alimentos, com o auxílio de mais de 680 funcionários.

Com o aumento de oportunidades e a região em expansão, a indústria cresceu durante estes 40 anos, produzindo cerca de 38 tipos de massas, 54 tipos de biscoitos e 13 sabores de refrescos, desde a linha *premium*, instantâneos e até a granel. Distribui seus produtos para todos os estados brasileiros, além de países do Mercosul, como Uruguai e Paraguai.

O projeto se delimitou à unidade de produção de massas, especificamente na linha de massas instantâneas, já previamente definida em conjunto com a empresa, devido ao tempo disposto por ambas as partes e necessidade de urgência de pesquisa nesta linha.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Köche (2011), a pesquisa visa “identificar uma dúvida que necessita ser esclarecida e construir e executar o processo que apresenta a sua solução”, seja quando não há teorias, ou estas, são insuficientes. E, Lakatos e Marconi (2009), explicam que a pesquisa é um procedimento, com método, e que requer tratamento científico, a fim de conhecer a realidade e analisar os resultados de teorias.

Conforme, Prodanov e Freitas (2013), se faz necessário um problema para se iniciar o desenvolvimento de uma pesquisa, e nesta, o conhecimento fornecerá as

respostas e sua aplicabilidade. Demo (2000), acrescenta que a pesquisa é essencial para gerar conhecimento e aprendizagem, no ramo científico, assim como no educativo.

Prodanov e Freitas (2013), explicam também que para elaborar uma pesquisa, é necessário planejar, ou seja, prever etapas e condições para obter o resultado. Logo, deve-se prever o tempo hábil para sua realização, o espaço onde será feita, quais os recursos materiais e humanos necessários e disponíveis para sua efetivação. Köche (2011, p. 122), ainda considera que “o planejamento de uma pesquisa depende tanto do problema a ser investigado, da sua natureza e situação espaço temporal em que se encontra”.

Silva e Menezes (2005), comentam que as pesquisas podem ser classificadas de diversas formas, contudo, sempre em função da sua natureza, da forma de abordagem, dos procedimentos técnicos e objetivos. Contudo, Prodanov e Freitas (2013, p. 50), afirmam que “nenhum tipo de pesquisa é autossuficiente. Na prática, mesclamos todos, acentuando um ou outro tipo”.

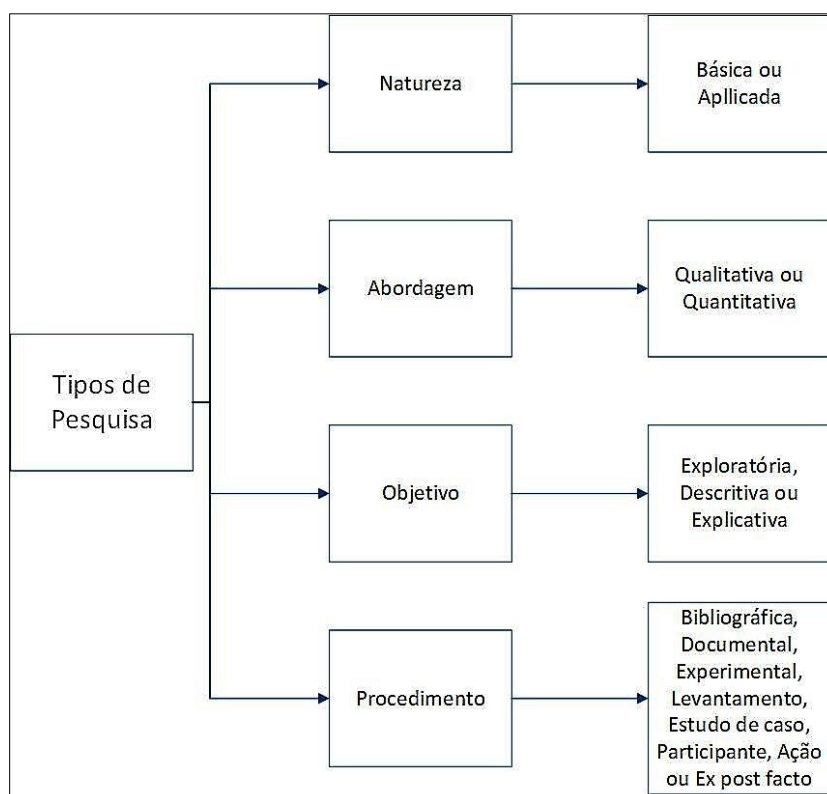


Figura 23 – Tipos de pesquisa

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas (2013, p. 51).

De acordo com Silva e Menezes (2005), em função da natureza, a pesquisa pode ser classificada como básica ou aplicada. A primeira, prevê a geração de novos conhecimentos, sem aplicabilidade, enquanto a segunda, utiliza os novos

conhecimentos de forma prática, com o intuito de resolver problemas. Ambas, envolvem verdades e interesses universais.

Contudo, este trabalho se enquadra como pesquisa aplicada, uma vez que experimentos foram feitos e dados coletados para análises posteriores.

Quanto aos objetivos, Prodanov e Freitas (2013), explicam que a pesquisa pode ser exploratória, explicativa ou descritiva. Se diz exploratória por apresentar informações sobre o problema a ser investigado, auxiliando a definição, delineamento e limitação do mesmo, em geral, se dá por pesquisas bibliográficas, estudos de caso e entrevistas.

A pesquisa explicativa, tem o intuito de explicar a razão, o porquê e as causas dos fenômenos, através de registros, análises, observações (GIL, 2010). De forma análoga, Prodanov e Freitas (2013), explicam que tal pesquisa utiliza de formas de pesquisa experimental e *ex post facto*, pois, pode manipular e controlar variáveis, a fim de determinar “[...] qual a variável independente ou aquela que determina a causa da variável dependente do fenômeno em estudo para, em seguida, estudá-lo em profundidade”.

E por fim, a pesquisa descritiva, que segundo Gressler (2003), esta expõe fatos e características de determinado estudo que envolve muitos elementos, porém analisa poucas variáveis. Gressler (2003, p. 54), diz ainda que “não é uma mera tabulação de dados; requer um elemento interpretativo que se apresenta combinando, comparação, contraste, mensuração, classificação, interpretação e avaliação”. Ou seja, não busca provar causa e efeito, mas, identificar, justificar e comparar.

Este projeto, trabalhou com a pesquisa exploratória por realizar estudo de caso, e experimentos, com intuito de identificar causas e efeitos.

Gil (2010), afirma que classificação quanto a abordagem da pesquisa é necessária para avaliar a qualidade dos resultados obtidos, e para tal, deve-se levar em conta o ambiente de coleta e o grau de controle das variáveis. Dessa forma, Prodanov e Freitas (2013), dividem em pesquisa quantitativa e qualitativa. A primeira, “considera que tudo pode ser quantificável”, ou seja, através de recursos e ferramentas estatísticas, traduz tudo em dados e informações úteis a análises. Sempre, gerando hipóteses, interação entre variáveis, experimentos e interpretações.

Já a pesquisa qualitativa, segundo Silva e Menezes (2005, p. 20), “considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito [...] que não pode ser traduzido

em números”. Não necessita de técnicas estatísticas, utiliza coleta de dados direta, analisando dados e informações do processo indutivamente.

O trabalho em questão, utilizou a abordagem quantitativa, pois houve coleta de dados e análise dos mesmos através de métodos estatísticos.

A última classificação é feita do ponto de vista dos procedimentos técnicos, isto é, a forma como os dados serão obtidos. Dessa forma, é feito um delineamento, o qual representa o planejamento da pesquisa. Este, ainda é dividido em dois grupos quanto ao procedimento de coleta de dados, sendo por fontes de papel, como pesquisa documental e bibliográfica, e por pessoas, como pesquisa experimental, levantamento, estudo de caso, *ex-post-facto*, pesquisa-ação e participante (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Köche (2011), afirma que a pesquisa bibliográfica utiliza de conhecimentos já disponíveis para explicar um problema. Deve-se levantar o conhecimento disponível sobre o objeto de estudo, a fim de avaliá-lo e analisá-lo a partir de teorias já produzidas, e assim explicá-lo.

Gil (2010), por sua vez, explica a pesquisa documental, como sendo semelhante a pesquisa bibliográfica, porém, geralmente os dados obtidos aqui, são internos à organização. Prodanov e Freitas (2013), complementam que os materiais base desta pesquisa, ainda não possuem tratamentos analíticos, podendo ser reelaborados. Em suma, pesquisa documental é qualquer fonte de informação obtida por observação, leitura, reflexão ou crítica.

Segundo Gressler (2003), a pesquisa experimental objetiva investigar a causa e efeito, através de tratamentos e comparação de resultados. Segue um rigoroso controle e manipulação de variáveis, para que haja comparação entre dados tratados e não-tratados. Silva e Menezes (2005), complementam que devem ser selecionadas as variáveis que podem influenciar o objeto de estudo e definir as formas de controle e observação.

A pesquisa com base no levantamento, envolve a aplicação de questionários, os quais são analisados quantitativamente para gerar resultados (PRODANOV; FREITAS, 2013). Gil (2010), explica que é selecionada uma amostra significativa do objeto de estudo, não em sua totalidade e assim, projeções são realizadas para o todo, levando em consideração margens de erro, com base estatística.

Silva e Menezes (2005), descrevem o estudo de caso como um estudo intenso e detalhado. Além de se basear em várias fontes de informação e abranger diversos

pontos de vista. O estudo de caso busca a aplicação prática dos conhecimentos, com o intuito de resolver os problemas (BOAVENTURA, 2004; GRESSLER 2003).

Prodanov e Freitas (2013), completam que o estudo de caso coleta e analisa informações, a partir de pesquisas qualitativa e/ou quantitativa, tratando a investigação com severidade, objetividade, originalidade e coerência. Yin (2011, p. 33), ainda diz que “o estudo de caso como estratégia de pesquisa compreende um método que abrange tudo – com a lógica de planejamento incorporando abordagens específicas à coleta de dados e à análise de dados” (YIN, 2001, p. 33).

