

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

TOMÁS RODRIGUES CARVALHO

**Utilização do método DMAIC para a redução da perda de matérias-primas em
uma linha de produção de chocolates moldados**

Lorena
2019

TOMÁS RODRIGUES CARVALHO

**Utilização do método DMAIC para a redução da perda de matérias-primas em
uma linha de produção de chocolates moldados**

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo como requisito para conclusão da Graduação do curso de Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Lucrécio Fábio dos Santos

Lorena
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Carvalho, Tomás Rodrigues

Utilização do método DMAIC para a redução da perda de matérias-primas em uma linha de produção de chocolates moldados. / Tomás Rodrigues Carvalho; orientador Lucrécio Fábio dos Santos. - Lorena, 2019. 44 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Química - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2019

1. DMAIC. 2. Sobrepeso. 3. Chocolate. 4. Redução.
I. Título. II. Santos, Lucrécio Fábio dos, orient.

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos, o meu mais sincero obrigado.

Aos meus pais, Elizete e Giovani que prepararam com maestria o terreno para que eu pudesse crescer e me tornar uma pessoa melhor. Sou muito grato pela educação que recebi e pelas diversas influências positivas que absorvi dentro de casa até o presente momento.

À minha irmã Paula e todas as calorosas discussões e contradições que serviram para aumentar o meu senso crítico e a minha própria noção de ser. O amor vindo dela é genuíno e puro. Isto alenta o meu coração.

Aos meus veteranos. Em especial Pedro, Mário, Rafael e André pelos aprendizados em uma fase de transição e pela duradoura amizade construída mesmo com a distância e as obrigações da vida profissional.

Aos meus colegas de república. BBB, Satoru, Flávio, FEG, Calegari, Zema, Bomba, Mobral, DJ, Febem, Cris e Greg pelas bagunças e por me fazer passar os melhores momentos da minha vida.

Ao Marcos Langoni, meu companheiro de empresa e grande amigo. Começamos uma jornada juntos e gostaria de eternizar a importância que você teve em toda a construção da minha prematura vida profissional. Sancho Pança, muito obrigado.

Ao professor Lucrécio Fábio, pela paciência e assertividade em todo o processo de orientação durante o desenvolvimento deste trabalho. Ressalto também a amizade construída entre nós ao longo do curso e as conversas muito esclarecedoras sobre futuro profissional.

Faltam palavras para agradecer a grandeza de todos que me trouxeram até aqui. Fico com o clichê e com a certeza de que ainda vou agradecê-los muito nos próximos passos e vitórias que a vida me reserva.

RESUMO

CARVALHO, T. R. **Utilização do método DMAIC para a redução da perda de matérias-primas em uma linha de produção de chocolates moldados.** 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – EEL, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

O controle e constante redução de perdas de insumos nos processos fabris é um fator determinante para o sucesso de uma empresa de alimentos, visto que o custo de matérias-primas é um dos maiores impactantes no valor final do produto. O método DMAIC serve como guia de raciocínio para a investigação dos principais contribuintes para a geração de perdas de matéria-prima em um processo fabril. Assim, o presente trabalho propôs a aplicação do método DMAIC para a redução de perdas de chocolate ao leite em um produto do tipo moldado, fabricado em uma linha prioritária de uma fábrica de chocolates no Brasil. Para tanto, estudou-se a influência da arquitetura do produto e das proporções de cada componente para a garantia da menor perda de massa de chocolate no processo. Variadas medições de peso e dimensões dos componentes intermediários foram conduzidas a fim de se determinar as variabilidades nos processos anteriores à formação do produto. De posse dos dados obtidos, iniciou-se um processo de tratamento dos valores por meio de ferramentas estatísticas do software Minitab®. Os gráficos gerados foram então compilados e serviram de base para as análises de causa-raiz dos problemas, conduzidas pela utilização de ferramentas da qualidade, das quais destacam-se o Diagrama de Ishikawa e o método dos 5 Porquês. Após a identificação das causas para as variações, conduziu-se um trabalho de implementação de melhorias e restauração de condições básicas para a eliminação ou mitigação destas variações e consequente reflexo na redução das perdas por variação da dosagem das matérias primas na linha de produção. Os resultados obtidos após a finalização das ações demonstraram uma redução consistente nas variações de peso e dimensões dos produtos intermediários e, por consequência, uma maior estabilização do produto moldado. Após a implementação das ações do projeto evidenciou-se uma redução média no desperdício da massa de chocolate de 46% para o produto estudado. A queda na perda dessa matéria prima representou um ganho médio de R\$40.000 ao mês para a empresa de acordo com valoração realizada pelo setor de finanças e controle.

Palavras-Chave: DMAIC. Sobrepeso. Chocolate. Redução.

ABSTRACT

CARVALHO, T. R. Use of the DMAIC methodology for the reduction of raw material losses in a molded chocolate production line. 2019. 43 p. Monograph (Undergraduate in Chemical Engineering) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

The management of losses at a manufacturing process is a determining factor for the success and growth of a food company, as the price of raw materials has a great impact on the product's final costing. The DMAIC method, part of the Six Sigma strategy, is a reasoning guide for the investigation of the main contributors for the general losses in a process. The present work proposed the application of the DMAIC for the reduction of chocolate losses in a molded type product, manufactured in a line of a chocolate factory in Brazil. In order to do so, it also sought to study the influence of the product architecture and the proportions of each component to guarantee the minimum chocolate mass loss in the process. Measurements of weight and dimensions of the intermediate components were conducted to determine the variability in the processes prior to the formation of the final product. The data were treated by statistical tools of the software Minitab® and the outcome graphs were compiled to be used as a basis for root cause analysis conducted using quality tools, such as the Ishikawa Diagram and the 5 Whys method. After identifying the causes for the variations, a work was carried out to implement process improvements and to restore the equipment's basic conditions. The results showed a consistent reduction in the weight and size variations of the intermediate products and, consequently, a greater stabilization of the molded product. After the implementation of the suggested changes on the process, an average reduction in chocolate waste of 46% was verified on the first 11 months of the controlling phase. The reduction of the losses of this specific raw material represented an average saving of R\$ 40,000 per month for the company.

Keywords: PDCA. Efficiency. Stability. Rework

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos e ferramentas das etapas do DMAIC.	14
Figura 2 – Etapas de uma investigação-ação.	17
Figura 3 – Proporções dos componentes do produto e a sua relação com a perda de massa de chocolate.	18
Figura 4 – Fluxograma de caixa do processo de fabricação do produto terminado...	19
Figura 5 – Principais perdas da linha de produção.	26
Figura 6 – Representação gráfica de histórico anual de perdas.	27
Figura 7 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 1 antes das ações do projeto.	28
Figura 8 – Teste de capacidade para a espessura do intermediário 1 antes das ações do projeto.....	29
Figura 9 – Teste de capacidade para a espessura do intermediário 1 após as intervenções do projeto.....	30
Figura 10 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 1 após as intervenções do projeto.....	31
Figura 11 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 2 antes das ações do projeto.	32
Figura 12 – Diagrama de caixa para a espessura do intermediário 2 antes das ações do projeto.	33
Figura 13 – Regressão quadrática entre a espessura e o peso do intermediário 2. ...	34
Figura 14 – Recorte do Diagrama de Ishikawa para o problema prioritário.	35
Figura 15 – Recorte do teste dos 5 porquês para uma das causas.	36
Figura 16 – Recorte da matriz de Impacto x Esforço para o problema prioritário.	37
Figura 17 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 2 após as intervenções do projeto.....	38
Figura 18 – Evolução da perda percentual de massa de chocolate após intervenções do projeto.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Contextualização	9
1.1.1	Objetivos	10
1.1.2	Objetivos específicos	10
1.2	Justificativa.....	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Perdas na indústria alimentícia.....	11
2.2	Seis sigma.....	11
2.3	DMAIC.....	13
2.3.1	Definir	14
2.3.2	Medir.....	15
2.3.3	Analisar.....	15
2.3.4	Implementar	16
2.3.5	Controlar.....	16
3	METODOLOGIA.....	17
3.1	Método de pesquisa	17
3.2	Definições do produto.....	17
3.3	Fluxograma de processo	18
3.4	Metodologia DMAIC.....	20
3.4.1	Etapa definir	20
3.4.2	Etapa medir	21
3.4.3	Etapa analisar.....	23
3.4.4	Etapa implementar	24
3.4.5	Etapa controlar	25
4	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	26
4.1	Aplicação da ferramenta DMAIC	26
4.1.1	Etapa definir	26
4.1.2	Etapa medir	27
4.1.3	Etapa analisar.....	34
4.1.4	Etapa implementar	37
4.1.5	Etapa controlar	39
5	CONCLUSÕES	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Dados de 2018 da Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas (ABICAB, 2019), mostram que a produção de chocolates no Brasil apresentou uma leve recuperação em 2017 após a crise econômica instaurada no país nos anos de 2015 e 2016, com uma variação positiva de 0,3%. As exportações também cresceram no período, com um superávit de US\$ 2,5 milhões, quando comparados os anos de 2016 e 2017.

O cenário otimista para o mercado de chocolates no país conduz a um natural aumento na competitividade no setor, que é atualmente dominado pelos grupos Nestlé com 44,1% de participação no mercado e pela Mondelez (antiga Kraft Foods), a qual é detentora de 32,5% do Market Share (AYRES, 2016).

O contexto apresentado acima deixa explícita a necessidade latente da redução de custos para a otimização de lucros e aumento da competitividade das empresas do setor alimentício. Essa redução de custos pode ser obtida de diversas maneiras, dentre as quais destacam-se a otimização de mão de obra, investimento em tecnologia ou ainda a diminuição dos desperdícios em um processo produtivo.

Diversas metodologias são conhecidas por sua efetividade na eliminação de defeitos de um processo e consequente redução dos desperdícios na produção. Duas delas, Seis Sigma e *Lean Manufacturing*, são adotadas na empresa em que o presente trabalho foi conduzido, acompanhando uma tendência global já datada da década de 70 e ainda muito forte em diferentes ramos da manufatura.

Nesse contexto, a utilização de ferramentas típicas dessas metodologias - como o diagrama de Ishikawa, método dos 5 porquês, Brainstorming, entre outros - é comprovadamente efetiva para a resolução de problemas crônicos dentro da indústria e, quando combinadas dentro de métodos como o DMAIC - sigla para Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar - tornam-se mais que uma forma de resolver problemas, pois também há a possibilidade de desenvolver pessoas e grupos de trabalho.

1.1.1 Objetivos

Reduzir a perda de chocolate ao leite em uma linha de produção de chocolates moldados por meio da aplicação da metodologia DMAIC.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Selecionar quais serão as principais rotas de estudo para a identificação das causas raízes dos problemas levantados;
- ✓ Coletar dados relevantes sobre o processo em estudo;
- ✓ Analisar estatisticamente os dados obtidos junto à equipe de projeto;
- ✓ Priorizar as ações implementadas a curto, médio e longo prazo para a eliminação das causas raízes identificadas.

1.2 Justificativa

Conforme Ramos *et al.* (2014), o gerenciamento de projetos de forma eficiente é um dos fatores determinantes para a sobrevivência de uma empresa no cenário atual. Nesta linha, a empresa concedente do estágio realizado pelo autor do presente trabalho utiliza os conceitos de Lean Six Sigma e mais precisamente o DMAIC como metodologia para a condução dos projetos internos na companhia.

O DMAIC é um método amplamente estudado e comprovadamente eficaz para a solução de problemas dentro e fora da indústria. Segundo Sloan e Russel (2005) citados por Rezende (2015), “sua aplicação combate problemas obtendo resultados drásticos, sustentáveis e mensuráveis.”

A linha de produção escolhida para a condução do trabalho é uma das linhas prioritárias para a fábrica de chocolates em que se conduziu o projeto. A constante redução das perdas e desperdícios nos processos decorrentes desta linha de produção geram um bom retorno financeiro para a empresa, justificado pelo alto volume de produção da linha e pelo alto valor agregado do produto em questão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Perdas na indústria alimentícia

A definição clássica da palavra perda nem sempre retrata de maneira fidedigna o observado nas indústrias e processos modernos. Segundo o dicionário Aurélio (2018), a perda está associada à “Carência, privação do que se possuía, extravio, sumiço, dano, prejuízo, ruína, O objeto perdido., sem perda de tempo: imediatamente.” Apesar de ampla, esta definição não contempla a principal correlação moderna ao termo perda: a ineficiência.

Esteves e Moura (2010) pontuam que a existência de um sistema produtivo pressupõe inerentemente a presença de perdas. O desempenho de um processo depende, portanto, diretamente da grandeza de suas perdas e desperdícios. A constante busca pela eliminação ou redução destes incômodos é de extrema relevância para que um negócio alcance a excelência em suas operações.

De acordo com de Brum (2006), as perdas estão também associadas a utilização de recursos desnecessários para a obtenção do desejado ao fim do processo. O autor ainda pondera que na perspectiva da qualidade as perdas não necessariamente estão restritas ao produtor e podem refletir sobre o consumidor final, o que vai totalmente contra ao objetivo de qualquer companhia que deseje se sustentar em um ambiente competitivo.

A fim de reduzir as perdas na manufatura e concomitantemente aprimorar a qualidade de seus produtos, as empresas frequentemente utilizam ferramentas da Qualidade para a otimização de seus processos. De acordo com Eckes (2001) mesmo com produtos e serviços inovadores, são as empresas que oferecem melhor qualidade em seus produtos que vencem a concorrência. Ainda de acordo com Eckes (2001) o método seis sigma é eficaz em auxiliar negócios a sobrepuem a concorrência e já foi utilizado e validado em várias partes do mundo.

2.2 Seis sigma

O conceito de Seis Sigma é frequentemente associado às iniciativas de Lean Manufacturing e, esta combinação se deu, segundo Santos (2010) por uma

tentativa de redução do tempo médio de implementação dos projetos nas empresas.

Conforme Werkema (2006), o objetivo principal da estratégia Seis Sigma é o aumento da performance e, portanto, do lucro das empresas. O meio pelo qual este aumento é explicitado passa pela melhoria da qualidade dos produtos e, conseqüentemente, resulta no aumento da satisfação dos consumidores. Werkema (2006) ainda pondera que o berço desta metodologia está na Motorola, empresa americana baseada em Schaumburg, Illinois, que buscava em 1987, enfrentar a concorrência por meio da fabricação de produtos com qualidade superior e preços competitivos.

O aumento da qualidade dos produtos e redução de custos não são os únicos benefícios da utilização da estrutura Seis Sigma por uma companhia ou indústria. Pande, Neuman e Cavanagh (2001) reportam que há ao menos outros seis ganhos diretos, dos quais destacam-se:

- Crescimento de produtividade,
- Conquista de uma maior fatia de mercado (Market Share),
- Fidelização de clientes,
- Eliminação ou redução de defeitos,
- Transformação cultural da empresa,
- Desenvolvimento de produto/serviço.