A pesquisa de procedimento participante, se dá por meio da interação entre pesquisadores e membros do objeto de estudo (SILVA; MENEZES, 2005). A pesquisa visa compreender as situações do ponto de vista dos participantes, portanto, o planejamento costuma ser flexível (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Gil (2010), define a pesquisa-ação como flexível, uma vez que, envolve a ação dos participantes. Esta, geralmente é “realizada em estreita associação com uma ação ou com uma resolução de um problema coletivo” (SILVA; MENEZES, 2005, p. 22). Ou seja, os participantes atuam de modo cooperativo. Segundo Thiollent (1998, p. 15), “a participação das pessoas implicadas nos problemas investigados é absolutamente necessária. No entanto, tudo o que é chamado pesquisa participante não é pesquisa-ação.”.

Por fim, a pesquisa *ex post facto*, é definida por Prodanov e Freitas (2013, p. 65), como “quando o experimento se realiza depois dos fatos”. Esta, avalia os fatos após a ocorrência natural dos acontecimentos, ou seja, analisa e explica o fato já ocorrido. Gressler (2003), acrescenta que a pesquisa *ex post facto* investiga as relações de causa e efeito, por meio de observações.

Quanto aos procedimentos, este trabalho abordou a pesquisa experimental e estudo de caso, pois, usará de ferramentas e técnicas, como, experimentos e estudos com análises qualitativas e quantitativas sobre o processo estudado. Em suma, a Figura 23, representa a classificação da pesquisa para o presente estudo.

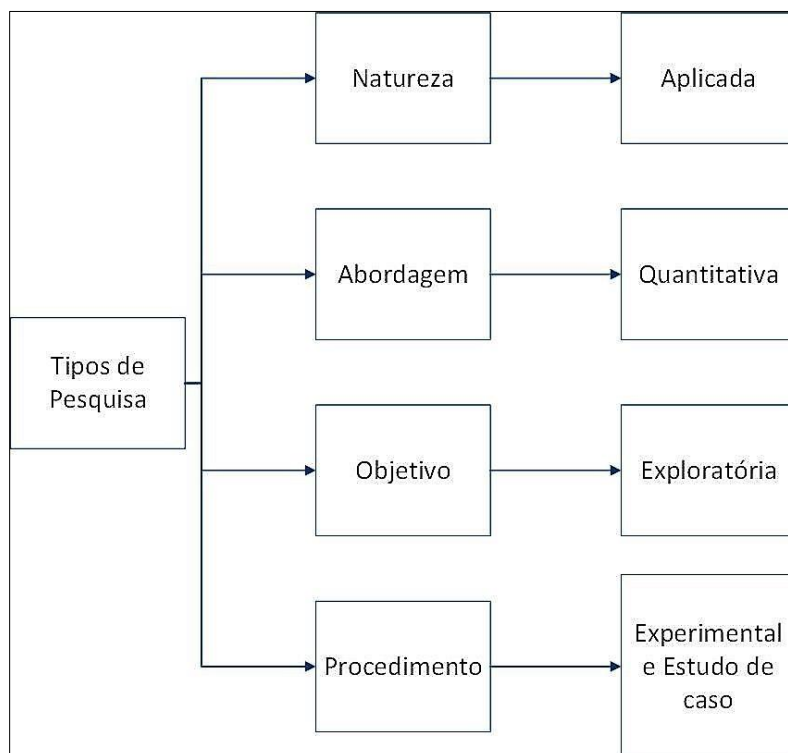


Figura 24 – Classificação da pesquisa para o presente estudo
Fonte: Autoria própria.

4.3 MÉTODO DE PESQUISA

Para a realização desta pesquisa, inicialmente fez-se uma análise do processo, a fim de identificar e definir o problema a ser estudado, assim como, obter um embasamento teórico, para maior conhecimento das técnicas de melhoria a serem utilizadas e do ramo alimentício de massas. Ainda neste momento, definiram-se as fronteiras que iriam nortear o trabalho, ou seja, a restrição do estudo apenas na unidade de massas, mais especificadamente, na linha de massas instantâneas. Para tais atividades, observações e entrevistas realizadas na indústria em questão, foram fundamentais e auxiliaram no processo.

O conhecimento do processo produtivo é de extrema importância, assim como, a cultura e os colaboradores da empresa. Portanto, uma análise preliminar do processo, como, fluxograma, e ferramentas do DMAIC, auxiliaram neste processo de identificação de desperdícios e melhorias.

Foram realizadas visitas regulares a empresa, conversas com os colaboradores e encarregados do setor, análise documental, anotações, pesagens, medições e

experimentos, todos com a autorização prévia. Assim como, para a análise de capacidade, foram coletadas amostras de forma aleatória, para demonstrar a real situação do objeto de estudo. Portanto, após a coleta de dados, estes, foram tratados e analisados, a fim de obter resultados conclusivos para sugestão de melhorias no processo.

Softwares como, Microsoft Excel, Microsoft Visio, Minitab e afins, foram utilizados para a elaboração de cálculos, tabelas, gráficos, diagramas, fluxogramas, com o intuito de facilitar entendimento e apresentação posterior dos resultados. Seguindo sempre, a metodologia *Lean Seis Sigma*, que utiliza de ferramentas do DMAIC, gráficos de controle, ferramentas estatísticas e etc.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Após diversas visitas e discussões com o *Sponsor* deste projeto, foi previamente definido que a oportunidade de melhoria seria quanto aos desperdícios gerados na Unidade 5 – Linha 1 da indústria, ou seja, referente às massas instantâneas, especialmente, em relação ao sobrepeso do produto final. Dessa forma, seria possível contribuir diretamente em ganhos de produtividade, diminuição de desperdícios, retrabalho e reprocesso, assim como, descartes de produto e embalagem.

O processo produtivo analisado se dará somente na linha de massas instantâneas, sem levar em conta etapas como, compra e recebimento da matéria-prima, assim como, demais atividades anteriores ao processo. Portanto, o processo inicia-se no momento em que é gerada a ordem de produção, de acordo com o PCP da indústria, conforme a Figura 25.

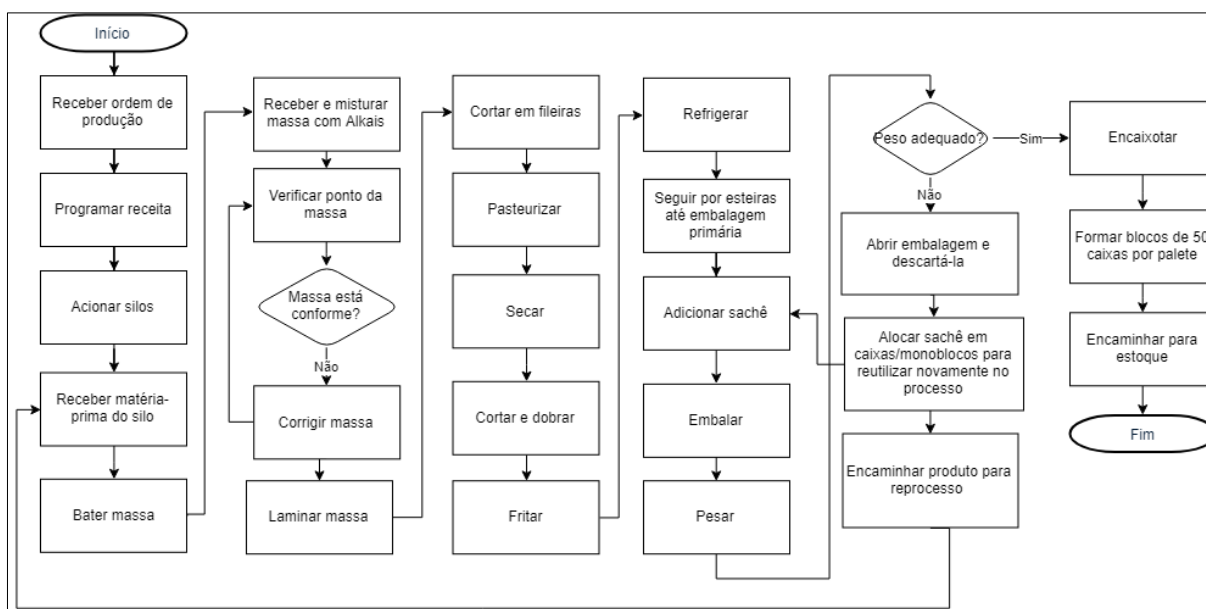


Figura 25 – Fluxograma do processo de produção de macarrão instantâneo

Fonte: Autoria própria.

De forma sucinta, o fluxo do processo produtivo ocorre da seguinte forma, primeiramente, ao receber a ordem de produção, os funcionários devem programar a receita no sistema de automação utilizado e acionar os silos para que a mistura comece a ser preparada, (basicamente, água e farinha). Enquanto a massa é batida,

recebe também *Alkais* (condimentos para o preparo). Ao mesmo tempo, o funcionário verifica o ponto da massa. Caso não esteja adequada, deve corrigi-la, adicionando água ou farinha. Quando adequada, a massa passa por oito rolos laminadores, até chegar ao rolo de corte, onde os fios do macarrão são formados.

Após cortados, seguem para o pasteurizador, onde são pré-cozidos, e já entram no secador, para retirada de excesso de água ou umidade. A seguir, são cortados e dobrados para ficar no tamanho exato de um tablete, e entram na fritadeira. Posteriormente, passam por um processo de arrefecimento, para diminuição da temperatura e retirada de excesso de gordura.

Por fim, seguem para a embalagem primária, onde recebem o sachê e são pesados. Caso estejam abaixo do peso ideal, a máquina expulsa o pacote, que é aberto e encaminhado para reprocesso. O sachê volta para a linha para ser utilizado em outro tablete, e a embalagem é descartada. Os demais, seguem para embalagem secundária e expedição.

5.2 METODOLOGIA DMAIC

Após o conhecimento do processo como um todo, iniciou-se a pesquisa para este projeto, utilizando a metodologia DMAIC. Onde primeiramente, foi definido o problema a ser estudado e mensurado, ou seja, buscou-se os possíveis motivos para que este estivesse ocorrendo. Em seguida, já com os dados coletados, deu-se início a fase de análise, para entender e comprovar matematicamente o que estava ocorrendo, para então, encontrar oportunidades de melhoria do processo.

5.2.1 Define

Nesta primeira etapa, o SIPOC, foi utilizado para identificar os elementos relevantes, assim como, obter uma visão macro do processo. Esta ferramenta possibilita entender quem são os fornecedores (*suppliers*), as entradas (*inputs*), o processo (*process*), as saídas (*outputs*) e os clientes (*customers*), sejam externos ou

internos, como mostra a Figura 26, a qual foi feita por meio de conversas com encarregados e observações.

S	I	P	O	C
Setor de preparo de massas;	Ingredientes para fabricação da massa;	Mistura da massa;	Massa Instantânea pronta e embalada;	Estoque;
Setor de qualidade;	Análises laboratoriais	Rolos laminadores;	Embalagem com defeitos;	Distribuidoras para varejo;
Engenharia de Processos;	OEE, fluxograma, CEP;	Pasteurizador;	Embalagem desperdiçada;	
Integrantes da empresa;	Dados financeiros;	Secagem	Massa para reprocesso;	
	Dados sobre o processo produtivo;	Corte de dobra;	Resíduos a serem descartados;	
		Fritadeira;		
		Secagem de gordura;		
		Refrigerador;		
		Embalagem;		

Figura 26 – SIPOC
Fonte: Autoria própria.

Posteriormente, analisou-se os pontos críticos para o cliente, através da árvore CTC (*Critical to Customer*), também chamada de VOC (*Voice of Customer*). O VOC, busca compreender quais os desejos e necessidades dos clientes, neste caso, clientes externos. Portanto, observa-se que as principais reclamações advindas dos consumidores, são quanto a ter um produto com qualidade, o que engloba uma embalagem adequada, o produto conter o sachê e que este esteja condizente com o que é descrito na embalagem, e um produto sem quebras. A Figura 27, demonstra a necessidade do cliente, quais são seus direcionadores, o que é crítico para o cliente e os indicadores para controle.

Árvore CTC			
Necessidade	Direcionadores	CTC	Indicadores
Produto com Qualidade	Embalagem com qualidade	Embalagem adequada e sem imperfeições	% de retrabalho por causa da embalagem
	Presença de sachê	Produto conter sachê	% de reclamações pela falta de sachê
	Presença de sachê correto	Produto conter sachê correto	% de reclamações pela presença incorreta de sachê
	Produto sem quebras	Produto inteiro, sem estar quebradiço	% de reclamações por produtos quebrados

Figura 27 – Voice of Customer – VOC
Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma, foi realizada a árvore CTP (*Critical to Process*), ou também, VOP (*Voice of Process*), a qual compreende as necessidades referentes ao processo produtivo. Neste caso, foi avaliado juntamente com a empresa a necessidade de diminuição de desperdícios gerados na linha de massas instantâneas. Portanto, os direcionadores, CTP e indicadores foram descritos na Figura 28.

Árvore CTP			
Necessidade	Direcionadores	CTP	Indicadores
Redução de desperdícios	Produto com peso correto	Peso $81g \geq P \leq 110g$	Check Weight
	Reprocesso geral	Menor que o estabelecido	Redução % de reprocesso
	Presença de sachê correto	Reduzir erros manuais	Redução % de reclamações pela presença de sachê incorreto
	Pessoas em espera	Reduzir o número de pessoas na linha, através de melhoria no processo	índice de ociosidade
	Perda de embalagem	Embalagem com qualidade e evitar perdas por reprocesso	Redução da % de perda de embalagem
	Máquina em espera	Diminuir tempos de <i>setup</i> e espera por quebras	Aumento da utilização das máquinas

Figura 28 – Voice of process – VOP

Fonte: Autoria própria.

A partir deste momento da pesquisa, foi definido também com a empresa, qual o principal objetivo a ser atingido, levando em consideração prazos, resultados e futuros ganhos. Sendo assim, a decisão foi atuar no que é crítico para o processo (CTP), portanto, deu-se início a fase seguinte.

5.2.2 Measure

Junto ao VOP, pode-se notar que os direcionadores, nada mais são, do que desperdícios, que se enquadram na descrição de Ohno (1997), sobre os sete desperdícios. Portanto, quanto ao peso incorreto, seja subpeso ou sobrepeso, pode ser classificado como defeito, afinal, já foi agregado valor ao produto, e não atenderá às necessidades dos clientes, internos e/ou externos.

Pessoas e máquinas em tempo ocioso, integram o desperdício de espera, pois, geram custos e não agregam valor ao processo final. Por fim, reprocesso, perda de embalagem e alocação de sachê corretamente, se incluem em desperdícios classificados como processo, por ineficiência deste, ou seja, perda por falta de capacidade, capabilidade ou falhas, que geram perda de qualidade e atrasos.

Deste modo, buscou-se trabalhar com pelo menos uma destas oportunidades de melhoria, e conseqüentemente, outras podem se beneficiar. Para tal, realizou-se coleta de dados, reuniões e observações *in loco*, para analisar qual destas seria mais viável.

Primeiramente, foram analisados os pesos dos produtos. Coletando um número satisfatório de amostras, cerca de 210 tabletes de massa pronta, para comprovar a real situação. As amostras foram coletadas após a passagem pelos rolos de desbaste. Antes de iniciar a amostragem, foram identificados alguns parâmetros considerados importantes para as análises, estes estão descritos no Quadro 8.

Parâmetros observados	
Descrição da receita	Farinha de trigo; água; promix; alho em pó; cebola em pó; sal refinado; corante.
Quantidade e temperatura da água utilizada	Em torno de 38% da batelada, com temperatura aproximada de 35°C.
Velocidade dos rolos laminadores	1070 rpm
Espessura da massa no último rolo laminador	1,31mm
Temperatura da fritadeira	134°C a 136°C

Quadro 8– Parâmetros observados para a amostragem
Fonte: Empresa estudada.

Os parâmetros descritos, podem sofrer alterações, dependendo de fatores como qualidade e tipo da farinha utilizada, assim como, questões climáticas. Portanto, quando a porcentagem de água precisa ser adequada, a velocidade dos rolos também sofre alteração, e conseqüentemente, a espessura da massa. A meta de produção é de 10.500Kg/dia, produzindo 1.569 kg/h, o que resulta em 307,62 pacotes/min.

Logo após, começaram as coletas, em dias e horários diferentes, totalmente aleatórios. As amostras eram retiradas da linha após o desbaste e pesadas, para posteriormente serem estudadas com o auxílio do programa Minitab 17. A Tabela 1, expõe tal coleta. Tais amostras, foram denominadas como “A”, para facilidade de identificação.

Tabela 1 – Amostragem A - atual situação de peso dos produtos

Amostras A - (peso em gramas)									
88	83	84	80	84	83	88	76	86	84,5
81,5	82,5	78	83	86,5	82	81	88	91	91,5
84,5	82,5	80,5	82,5	82	83	87	87,5	90	82
84	76,5	84	83,5	83,5	81	84,5	80,5	88,5	88,5
85,5	79,5	80,5	78	80,5	84	83	82	92	84,5
78,5	83	83	88	85,5	87	79,5	84	90,5	83,5
85,5	83,5	86	83,5	85,5	83,5	83,5	86	95,5	86,5
83	82,5	83,5	85	86	83	88	77	96,5	84
85,5	84,5	84,5	86	87	82	83	81	98	81,5
82,5	85,5	82,5	84,5	83,5	85	86	87,5	88	82
79	81,5	79,5	82,5	83	85,5	85,5	84	90	85,5
82	81,5	82	85,5	87	82	89	81	84	79,5
80	82,5	84,5	85	80	82,5	87	86	93,5	81,5
84	81,5	85	89	87	90	85,5	85,5	88,5	85,5
84	79	79,5	85	83	88,5	88	84,5	91,5	83
85,5	77,5	82	85	78	85,5	88	90	77	86,5
80,5	82,5	84	85	86,5	86	89	87,5	85	82,5
80	84,5	81	86,5	82,5	86	85	86	93,5	86,5
78	83,5	81,5	84	84	87	89,5	90,5	92,5	88,5
80	83,5	83	85,5	80,5	89	90	89	95	87
83	85	82,5	81	83,5	83,5	87,5	87,5	93	90,5

Fonte: Autoria própria.

Por conseguinte, foi possível realizar a análise destes dados. Iniciando pelo teste de normalidade, para verificação de que os mesmos eram confiáveis e normais. A Figura 29, demonstra o teste e seu resultado positivo.

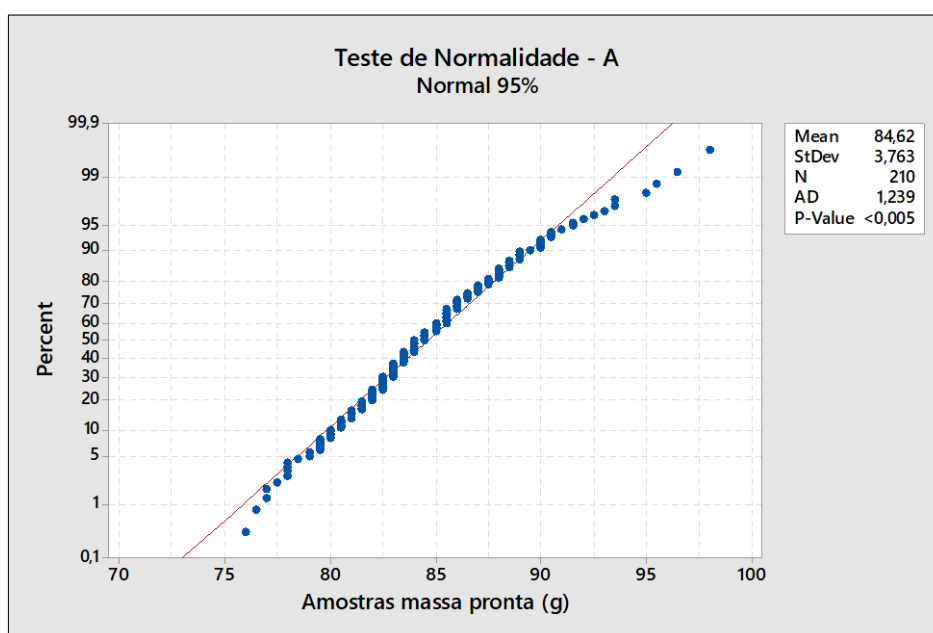


Figura 29 – Teste de normalidade - A

Fonte: Autoria própria.

Posteriormente, analisou-se os dados pelo Histograma, para identificar a variação dos dados obtidos. Como é possível observar, na Figura 30, obteve-se um histograma unimodal, com média em 84,62 e desvio de 3,763, apresentando uma grande variação.