O mercado brasileiro também se adaptou gradativamente ao sistema Seis Sigma e, como complementado por Werkema (2006), o primeiro grupo a utilizar este sistema no país foi o grupo Brasmotor (Multibrás e Embraco) e o retorno direto deste investimento foi de mais de 20 milhões de reais a partir da conclusão dos primeiros projetos. Este ganho significativo chamou a atenção de outras empresas nacionais que também adotaram a metodologia que atualmente é amplamente difundida no meio industrial.

Na prática, todo o conceito de Seis Sigma está ligado direto ou indiretamente à redução ou eliminação de variações em um processo. Desta maneira Cox¹ (2016) de forma pragmática e sucinta, define “Seis Sigma é a gestão das fontes de variação em relação a requisitos de performance”.

¹ Trecho traduzido pelo autor.

Por meio da interpretação de Seis Sigma focada em variação pode-se condensar a abrangência do método para um processo em quatro passos básicos:

- identificação e quantificação de fontes de variação;
- controle das fontes de variação;
- eliminação ou redução das fontes de variação;
- antecipação (prevenção) das fontes de variação de um processo.

Diversas ferramentas da qualidade são utilizadas dentro da metodologia Seis Sigma para a condução de um estudo que leve à redução das variações de um processo. Como reportado por Eckes (2001), dentre as ferramentas disponíveis e amplamente difundidas, destacam-se: Diagrama de Pareto, Diagrama de causa-efeito, Histogramas, Folhas de Verificação, Gráficos de Dispersão, Cartas de Controle e Fluxogramas. Estas são as chamadas 7 ferramentas da qualidade e são constantemente combinadas dentro de métodos como o DMAIC para a condução de trabalhos dentro de empresas.

2.3 DMAIC

De acordo com Rodrigues e Werner (2008), o método mais usual e, portanto, o mais utilizado na metodologia do Seis Sigma é o DMAIC, sigla para Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar. Há, entretanto, outros métodos que visam a melhoria de processos e aumento da qualidade de produtos, como o M/PCpS (*Machine/Process Characterization Study*). Para Andrietta e Miguel (2002), este, semelhantemente ao DMAIC, é dividido em 5 etapas: Delinear o processo, caracterizar a metrologia, determinar a capacidade, otimizar e controlar.

O DMAIC é uma ferramenta dinâmica e pode ser delimitada a partir da necessidade da empresa ou do projeto em que é utilizada. Frequentemente as companhias definem padrões internos para a execução deste método e realizam certificações para os grupos de trabalho que completam todo o ciclo e o comprovam por meio da obtenção de resultados consistentes. Apesar de ser facilmente adaptável, a estrutura de um DMAIC é universal, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Objetivos e ferramentas das etapas do DMAIC.

ETAPA	Objetivos	Ferramentas
DEFINIR	Definir o escopo do projeto: importância, equipe, cronograma...	<i>Project Charter</i> ; Gráficos de Controle; Análise de séries temporais; Voz do Cliente (VOC); Análises econômicas
MEDIR	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados; coletar dados	Coleta de Dados; Estratificação; Amostragem; Folha de verificação; Diagrama de Pareto; Histograma; Índice de capacidade
ANALISAR	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema	Fluxograma; Mapa do processo/ produto; FMEA; <i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; Planejamento de Experimentos
IMPLEMENTAR	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e implementá-las	<i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; FMEA; Teste de mercado; <i>Stakeholder Analysis</i> ; Simulação; 5W2H; PERT/CPM
CONTROLAR	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo e padronizar as alterações	Cartas de controle; Histograma; Índice de capacidade; Manuais; Procedimento padrão; Relatório de Anomalias; Reuniões

Fonte: Adaptado de Rodrigues e Werner (2008).

Como apontado por Coloço (2014), o desenvolver de um projeto orientado pelo método DMAIC deve ser medido por meio de indicadores pertinentes ao problema descrito e estes indicadores ou índices devem culminar em ganhos de qualidade, tempo e consequentemente, custos.

Normalmente, um projeto DMAIC não se estende por mais de um ano, podendo ser aplicado em três, seis ou até nove meses, dependendo de sua complexidade. Ainda como reportado por Coloço (2014) existem estimativas de tempo gasto em um projeto para cada uma das etapas do DMAIC: 2% para a etapa definir, 25% para a medir, 45% na etapa analisar, 25% para implementar e 3% para controlar.

2.3.1 Definir

A etapa definir consiste na delimitação do problema a ser estudado por meio da descrição detalhada deste e da definição de uma meta que seja consoante com os interesses da organização. Uma vez que um projeto DMAIC é sempre construído em equipe, de acordo com Werkema (2004), uma boa descrição do problema é

fundamental para o correto entendimento da situação por parte de todos os envolvidos no trabalho.

2.3.2 Medir

As análises estatísticas estão diretamente ligadas à existência de dados confiáveis que permitam inferências por parte de um observador. Não diferente, o método DMAIC apresenta uma etapa totalmente dedicada à coleta de dados e esta etapa é chamada de medir (*measure*).

De acordo com Werkema (2006), a coleta dos dados deve ser feita diretamente no ponto em que o problema é gerado e recursos que vão além de dados numéricos podem ser utilizados, como filmagens, gravações e fotografias.

Nesta etapa, deve-se delimitar ao máximo o escopo das medições para que o trabalho não perca a sua objetividade. Deve-se, segundo Werkema (2006), “dividir o problema em problemas menores ou subproblemas de menor escopo, mais específico e de mais fácil solução”.

2.3.3 Analisar

O passo mais complexo e determinante para um DMAIC é a terceira etapa, conhecida como analisar (*analyse*). É nesta etapa que as causas fundamentais, ou causas raízes dos problemas são descobertas e analisadas de forma profunda.

De acordo com Werkema (2006), é necessário que se utilize as ferramentas adequadas nesta etapa, de maneira a se obter uma definição clara da variação do processo estudado e qual a maneira mais efetiva de eliminá-la.

A etapa analisar é comumente associada à utilização de ferramentas estatísticas avançadas, com atual destaque para a frequente utilização de softwares como o Minitab. Além destas ferramentas estatísticas, a etapa analisar também contempla ferramentas de análise de causa raiz e Werkema (2006) sugere o uso de algumas delas: Método dos 5 Porquês, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), planejamento de experimentos, entre outros.

Nesta etapa, é de grande importância a definição de um problema prioritário para que as causas para este problema sejam analisadas. Problema prioritário é aquele em que se observa maior efeito sobre a variação estudada. A priorização

ajuda em uma boa distribuição de recursos durante as análises e garante a obtenção de resultados significativos ao fim do trabalho.

2.3.4 Implementar

A etapa implementar está diretamente ligada à realização de um plano de ação para a melhoria do processo em estudo e eliminação das causas raízes que geram as variações indesejadas. Pande, Neuman e Cavanagh (2001) relatam que esta etapa pode ter maior duração do que o inicialmente previsto, uma vez que as soluções propostas devem ser testadas e os resultados após mudanças devem ser medidos, a fim de garantir o sucesso da iniciativa.

Nesta etapa, padrões são elaborados de forma a sustentar os resultados obtidos e caso as metas não sejam alcançadas, uma nova análise torna-se necessária.

2.3.5 Controlar

A quinta e última etapa de um DMAIC é conhecida como controlar (*control*) e é considerada fundamental para a continuidade do processo de melhoria contínua aplicada durante o desenvolvimento do trabalho. Para esta etapa, é necessário criar um plano de controle que garanta que qualquer desvio ou variação acima do desejado seja detectável, acompanhado e facilmente corrigido.