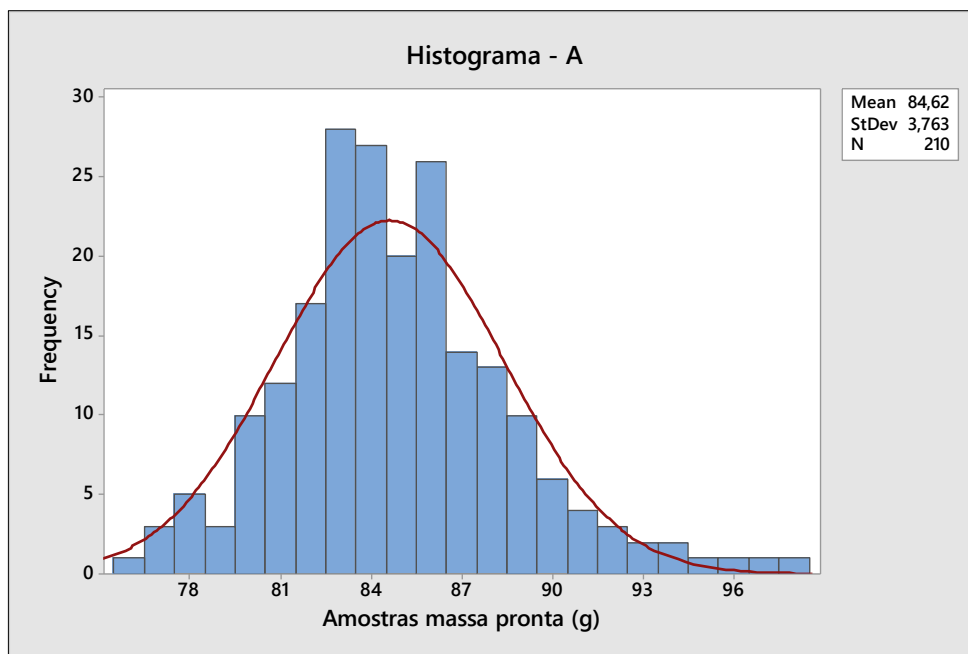


Figura 30 – Histograma A
Fonte: Autoria própria.

Outra ferramenta utilizada para os estudos foi a carta de controle, a qual, determina a média das medidas de amostras do processo em função do tempo, sendo essencial para o CEP, por apresentar a média e a variabilidade do processo dentro de um limite estabelecido.

Dessa forma, tem-se na Figura 31, a carta de controle do processo atual, a qual mostra o limite inferior como 81g e o superior como 85g, ambos são utilizados na empresa atualmente. A média do processo está em 84,62g, no entanto pode-se observar muitos valores fora dos limites estabelecidos, mostrando a grande variabilidade do processo.

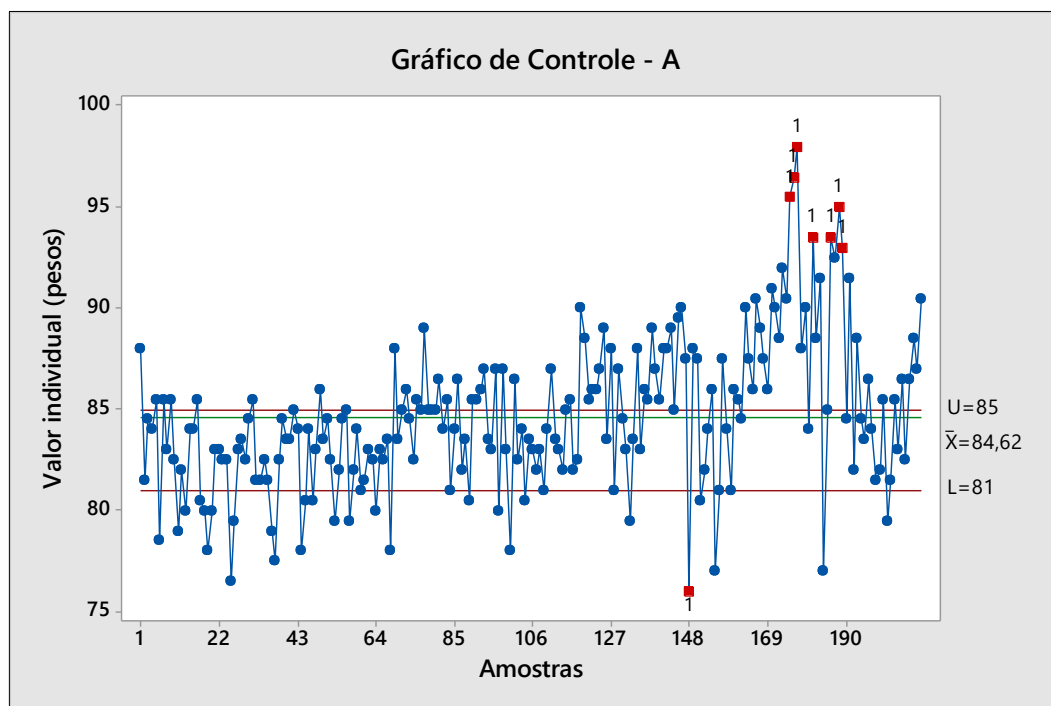


Figura 31 - Carta de controle do processo atual – A
Fonte: Autoria própria.

Visto que existe uma grande variação, torna-se necessário analisar também a capacidade do processo, uma vez que, esta pode auxiliar no seu planejamento de controle e adequabilidade. Lembrando que por ser um indicativo de qualidade, quanto maior o C_{pk} , melhor é o nível de qualidade do processo (CARPINETTI, 2012). Portanto, a Figura 32, traz a análise de capacidade, a qual mostra um $C_{pk} = 0,05$, provando então, que o processo se encontra inadequado, quando comparado a Slack *et. al*, 2009, o qual relata que quando se tem um C_{pk} maior que 1, a consideração é de que o processo é “capaz”, no entanto, se for menor, o processo é “não capaz”.

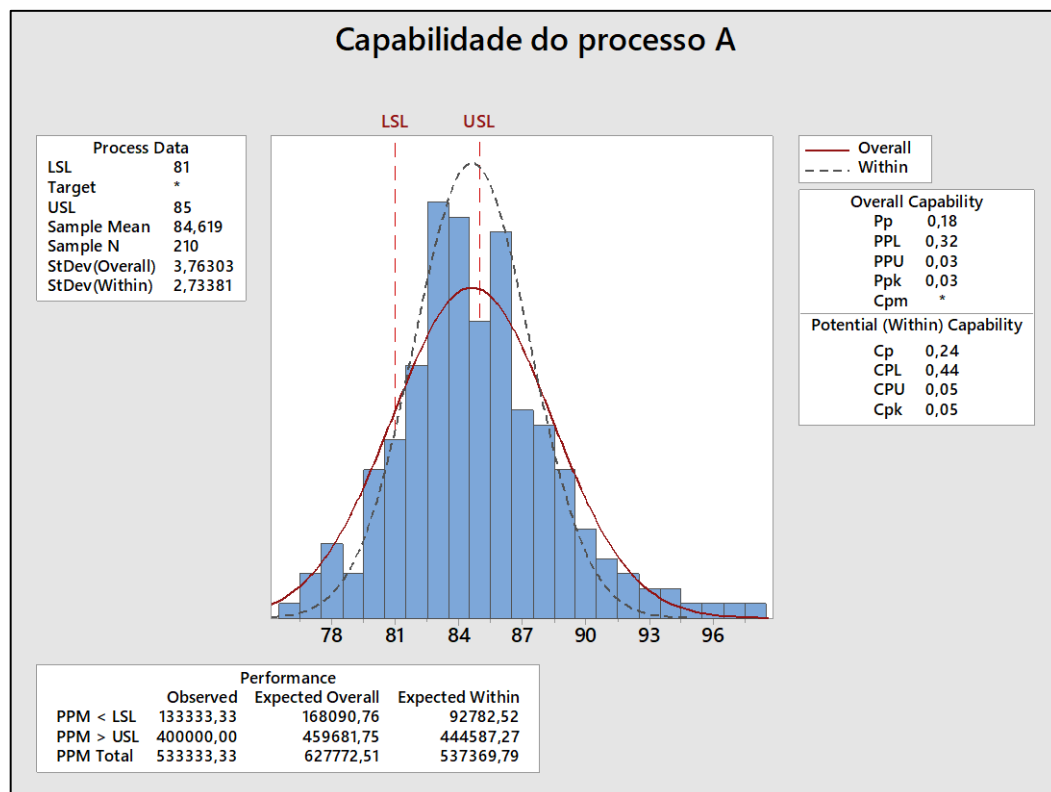


Figura 32 – Capabilidade atual do processo - A
Fonte: Autoria própria.

Contudo, é notório que o sobrepeso está ocorrendo, e este é um grande desperdício para o processo. Afinal, deve-se levar em conta todo o processo de produção, todo o valor que foi agregado ao produto final, como mão de obra, máquinas, tempo, matéria-prima, enfim, tudo o que é necessário para a concretização do mesmo, e ao final, uma quantia considerável ser desperdiçada. A Tabela 2, demonstra aproximadamente a quantidade de produto acabado perdido, devido ao sobrepeso.

A Tabela 2, exemplifica que o peso desejado do produto final é de 81g, contanto, possui um peso médio de 85g, o que resulta numa perda de 4g por tablete. Cada caixa (embalagem secundária), é formada por 50 pacotes do produto. A meta diária é compor 2.500 caixas para estoque/expedição. Levando em consideração tais informações, pode-se chegar ao resultado de que são perdidos cerca de 500Kg por dia. Estimando uma produção de 20 dias/mês, perde-se 10.000Kg de produto, o que seriam mais 123.456 pacotes de produto acabado. Ou seja, cerca de 5% do produto é perdido devido ao sobrepeso, portanto, sendo assim classificado como altamente relevante para a melhoria do processo.

Tabela 2 – Demonstrativo de perdas

perda/ pacote (g)	pacotes/ caixa	perda/ caixa (g)	meta diária (caixas)	perda diária (g)	perda diária (Kg)	perda diária/pacotes	perda de pacotes em 20 dias	perda em Kg em 20 dias
4	50	200	2500	500000	500	6172,84	123456,79	10000,00

Fonte: Autoria própria.

Os demais itens do VOP, também foram observados e tiveram considerações levantadas. As quais serão descritas na etapa *Improve*.