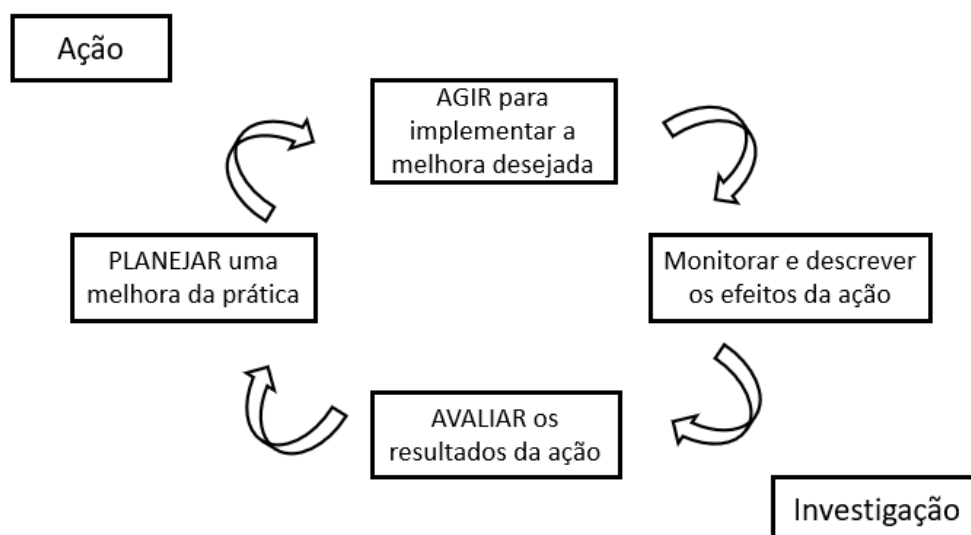
3 METODOLOGIA

3.1 Método de pesquisa

O presente trabalho tomou como método de pesquisa a abordagem conhecida como “Pesquisa Ação”.

Tripp (2005) discorre que a pesquisa-ação é um subtipo da chamada investigação-ação e está condicionada a um ciclo básico de quatro etapas, todas permeadas pelo aprendizado: Planejamento, implementação, monitoramento e avaliação. A Figura 2 apresenta essas fases e a forma em que são conectadas.

Figura 2 – Etapas de uma investigação-ação.



Fonte: Adaptado de Tripp (2005, p. 446).

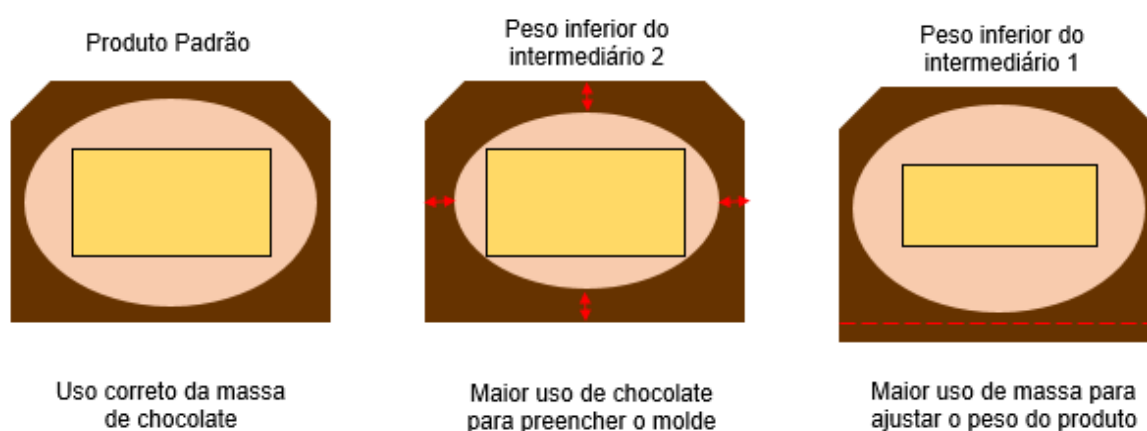
Com o intuito de preservar as informações confidenciais da empresa patrocinadora do projeto, optou-se para a redação da monografia por descrever os processos e equipamentos envolvidos ao longo do estudo de forma genérica. Apresenta-se, portanto, todos os valores de forma relativa (percentual) e as representações gráficas com valores sensíveis omitidos.

3.2 Definições do produto

O objeto de estudo do presente trabalho é um chocolate moldado com dois produtos intermediários e a variação da massa ou dimensões destes produtos

influencia diretamente no peso e nas proporções finais do produto terminado. Toda flutuação no peso do produto moldado que gere sobrepeso impacta na variação de uso dos componentes primários (matérias primas). As duas situações de desproporcionalidade entre os componentes do produto estão ilustradas na Figura 3, sendo o intermediário 1 a caixa amarela e o intermediário 2 a junção da caixa amarela com a circunferência rosada.

Figura 3 – Proporções dos componentes do produto e a sua relação com a perda de massa de chocolate.



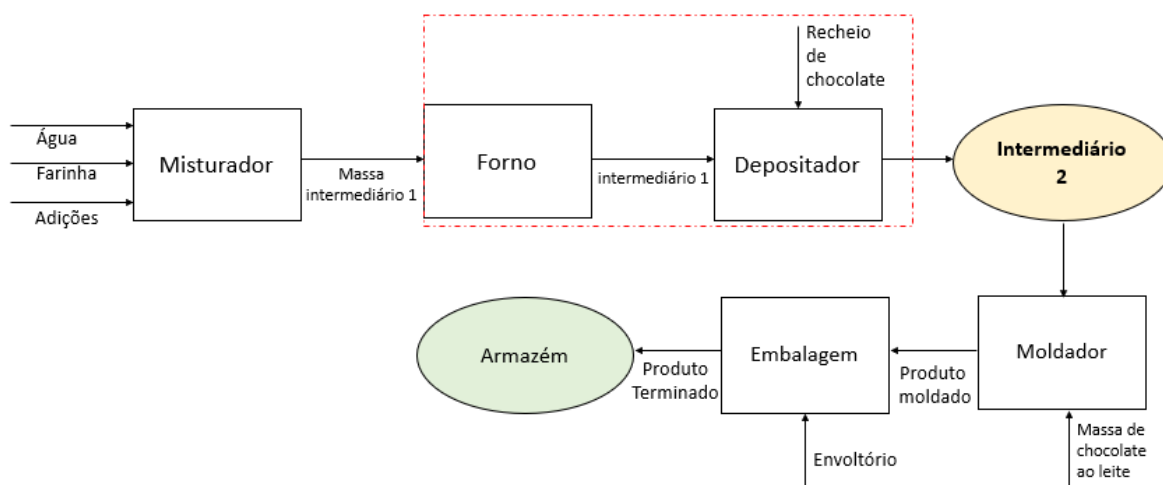
Fonte: Próprio autor.

Os produtos intermediários são fabricados em um processo contínuo de produção. Todas as etapas e as fontes das variabilidades são descritas na seção 3.3.

3.3 Fluxograma de processo

O fluxograma de caixa que descreve o fluxo de materiais durante o processo de fabricação do produto terminado está detalhado na Figura 4. No escopo do trabalho delimitou-se a tomada de ações para mitigação das variações encontradas nos dois intermediários, portanto direcionou-se o foco das ações para os equipamentos e processos destacados dentro da caixa vermelha (forno e depositador).

Figura 4 – Fluxograma de caixa do processo de fabricação do produto terminado



Fonte: Próprio autor.