5.2.3 Analyze

Esta fase é fundamental para encontrar as causas potenciais e classificar de forma prioritária de acordo com o problema, para assim, encontrar as possíveis soluções. Dessa forma, elaborou-se um Ishikawa, para encontrar as potenciais causas do efeito, que neste caso, é o sobrepeso. As possíveis causas foram definidas com auxílio de visitas, listas de verificação e brainstorming com pessoas envolvidas no processo, preenchendo assim os seis grandes grupos do Ishikawa, como observado na Figura 33.

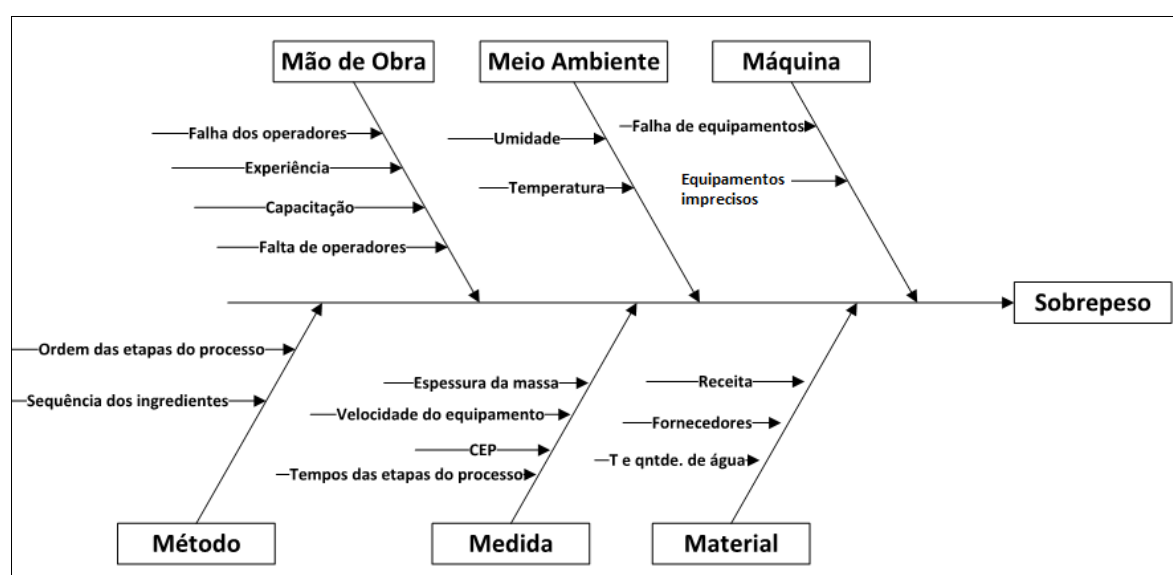


Figura 33 – Ishikawa da linha de massas instantâneas

Fonte: Autoria própria

Para a identificação do maior grupo causador, realizou-se uma análise de frequência em que tais fatos ocorriam. Para tal, durante as visitas à empresa, estes

eram dispostos em uma lista de verificação, para que posteriormente fossem contabilizados. Foram identificados cerca de 30 fatos, durante o processo de conhecimento e análise do processo, os quais se enquadram nos seis grandes grupos do Ishikawa e suas possíveis causas já listadas anteriormente.

Dentre as categorias, uma delas se mostrou mais assertiva para a solução do problema, de acordo com a análise de Pareto, a qual é demonstrada na Figura 34. Nesta, a categoria Medida, pode ser aperfeiçoada para a melhoria do efeito gerado, por ter apresentado cerca de 26,7% das causas listadas. Dessa forma, definiu-se este grupo como o objeto de estudo deste projeto para identificação de possíveis causas do efeito indesejado.

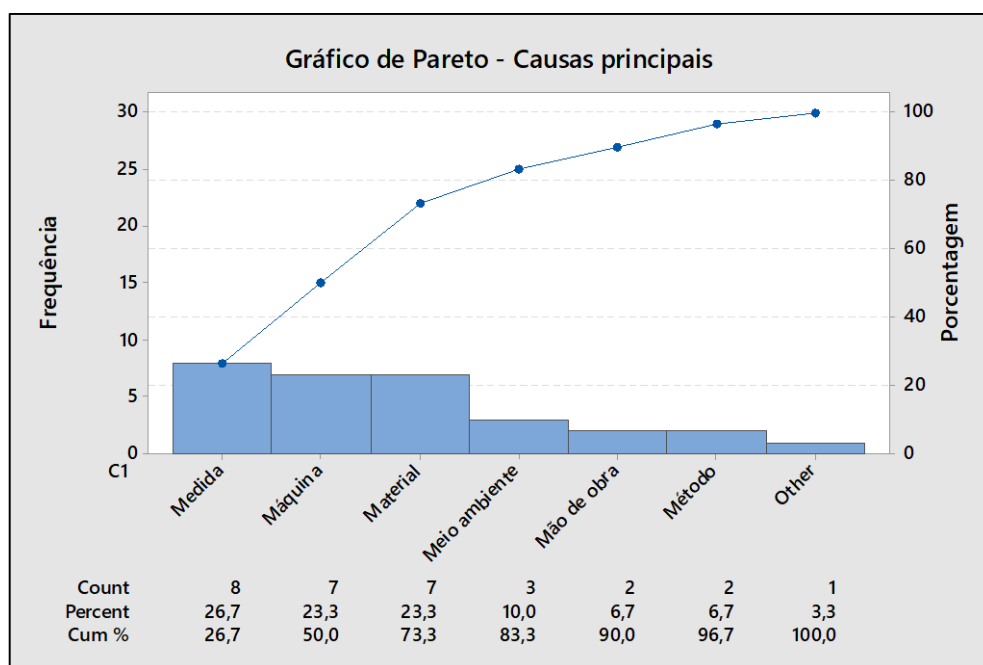


Figura 34 – Gráfico de Pareto
Fonte: Autoria própria.

Para encontrar oportunidades de redução de sobrepeso nos produtos na linha de macarrão instantâneo, iniciou-se uma análise quanto à espessura da massa e velocidade dos rolos laminadores, para então descobrir se tais fatores poderiam influenciar no peso do tablete de macarrão após o desbaste, ou seja, pronto para embalagem primária. Uma vez que, dentro do grupo Medida, tais fatores mostram instabilidade e são passíveis de alterações.

Com o auxílio de um PDCA, o experimento foi estruturado, de forma que este englobou desde a mistura da massa pronta, passando pelos rolos laminadores, até o final do desbaste. Foi realizado pela equipe deste projeto, juntamente com os operadores da linha, os quais auxiliaram as pesagens de amostras e medições de

espessura. Para facilitar o experimento, foi criado um pequeno roteiro das atividades a serem realizadas, o qual é descrito no Quadro 9.

Descrever a receita que está sendo utilizada, englobando fornecedores e os tipos de matéria prima;
Verificar quantidade e a temperatura da água utilizada na receita;
Verificar umidade e temperatura ambiente;
Verificar a velocidade dos rolos laminadores;
Medir a espessura da massa que sai do último rolo laminador;
Pesar quantidade X de tabletes após o desbaste;
Fazer análises para verificar o peso dos tabletes;
Após determinada a espessura, definir seus limites de controle;
Alterar os parâmetros de espessura do último laminador dentro dos limites estabelecidos anteriormente;
Medir a nova espessura da massa;
Pesar quantidade X de tabletes após o desbaste;
Fazer análises para verificar se o peso está adequado;
Caso seja verificado que o sobrepeso não sofreu alterações, modificar novamente os parâmetros de espessura do laminador, até encontrar o peso ótimo.

Quadro 9 – Roteiro do experimento

Fonte: Autoria própria.

Deste modo, após a descrição do experimento, o mesmo foi realizado na linha estudada. Primeiramente, a receita utilizada foi descrita, a qual será apresentada aqui sucintamente. Os dados obtidos foram demonstrados no Quadro 10.

Dados iniciais	
Descrição da receita	Farinha de trigo; água; promix; alho em pó; cebola em pó; sal refinado; corante.
Quantidade e temperatura da água utilizada	Em torno de 38% da batelada, com temperatura aproximada de 35°C.
Velocidade dos rolos laminadores	1070 rpm
Espessura da massa no último rolo laminador	1,31mm
Umidade e temperatura ambiente	Não são controladas
Média de 10 tabletes após o desbaste	84g
Limites de espessura	Min=1,00mm / Máx=1,12mm

Quadro 10 - Dados iniciais do experimento

Fonte: autoria própria.

Os limites de espessura foram definidos de acordo com a média do peso desejado e a média real, considerando níveis aceitáveis, sem que padrões de qualidade fossem alterados.

Assim, a espessura do último rolo laminador foi modificada pela primeira vez. A qual foi para 1,05mm, e conseqüentemente, a velocidade dos rolos também foi

alterada para que o padrão continuasse, sendo de 1150 rpm. A partir destes parâmetros, foram coletadas novas amostras, as quais são descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Amostras B - após primeira modificação de parâmetros
Amostras B - (peso em gramas)

82,5	79,5	85,5	87	81,5
78,5	83	88,5	81	85
83,5	81	87,5	84,5	86
81,5	88,5	89	88	81
85	83	82,5	83,5	80
84,5	82,5	85	82,5	82,5
82,5	83,5	83,5	86,5	79,5
89	82,5	83,5	87	81
82,5	82,5	87,5	84	82,5
84,5	88	82	86,6	82

Fonte: Autoria própria.

A partir destas amostras, realizaram-se análises como na primeira coleta de dados. E da mesma forma o teste de normalidade, demonstrado pela Figura 35, mostra que os dados foram confiáveis e sua distribuição é normal.

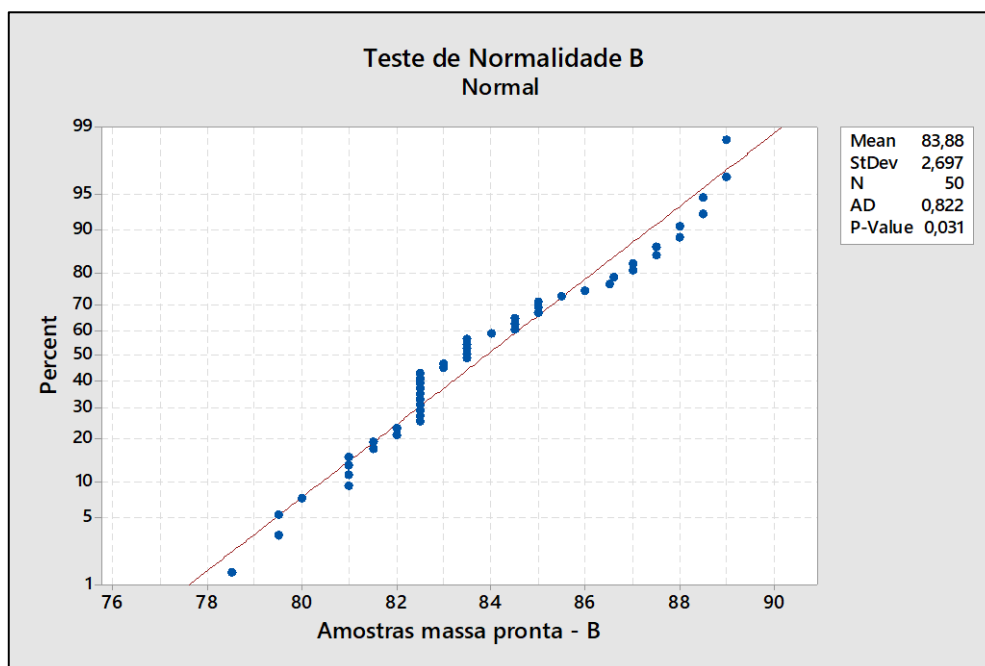


Figura 35 – Teste de Normalidade
Fonte: Autoria própria

Pelo histograma pela Figura 36, nota-se que a média dos dados diminuiu, sendo de 83,88, com desvio de 2,697. Também unimodal, no entanto, com menor variação ao anterior.

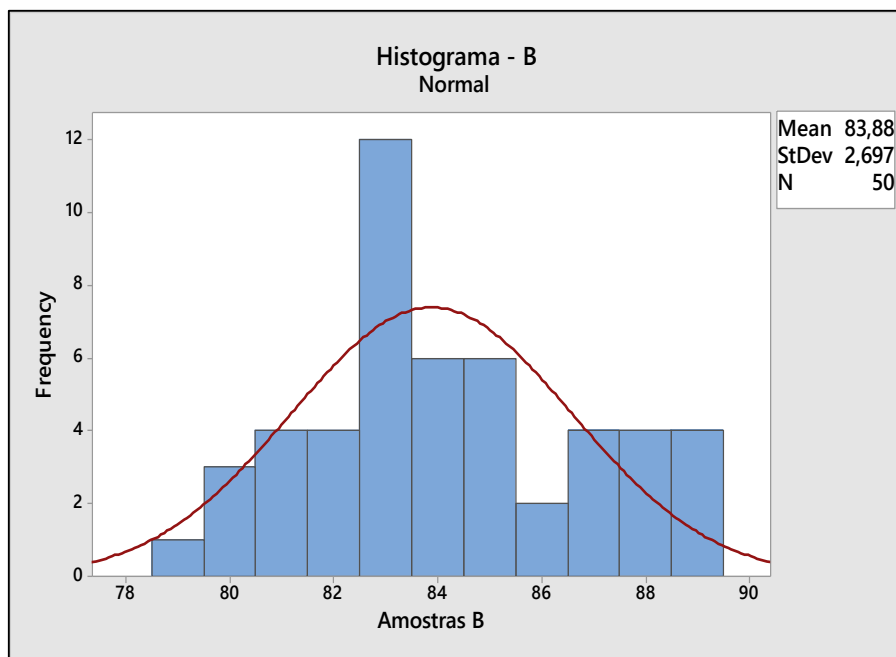


Figura 36 – Histograma B
Fonte: Autoria própria.

A partir do gráfico de controle, representado pela Figura 37, é notório que além da média ter diminuído, a variação dos dados fora dos limites estabelecidos também diminuiram com o experimento.

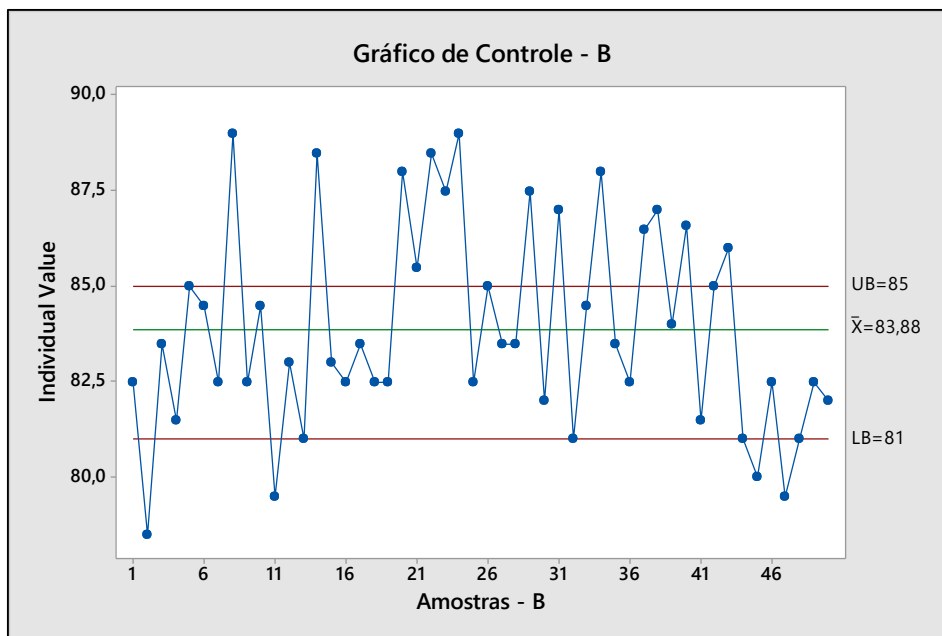


Figura 37 – Gráfico de controle – B
Fonte: Autoria própria.

Mesmo que a variabilidade das amostras tenha diminuído, ainda é considerada alta, portanto, analisa-se a capacidade do processo novamente. Na

Figura 38, observa-se que o C_{pk} aumentou em relação à análise anterior, de 0,05 para 0,14.

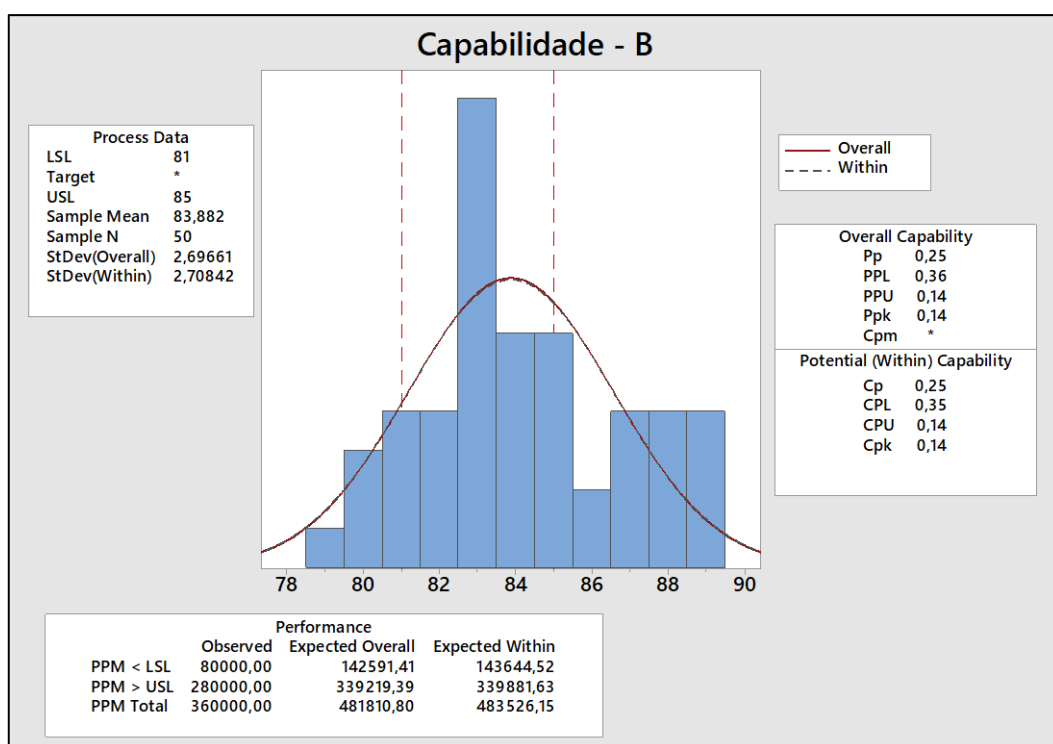


Figura 38 – Capabilidade do processo – B
Fonte: Autoria própria.

5.2.4 Improve

Esta etapa tem como objetivo atuar nas causas potenciais dos efeitos indesejados, encontradas na etapa anterior, de forma a obter soluções eficazes quanto à custos, tempo e qualidade. Durante o estudo das soluções, ferramentas como *brainstorming*, experimentos e observações podem ser aplicadas para facilitar a busca por resultados (MARINS; SOUZA; TERRA, 2009; WERKEMA 2012).

Viu-se que durante a etapa *analize*, foram encontradas possíveis oportunidades de melhoria para o sobrepeso do produto, sendo a principal, a redução de espessura da massa. Portanto, como forma de confirmar que esta pode influenciar no peso final do tablete, um segundo experimento foi realizado dias depois. Da mesma forma, inicialmente, coletou-se dados que se apresentavam no momento da análise, demonstrados pelo Quadro 11.

Dados iniciais C	
Descrição da receita	Farinha de trigo; água; promix; alho em pó; cebola em pó; sal refinado; corante.
Quantidade e temperatura da água utilizada	Em torno de 34,5% da batelada, com temperatura aproximada de 35°C.
Velocidade dos rolos laminadores	1043 rpm
Espessura da massa no último rolo laminador	1,14mm

Quadro 11 – Dados iniciais do experimento

Fonte: A autoria própria.

Enquanto, o Quadro 12, mostra os dados já alterados, seguindo o mesmo padrão do experimento B, no entanto, com uma espessura ainda menor.

Dados C	
Quantidade e temperatura da água utilizada	Qtde: 35,5% da batelada; T:36°C.
Velocidade dos rolos laminadores	1034 rpm
Espessura da massa no último rolo laminador	1,09mm

Quadro 12 – Dados após mudanças

Fonte: A autoria própria.

Após os parâmetros definidos, a coleta de dados C foi efetuada. A mesma, está descrita na Tabela 4.