Na primeira etapa de fabricação do produto ocorre uma mistura dos ingredientes em um misturador para a formação de uma massa homogênea. Essa massa é então cozida em uma segunda etapa que consiste em um forno industrial. O forno opera de forma contínua e, tanto o seu movimento constante quanto o desgaste de seus componentes podem ocasionar defeitos no intermediário 1. Os defeitos gerados neste subproduto, se muito exagerados, resultam na segregação deste intermediário para retrabalho. Os pequenos defeitos que podem ser absorvidos no processo, como a variação de espessura e peso, não impactam diretamente no funcionamento da linha e foram objeto de estudo deste trabalho.

A terceira etapa é composta de um depositador que recebe por meio de transportadores o intermediário 1 (processo contínuo) e combina esse com um recheio de chocolate, formando o intermediário 2. Este processo também gera defeitos, uma vez que o depósito de recheio é suscetível a variações diversas, tanto devido às características do recheio quanto aos ajustes do depositador.

A penúltima etapa consiste na junção do intermediário 2 e da massa de chocolate em um molde. Como a cavidade do molde tem dimensão fixa, toda a variação no intermediário 2 é compensada pela massa de chocolate depositada, o que gera a variação de uso nesse componente.

A última etapa é o acondicionamento do produto já moldado em uma embalagem específica, para preservação das suas características a longo prazo.

3.4 Metodologia DMAIC

O projeto foi acompanhado internamente por um profissional qualificado da empresa concedente do estágio do autor.

3.4.1 Etapa definir

Para a definição do escopo do projeto utilizou-se a base de dados disponível no software de gestão SAP adotado na empresa.

Esta definição baseou-se no detalhamento dos dados históricos da perda analisada. Para o desenvolvimento desta etapa utilizou-se dados consolidados de doze meses, entre janeiro de 2018 e dezembro de 2018, do consumo mensal relativo de massa ao leite na linha em que se delimitou o estudo. Essa base de dados é definida pelo departamento de projetos da empresa e serve para qualquer análise histórica, salvo exceções alinhadas com a gerência. Traçou-se também uma linha média dos valores do período e analisou-se tendências ou a sazonalidades nos dados, bem como identificou-se a presença ou ausência de pontos anormais. A presença de pontos anormais contamina a análise estatística e, portanto, estes foram eliminados dos cálculos.

Para a obtenção do consumo mensal relativo da massa ao leite utilizou-se o conceito de “variação de uso” ou “variação de uso material”. Neste conceito comparou-se o valor real de material consumido no processo - obtido por meio de medições diretas - e o valor teórico de consumo considerando-se uma perda nula. Para a obtenção da quantidade teórica de consumo da massa ao leite baseou-se nas proporções padrão entre os materiais constituintes do produto em estudo. Estas proporções são definidas pelo departamento de desenvolvimento da empresa e constam no sistema de gestão de receitas utilizadas na fábrica. As equações (1) e (2) expõe como é realizado o cálculo da variação de uso do material estudado.

$$Uso\ teórico\ (kg) = Qtd\ produzida\ (kg) * Proporção\ do\ componente\ (%) \quad (1)$$

$$Variação\ mensal\ (%) = \frac{Uso\ real\ (kg) - Uso\ teórico(kg)}{Uso\ teórico\ (kg)} \quad (2)$$

Na etapa definir também se fixou uma meta para o projeto, qual fosse tangível e alinhada com os interesses do negócio. Para a definição desta meta utilizou-se uma metodologia em que se pondera o melhor valor da série histórica – chamado *benchmark* – bem como a média e a lacuna criada da subtração entre a média e o *benchmark*. As equações para a obtenção da lacuna estão descritas nas equações (3) e (4).

$$\text{Média acumulada (\%)} = \frac{\text{Uso real acumulado} - \text{Uso teórico acumulado}}{\text{Uso teórico acumulado}} \quad (3)$$

$$\text{Lacuna (\%)} = | \text{média acumulada} - \text{benchmark} | \quad (4)$$

Após a obtenção do valor da lacuna, propôs-se a redução desta, e, somente após alinhamentos com a gerência da fábrica, definiu-se a meta do projeto. A meta definida foi, portanto, uma variação de uso média de -0,78% para a matéria prima em estudo, representando uma redução de 20% da lacuna calculada.

De posse da meta e do cronograma de estudo, estimou-se por fim um retorno financeiro proveniente da implementação do projeto. Os cálculos de valoração do projeto estão sob posse do setor de finanças da empresa e a metodologia para tal é confidencial.

3.4.2 Etapa medir

Visando a obtenção de medições confiáveis para a análise do problema estudado elaborou-se um plano de coleta de dados. Este plano baseou-se na metodologia conhecida como 5W1H (*o que, quando, onde, por quem, por que e como*). Ao todo definiu-se cinco ações de medição de pontos do processo que foram distribuídas entre os integrantes da equipe do projeto e para outros funcionários envolvidos nas atividades diárias da linha de produção.

As medições do peso de todos os produtos analisados, em sua forma final ou intermediária, bem como as pesagens de massa ao leite foram realizadas em balanças Semi Analíticas, já que para os fins deste estudo a precisão de até 0,001g é satisfatória.

Nos estudos de distribuição de peso, pesou-se 1440 produtos ao longo de quarenta e oito horas. As amostragens ocorreram em um período contínuo de produção, a cada hora e com 30 produtos por amostra. Concomitantemente às pesagens dos tabletes, realizou-se a coleta e pesagem dos constituintes intermediários deste. Neste caso, definiu-se uma frequência menor de coleta a cada seis horas (40 intermediários por amostra). As medições ocorreram em três momentos distintos, as duas primeiras no início do projeto para a obtenção do cenário prévio e a terceira após um mês da conclusão das ações.

Paralelamente às medições de peso, conduziu-se um estudo das dimensões dos produtos intermediários (altura, largura e espessura). Para os ensaios dimensionais utilizou-se de um paquímetro digital com precisão de duas casas decimais e função de congelamento de tela. Promoveu-se também diversas seções de calibração com as pessoas envolvidas nas medições, a fim de evitar erros que comprometessem a confiabilidade dos dados obtidos.

Após a obtenção das medições experimentais iniciou-se uma análise estatística visando o tratamento dos dados brutos. Conduziu-se este trabalho por meio do software Minitab® e como saída obteve-se resultados de capacidade dos processos e distribuição dos dados obtidos das medições. Das diversas ferramentas disponíveis no Minitab®, quatro foram utilizadas durante as análises:

Boxplot (Diagrama de caixa) – utilizada para avaliar o centro, formato e variabilidade do plano amostral. Também indica a presença/ausência de pontos anormais. O *Boxplot* é composto de estatísticas que descrevem as variáveis e permitem uma análise prévia dos dados. Destaca-se nesta ferramenta a presença dos valores de média, desvio padrão e mediana que são as bases para qualquer análise estatística. Esses gráficos foram gerados para análise dos dados das dimensões dos produtos.

I Chart (Carta I) – ferramenta de monitoramento de dados contínuos e individuais de um processo. Nela, obtém-se de maneira direta a média dos valores imputados e os limites de controle para o processo. Indiretamente a ferramenta permite a observação de tendências e da amplitude dos dados. No trabalho utilizou-se esta carta para a observação de tendência ou estabilidade nas variáveis resposta.

Outra possível utilização da Carta I é para a obtenção dos limites do processo quando estes não são conhecidos (LSE e LIE, limite superior de especificação e

limite inferior de especificação respectivamente). Para o produto em estudo os limites foram previamente definidos pelo grupo de pesquisa e desenvolvimento da companhia e são um padrão mundial para todas as fábricas que o produzem.

Capability Analysis (Análise de Capacidade) – utilizada para analisar a capacidade do processo em atender aos requisitos definidos. Para tanto, comparou-se os valores dos índices Cp, Cpk, Pp e Ppk a fim avaliar a centralidade e dispersão das amostras. Também se observou a previsibilidade dos processos e se comportavam estatisticamente ou não. Considerações relevantes:

- Cp e Cpk: representam a capacidade real de um processo se ele opera de maneira previsível.
- Pp e Ppk: representam o desempenho real do processo, operando ele com previsibilidade ou não.
- *Benchmark* para Cp adotado pela companhia: 1,33
- Diferença acima de 0,2 é considerada grande para Pp e Ppk
- LSE e LIE obtidos das recomendações do centro de desenvolvimento de produtos da empresa

Regression (Regressão) – utilizada para analisar a relação entre uma ou mais variáveis estatísticas. A regressão pode ser linear ou quadrática e ela permite a previsão de valores por meio da curva e da equação formada pelos dados já obtidos. No estudo considerou-se a sugestão do próprio software para o ajuste das curvas.

No desenvolvimento do trabalho utilizou-se o software Minitab® 19 e a licença para o uso foi concedida pela empresa patrocinadora do projeto. Todos os arquivos originais estão em posse do autor e estão disponíveis para consulta por outros funcionários da companhia que estejam envolvidos com projetos e iniciativas de melhoria específica. O compilado dos gráficos e as análises prévias fornecidas pelo software compuseram o material utilizado na etapa analisar descrita na próxima seção do trabalho.

3.4.3 Etapa analisar

A etapa analisar de um projeto DMAIC é usualmente realizada por mais de uma pessoa para valorizar a pluralidade de ideias e aumentar a profundidade das análises. Neste sentido, reuniu-se o grupo de trabalho em diversas seções de

brainstorming, e, de posse dos gráficos e relatórios obtidos na etapa medir, enumerou-se as prováveis causas para o problema em estudo.

Durante a segunda parte da etapa analisar utilizou-se uma sequência de ferramentas da qualidade para encontrar a causa raiz dos problemas. A primeira escolhida foi o Diagrama de Ishikawa, ou Diagrama de Causa e Efeito, que segundo Fornari Junior, C. C. M. (2010) consiste em uma representação visual para representar quais os fatores de influência em um determinado problema.

Nesta ferramenta dividiu-se as potenciais causas do problema abordado em seis grandes grupos:

- **Medida:** causas relacionadas à falseabilidade das medidas do processo;
- **Mão de obra:** causas relacionadas à erro ou negligência humana;
- **Método:** causas relacionadas à procedimentos e metodologias incorretos;
- **Meio Ambiente:** causas externas ao processo, mas que podem influenciá-lo;
- **Matéria Prima:** causas oriundas da qualidade do material em transformação;
- **Máquina:** causas envolvendo as condições dos equipamentos de operação.

As causas definidas em um Brainstorming e alocadas no diagrama de causa e efeito podem ser, na verdade, o efeito de uma outra causa raiz ainda não conhecida. A fim de se encontrar estas causas raízes e propor uma solução definitiva para os problemas levantados, optou-se por utilizar uma ferramenta da qualidade chamada de 5 porquês. Conforme Slack *et al.* (2002) citado por de Holanda, Souza e Francisco (2013), apesar de simples, a técnica dos “porquês” é efetiva para a compreensão das razões da ocorrência de um problema.

No escopo da metodologia dos 5 porquês realizou-se uma série de perguntas sequenciais a fim de se obter a causa raiz das causas potenciais. Também se utilizou esta ferramenta para a eliminação das causas não confirmadas.

Após o trabalho de refino das ideias e identificação das causas, iniciou-se o processo de definição das ações necessárias para a eliminação, mitigação ou atenuação das variações encontradas.

3.4.4 Etapa implementar

A implementação das ações aventadas ocorreu durante os meses subsequentes às análises realizadas. Algumas ações de fácil resolução foram priorizadas e executadas ainda na etapa analisar.

O setor no qual o projeto foi executado baseia o acompanhamento das ações firmadas em reuniões semanais com todo o time de gestão, operacional e de manutenção. Aproveitando esta rotina, inseriu-se também as ações do trabalho nas pautas semanais, e, registrou-se a evolução destas ações para a preservação do histórico das soluções.

3.4.5 Etapa controlar

Na última etapa do projeto, controlar, checkou-se a adesão e a efetividade das melhorias implementadas por meio dos resultados obtidos na linha. Estes resultados também compuseram a base para a valoração do projeto e os ganhos financeiros são registrados mensalmente pelo setor de finanças da empresa.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

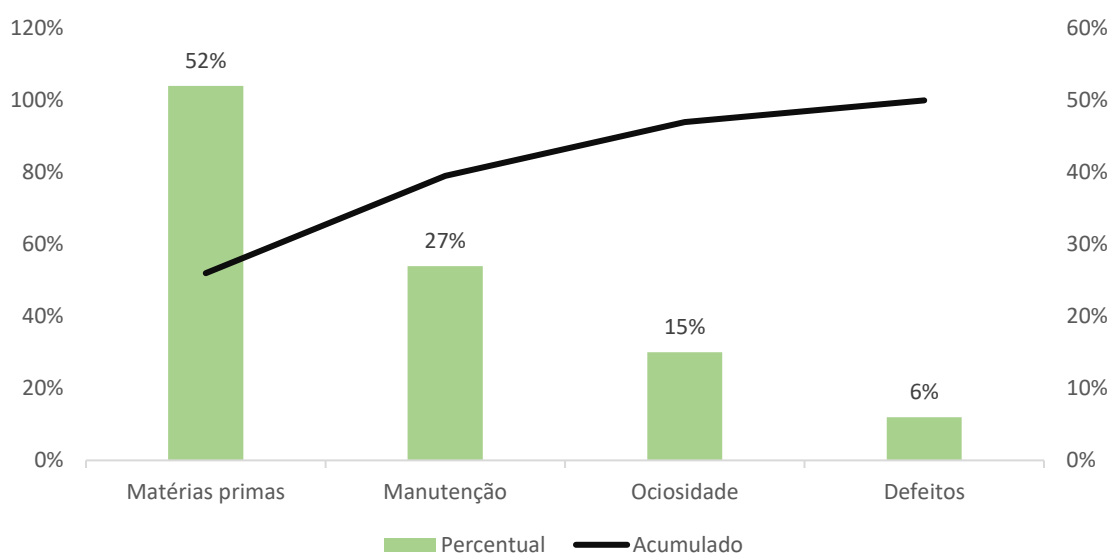
Os resultados do presente trabalho são expostos em termos percentuais e os valores absolutos mais sensíveis foram omitidos para preservar a confidencialidade exigida pela empresa em que se desenvolveu o estudo.

4.1 Aplicação da ferramenta DMAIC

4.1.1 Etapa Definir

As perdas relacionadas à linha de produção em estudo foram quantificadas da maior para a menor em um gráfico de Pareto, como o da Figura 5.