Tabela 4 - Amostras C - após segunda modificação de parâmetros

Amostras C - (peso em gramas)				
86,5	81,0	83,5	83,5	84,5
87,0	83,5	79,0	83,0	84,0
79,0	84,5	84,0	84,5	81,5
83,0	80,0	88,5	84,5	85,0
84,5	82,0	84,0	80,5	81,0
84,5	87,5	82,5	78,0	85,5
82,5	81,0	82,5	82,0	78,5
85,5	79,5	81,5	84,0	83,5
87,0	86,0	82,5	83,5	76,5

Fonte: A autoria própria.

E mais uma vez, os resultados foram satisfatórios, partindo do teste de normalidade, como observado na Figura 39.

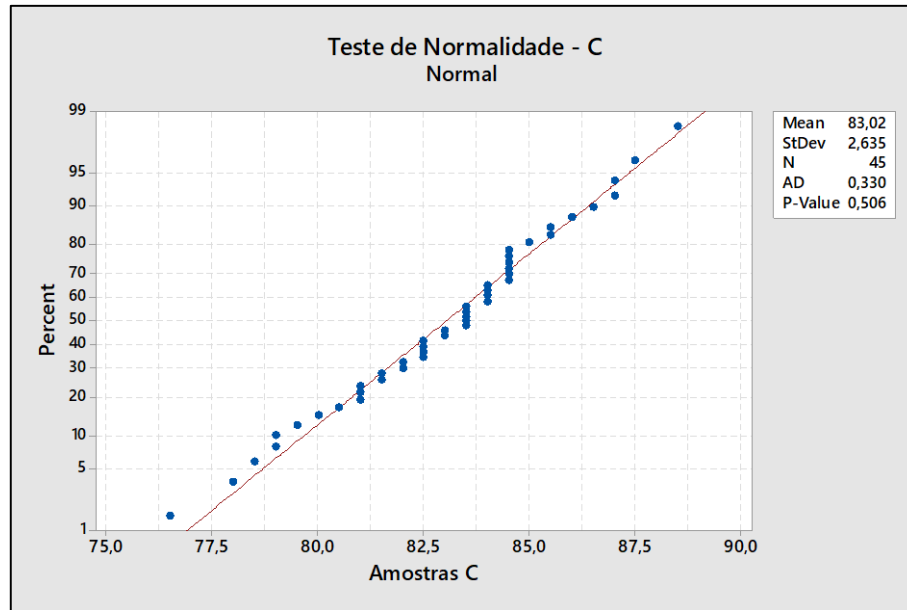


Figura 39 – Teste de normalidade C
Fonte: Autoria própria.

Ao analisar o histograma, pela Figura 40, observa-se que a média diminuiu ainda mais, sendo agora de 83,02, unimodal e com desvio de 2,635, valor muito próximo ao experimento B, fato que confirma que a variabilidade se mantém.

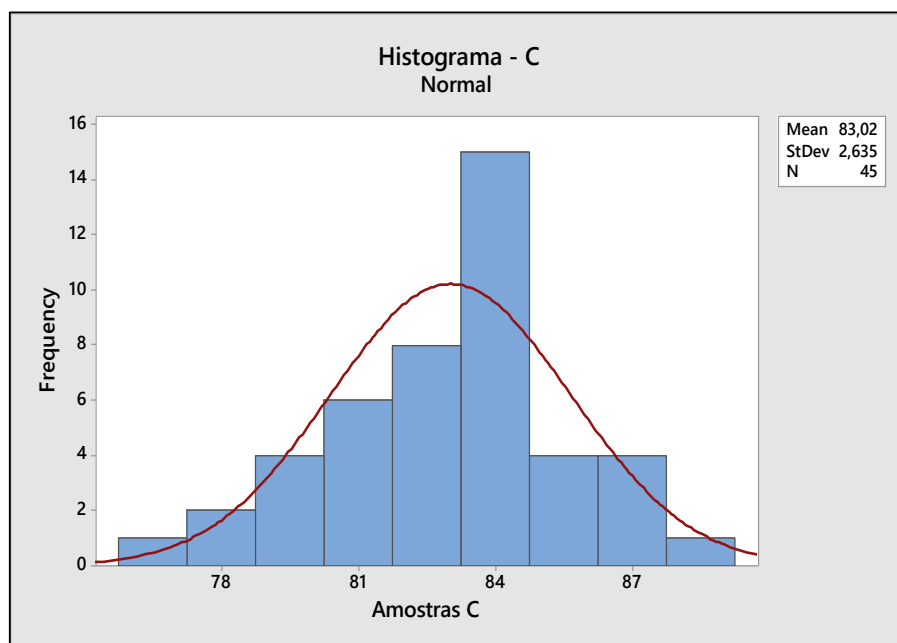


Figura 40 – Histograma C
Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma, o gráfico de controle, demonstra que o processo obteve uma pequena melhora considerando os pontos fora dos limites de controle, como pode ser observado na Figura 41.

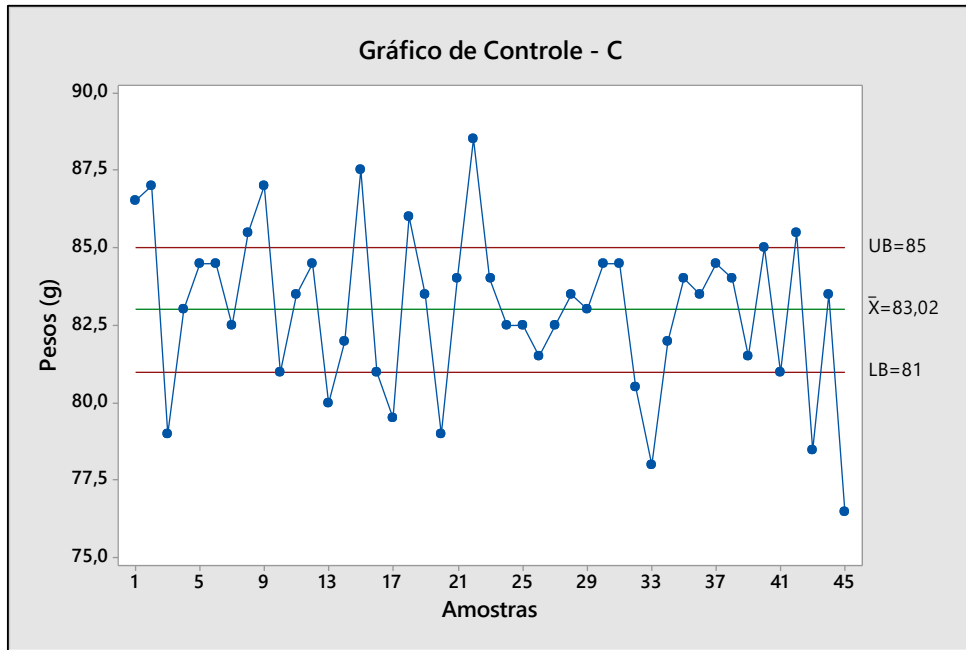


Figura 41 – Gráfico de controle – C
 Fonte: Autoria própria.

Por fim, a análise de capacidade, também confirma a melhora no processo, através do C_{pk} , o qual atingiu o valor de 0,25, no entanto, ainda incapaz conforme Slack *et al.* 2009, que considera um processo capaz quando atinge um C_{pk} maior que 1, como verifica-se na Figura 42.

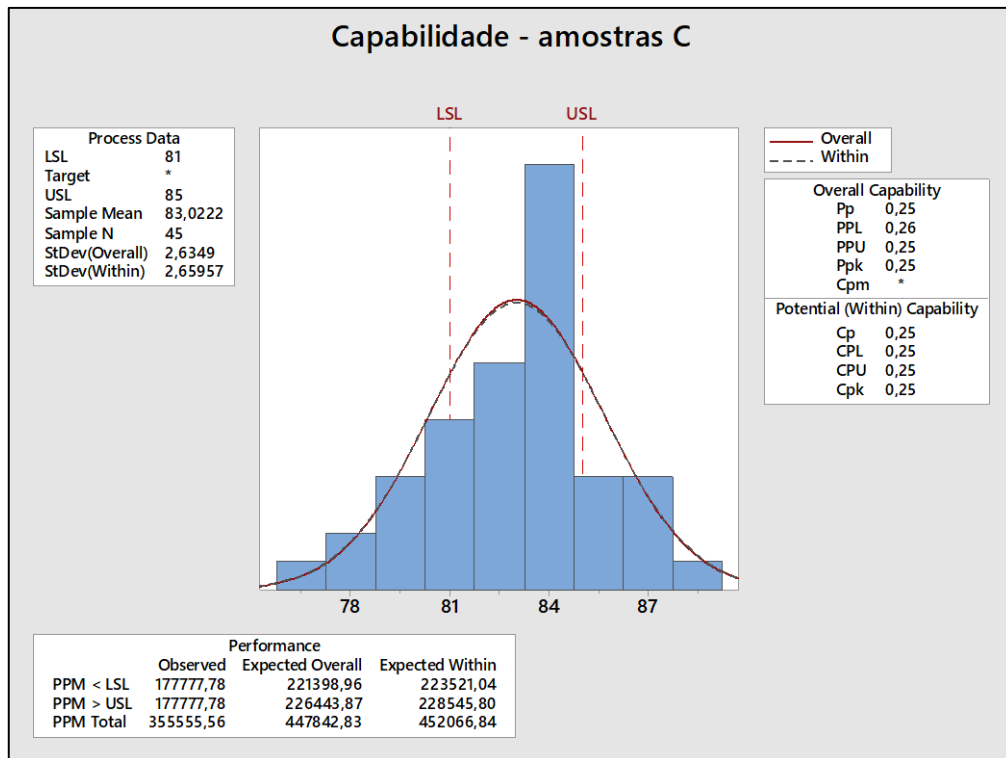


Figura 42 – Capabilidade C
 Fonte: Autoria própria.

Em vista dos resultados obtidos, a espessura pode ser reduzida, gerando melhores resultados ao processo, sem afetar a qualidade do produto. No entanto, é visto que a variabilidade dos dados é grande, fato que também foi investigado. Durante as visitas à empresa, buscou-se analisar cada etapa do processo, a fim de encontrar o motivo da variação do produto, uma vez que, o processo é todo automatizado.