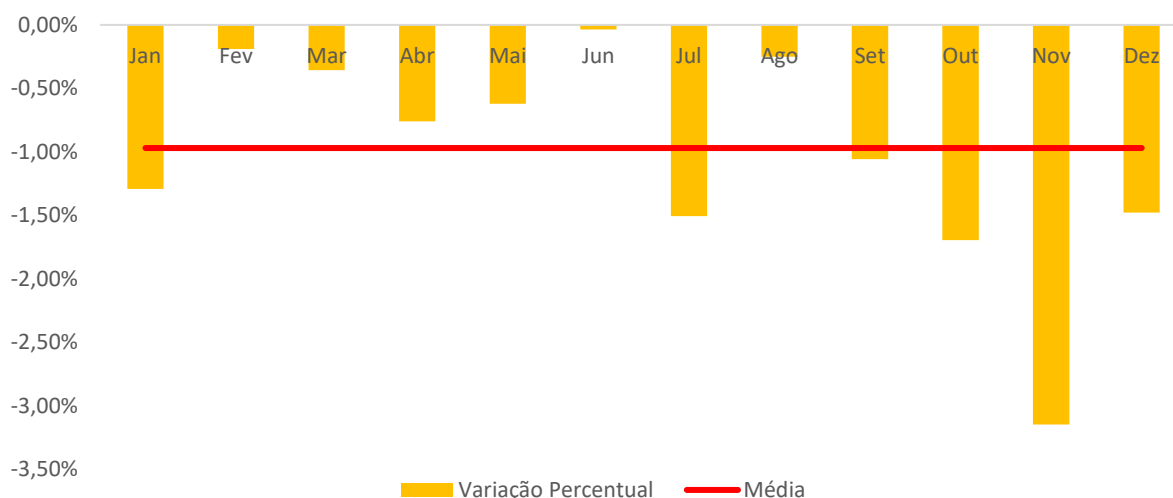
Figura 5 – Principais perdas da linha de produção.



Fonte: Próprio autor.

A maior perda evidenciada para a linha em questão é a de matérias primas, com um total de 52% no Pareto. A massa de chocolate ao leite é o componente mais caro da receita do produto em questão e as causas para as perdas deste material são: variações no peso e a geração de retrabalho na última etapa do processo. Esses dois contribuintes impactam na variação de uso de massa ao leite e a Figura 6 apresenta a evolução do percentual da perda deste componente no ano de 2018.

Figura 6 – Representação gráfica de histórico anual de perdas.



Fonte: Próprio autor.

A evolução da perda de massa em 2018 – retratada na figura 6 – permite inferir que houve uma tendência de aumento percentual na variação de uso do componente nos últimos meses do ano, com pico em novembro. O mês de dezembro, apesar de apresentar uma queda em relação a novembro, foi o terceiro maior da série histórica e confirma essa tendência. Os menores percentuais de variação ocorreram nos primeiros meses do ano e o mês de junho é considerado um ponto anormal, pois a linha estava em manutenção por 25 dias.

A perda média no período analisado (linha vermelha do gráfico) é de -0,97%. O alinhamento realizado gerência do setor produtivo estipulou uma redução de 20% deste valor para a entrega do projeto, portanto, esperou-se um resultado médio de -0,78% após a implementação das ações propostas no desenvolvimento do trabalho.

4.1.2 Etapa medir

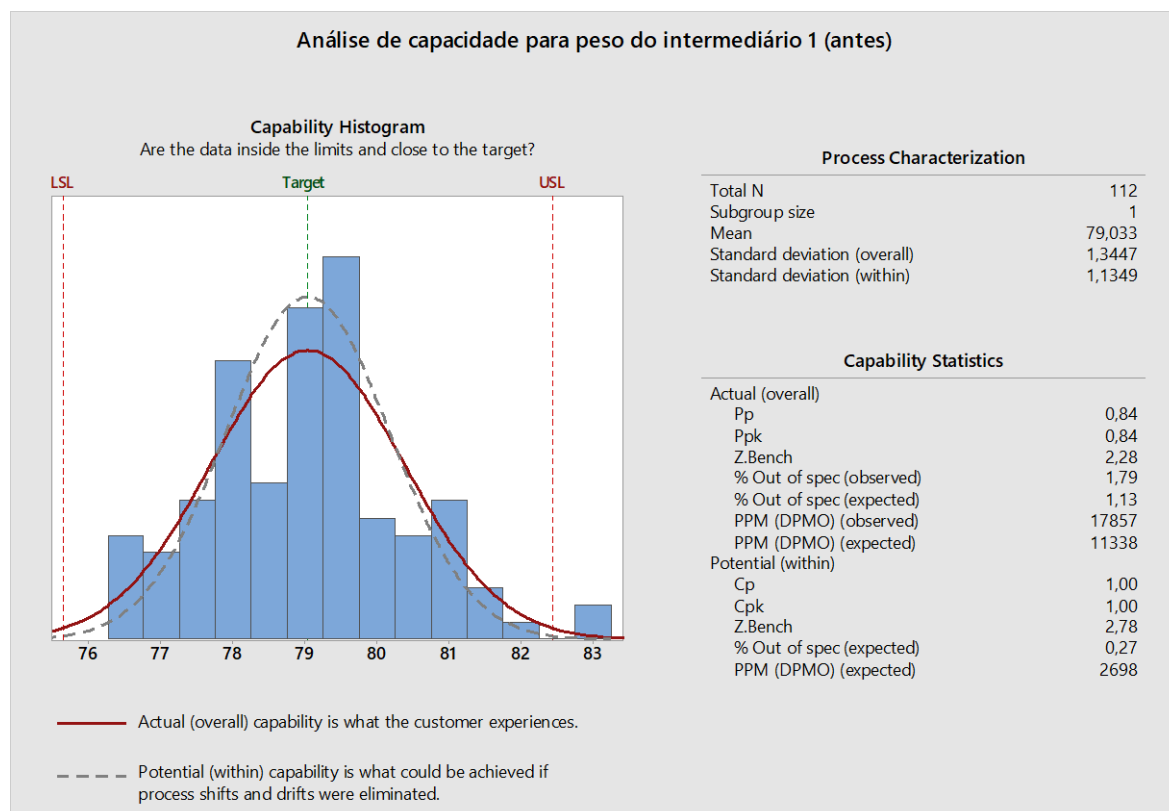
4.1.2.1 Variabilidade de peso e espessura do intermediário 1

O intermediário 1 é fabricado em um processo de cozimento de placas planas de wafer. Os equipamentos envolvidos no processo são, como já exposto, um misturador industrial e um forno contínuo e de larga escala. Esta etapa é

complexa e tanto a mistura correta dos ingredientes, quanto a regulagem dos equipamentos são essenciais para a estabilidade e continuidade do processo.

Realizou-se um estudo estatístico da capacidade do processo em produzir placas dentro do peso. A Figura 7 apresenta os resultados do tratamento dos dados obtidos por meio do *Capability Test* do software Minitab®.

Figura 7 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 1 antes das ações do projeto.