Por meio de entrevistas e análises do processo, pode-se encontrar o local causador da grande variabilidade do produto. No momento em que os fios da massa são formados pelo rolo de corte, são também divididos em fileiras com largura ideal para o tablete. Entretanto, tais divisórias não estão adequadas, fazendo com que saiam mais fios em determinadas fileiras. Além de não serem comprimidos o suficiente, fato este que influencia também na qualidade do produto final. A Figura 43, etapa de formação dos fios da massa instantânea, e a Figura 44, mostra as divisórias citadas.



Figura 43 – Processo de formação de fios da massa instantânea
Fonte: Autoria própria.



Figura 44 – Divisórias do processo de formação dos fios
Fonte: Autoria própria.

Portanto, faz-se necessário encontrar uma melhor solução para esta etapa, de modo que os tabletes saiam com a mesma quantidade de fios, evitando assim variação de peso, observação que deve ser levada também ao setor de manutenção.

Ao implantar mudanças que acarretem em melhorias no desperdício gerado pelo sobrepeso, outros direcionadores do VOP podem se beneficiar como, perda de embalagem e reprocesso, pois, ao diminuir a variabilidade do produto, menor quantidade de embalagem será descartada, assim como, menor quantidade de produto necessitará voltar ao processo.

A presença de sachê incorreto, este só ocorre por erro manual, portanto, foi sugerido ao encarregado realizar mais treinamentos com seus colaboradores, para enfatizar a importância da utilização correta do produto, assim como, fazer *check lists* para verificar se tudo está conforme antes de iniciar o processo.

O índice de ociosidade de pessoas aumenta quando há paradas por máquinas em espera, logo, é visto que manutenções preventivas e até mesmo troca de equipamentos, devem ser priorizadas.

5.2.5 Control

Esta etapa tem como objetivo assegurar que as melhorias sejam monitoradas e averiguadas no processo real, ou seja, em larga escala, para que assim, se tenha a garantia de que o projeto atingiu suas expectativas, utilizando de ferramentas da qualidade para realizar monitoramentos, seguindo planos previamente definidos para tal.

Não foi possível acompanhar esta etapa, uma vez que a empresa ainda não implantou as mudanças sugeridas. Dessa forma, este trabalho propõe que ao implantar as melhorias ao processo, o controle seja realizado.

Sugere-se que novos projetos sejam iniciados a partir do *control*, pois, ao identificar novas oportunidades de melhoria, estas devem ter seus resultados previamente estudados com a metodologia DMAIC, ou ainda, relatar recomendações para atividades futuras, que possam vir a ser de grande valia para o processo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao grande avanço tecnológico e exigências de um consumidor mais ativo, o mercado encontra-se altamente competitivo, fazendo com que as empresas busquem maneiras de se destacar, além de repensar seus processos a fim de otimizá-los, produzindo de forma enxuta e com maiores níveis de qualidade. Dessa forma, atrelar métodos gerenciais e ferramentas ao nível de produção auxiliam no desenvolvimento dos processos.

Metodologias como *Lean Six Sigma*, estão sendo utilizadas cada vez mais nas indústrias, pois, através de ferramentas das mesmas, é possível atingir melhores resultados rapidamente e planejar a longo prazo. Logo, contribuem significativamente para o progresso ao identificar e eliminar ao máximo os desperdícios gerados. Sendo assim, a partir deste estudo pode-se observar na prática os possíveis ganhos com a aplicação do *Lean Six Sigma*, visto que, ao implantar as mudanças, o processo obterá melhorias consideráveis, e conseqüentemente irá aumentar sua produtividade.

Dentre os objetivos propostos inicialmente, todos foram atingidos a partir da metodologia DMAIC, na qual em sua primeira etapa, pode-se conhecer e levantar o processo produtivo da linha de massas instantâneas a ser estudada, assim como, entender suas necessidades e restrições. Do mesmo modo, foi possível identificar os desperdícios mais impactantes gerados no processo, compreendendo a voz do processo e do cliente externo.

Definido o desperdício principal a ser estudado, o sobrepeso, por atingir diversos outros fatores, pode-se também calcular a capacidade do processo, a fim de entender a real situação do mesmo, e assim, sugerir mudanças para adequá-lo. Para tanto, foi necessário realizar visitas, entrevistas, coletas de dados e análises, de modo a constatar que o sobrepeso e a variabilidade do processo são obstáculos para atingir a melhoria da produtividade, no entanto, podem ser minimizados.

Os resultados obtidos mostram que o sobrepeso é um grande desperdício, uma vez que, este afeta a lucratividade e produtividade da empresa. Também mostram que o processo precisa ser melhorado, pois, sua capacidade se apresenta baixa, o que acarreta em insatisfação. Além da variabilidade, fator que afeta diretamente ao consumidor final, e não somente ao processo interno.

Contudo, as sugestões deste trabalho se baseiam em diminuir a espessura da massa, ainda ao passar pelos rolos laminadores, fazendo com que a mesma fique mais fina e assim tenha seu peso diminuído. Além disto, deve haver uma padronização no rolo de corte, para que cada tablete de massa seja formado com a mesma quantidade de fios, desenvolvendo um método mais preciso de divisão do mesmo. Ainda, com este estudo, foi visto que o gerenciamento do processo e dos colaboradores pode ser aperfeiçoado, para que haja maior aproveitamento de recursos, como, mão de obra, matéria-prima e tempo.

Para obtenção dos resultados, foram realizados experimentos e análises, que possibilitaram o desenvolvimento de sugestões de melhoria à empresa, a qual, analisará a possibilidade de implantação. Devendo a mesma, manter a metodologia DMAIC para analisar o processo, a fim de sempre buscar soluções e oportunidades de melhoria.

Por fim, o objetivo geral deste estudo, melhorar a produtividade da linha de massas instantâneas com a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* em uma indústria alimentícia, pode ser atingido ao definir, mensurar, analisar e controlar os desperdícios gerados, apresentando soluções práticas e satisfatórias ao processo. Portanto, apresenta-se uma pesquisa e levantamento de oportunidades à empresa, deixando como sugestão para futuros trabalhos a aplicação e controle destas soluções, assim como, o estudo de novas possibilidades de melhoria.

REFERÊNCIAS

ABIMAPI – **Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados**. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/index.php>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A. **Estatística aplicada à administração e economia**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

BACK, L. **Matérias-primas e insumos: possíveis influências nos processos de produção em uma indústria de produtos alimentícios**. 2011. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. **Estatística: para cursos de engenharia e informática**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BLAUTH, R. Seis Sigma: uma estratégia para melhorar resultados. **FAE Business**, Curitiba, n.5, abr., 2003. Disponível em: <https://ecitydoc.com/download/seis-sigma-uma-estrategia-para-melhorar_pdf>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BOAVENTURA, E. M. **Metodologia da Pesquisa: monografia, dissertação e tese**. São Paulo: Atlas, 2004.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARPINETTI, L. C. R.; MIGUEL, P. A. C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da qualidade ISO 9001:2008: princípios e requisitos**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COSTA R.S.; JARDIM E.G.M. **Os cinco passos do pensamento enxuto**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.trilhaprojetos.com.br>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

CRUZ, N. M. P. **Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos**. 2013. 64 f. Tese (Engenharia e Gestão Industrial) – Ciclo de estudos integrados conducentes, Universidade do Minho Escola de Engenharia, 2013. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/26677/1/Dissertacao_MIEGI_Nuno%20Cruz_2013.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamento da administração da produção**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle da produção**: dos fundamentos ao essencial. São Paulo: Atlas, 2010.

FERNANDES, S. T.; MARINS, F. A. S. Aplicação do Lean Six Sigma na logística de transporte. **Revista produção online**, Guaratinguetá, v.12, n.2, 2012. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/763/907>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

FISTER, C. G. **Controles de qualidade utilizados em empresas agroindustriais no polo regional de Ponta Grossa/PR**. 2014 35 f. Monografia (Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5927/1/PG_CEEP_2014_1_10.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa**: projetos e relatórios. São Paulo: Loyola, 2003.

INVESTIMENTOS E NOTÍCIAS. **ABIMAP registra estabilidade do setor em 2017**. Março, 2018. Disponível em:

<<http://www.investimentosenoticias.com.br/noticias/negocios/abimapi-registra-estabilidade-do-setor-em-2017>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos da metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 29 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2010.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; TERRA, V. T. **Estratégia Seis Sigma: em busca de competitividade**, Salvador, out. 2009. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_092_626_13103.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2018.

MARION FILHO, P. J.; DALLA CORTE, V. F. As estratégias e a estrutura da indústria de massas alimentícias do Rio Grande do Sul. **Revista de Negócios**, Blumenau, v.16, n.3, p.96 – 112. Jul./Set., 2011.

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

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração**. São Paulo: Atlas, 2011.

MONTGOMERY, D. C.; (Trad.) FARIAS, A. M. L.; FLORES, V. R. F. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4 ed. Rio de Janeiro: LCT, 2013.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 5 ed. Rio de Janeiro: LCT, 2012.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

OHNO, T.; (Trad.) SCHUMACHER, C. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PANDE, P.; ET AL. **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 472 p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C.; **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

RIANI, A. M. **Estudo de Caso: O Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. Minas Gerais, 2006. 52 f. Monografia (Engenharia de Produção) - Universidade Federal De Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jan2007_alineriani.pdf>. Acesso em: 07mai. 2018.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. 1 ed. São Paulo: Atlas 2013.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4 ed. 138 p. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R.; (Trad.) OLIVEIRA, M. T. C. **Administração da produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUSA, T. B.; MARCHIZELLI, C. L.; TAROCO, D. **Aplicação da metodologia Seis Sigma em uma indústria alimentícia: um estudo de caso**. Bauru, nov. 2012. Disponível em: <http://www.academia.edu/8600584/APLICA%C3%87%C3%83O_DA_METODOLOGIA_SEIS_SIGMA_EM_UMA_IND%C3%A9STRIA_ALIMENT%C3%8DCIA_UM_ESTUDO_DE_CASO>. Acesso em: 07 jun. 2018.

TEIXEIRA, A. F. **A importância do planejamento financeiro em empresas familiares de pequeno porte**. Jun. 2008. Disponível em Comunidade ADM: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/a-importancia-do-planejamento-financeiro-em-empresas-familiares-de-pequeno-porte/23388/>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WERKEMA, C. **Criando a cultura *Lean Seis Sigma***. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, M. C. C. **Seis Sigma: Criando a Cultura Seis Sigma**. Vol.1. Nova Lima - MG: Werkema Editora, 2004.

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