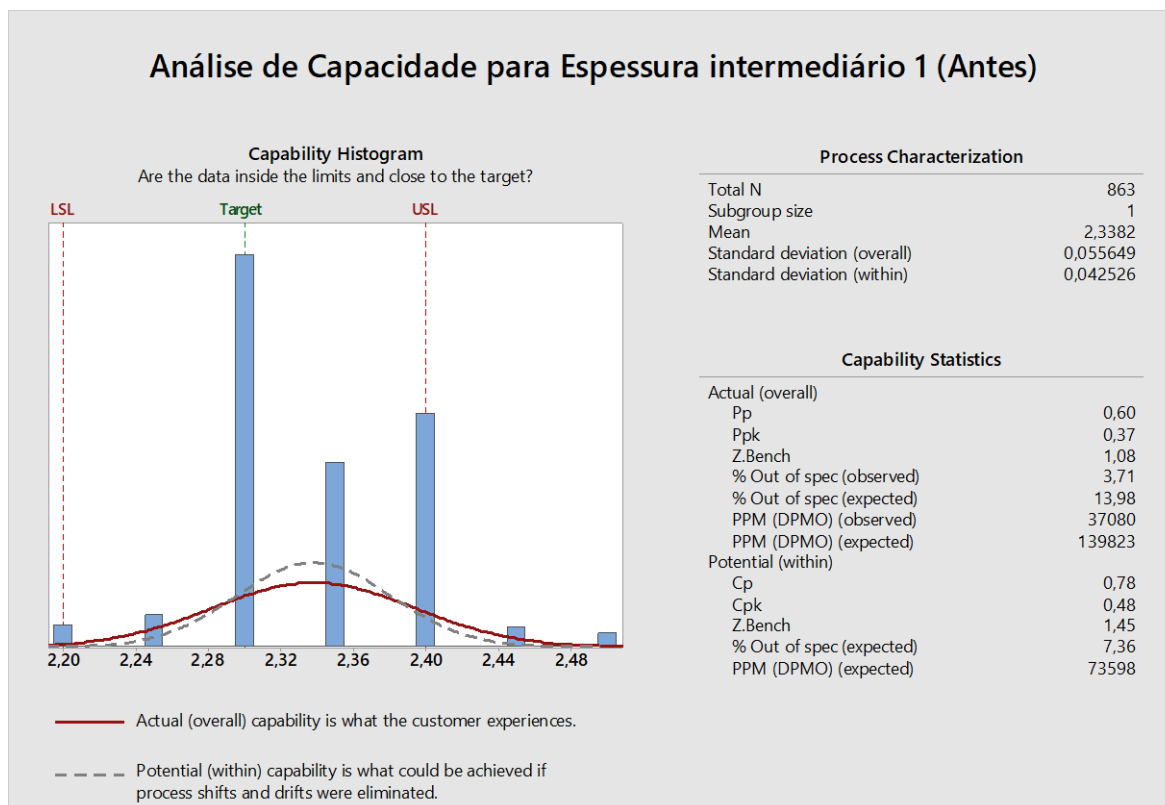
Fonte: Próprio autor.

O resultado deste estudo de capacidade atesta que o peso das placas estava dentro dos limites definidos (linhas *LSL* e *USL* do gráfico que são correspondentes ao LSE e LIE), portanto o processo entregava produtos conforme as especificações. A comparação dos principais índices de capacidade - Cp, Pp, Cpk e Ppk - mostra que o processo estava sobre controle estatístico, pois os valores eram relativamente próximos. Os valores idênticos de Pp e Ppk (0,84) indicavam que o processo estava centralizado na nominal, ou seja, se distribuía uniformemente do objetivo central. Além disso, a análise dos valores de Cp e Cpk (1,00) permitiam inferir que o processo somente trabalharia com um menor nível de variabilidade caso melhorias fossem implementadas nele.

Neste sentido, determinou-se que o primeiro passo para o sucesso do projeto era a estabilização do intermediário 1.

Um fator determinante para o peso de uma placa de wafer é a sua espessura, já que ela é a única dimensão variável e ajustável do equipamento. Mantendo a densidade da massa constante, qualquer incremento na espessura da placa resulta em aumento do peso médio do produto. A Figura 8 apresenta a análise de capacidade do processo em produzir placas dentro da espessura desejada antes do início do projeto. Os baixos valores de Pp e Ppk (0,60 e 0,37 respectivamente) indicavam que o processo anterior entregava muitos produtos fora das especificações. Apesar desta característica, o processo apresentava uma relativa previsibilidade, uma vez que os índices Cp e Pp não eram muito discrepantes, de grandeza 0,78 e 0,60 respectivamente. Outra análise importante é a centralização do processo. Nesse caso os valores distintos de Pp e Ppk indicavam que o processo não era centralizado e isto pode ser confirmado graficamente.

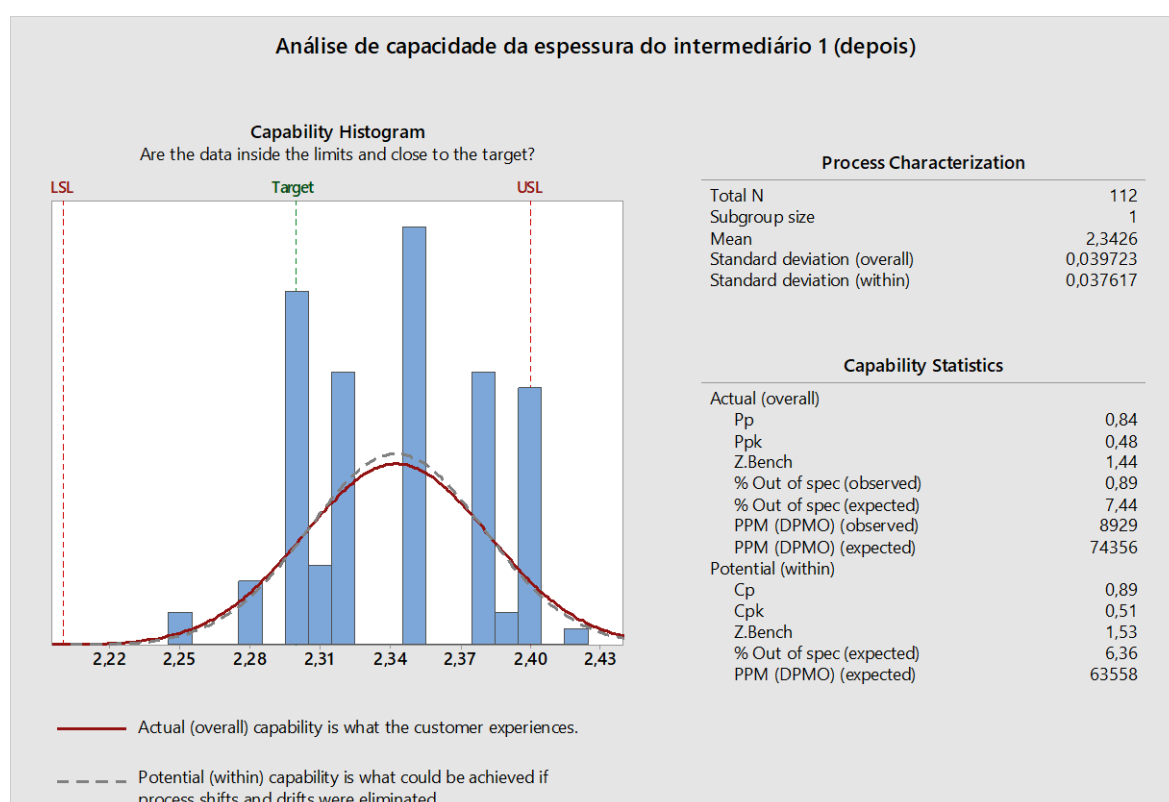
Figura 8 – Teste de capacidade para a espessura do intermediário 1 antes das ações do projeto.



Fonte: Próprio autor.

O trabalho para diminuição da variabilidade do peso do wafer no processo de cozimento iniciou-se primeiramente com uma revisão mecânica no equipamento que determina a espessura das placas. Após o reestabelecimento das condições básicas do maquinário, optou-se por reavaliar os padrões de dosagem de massa no processo e, obteve-se êxito com a implementação destas duas ações. Os resultados para o mapeamento de espessura do produto intermediário 1 após as mudanças propostas estão expressos na Figura 9.

Figura 9 – Teste de capacidade para a espessura do intermediário 1 após as intervenções do projeto.



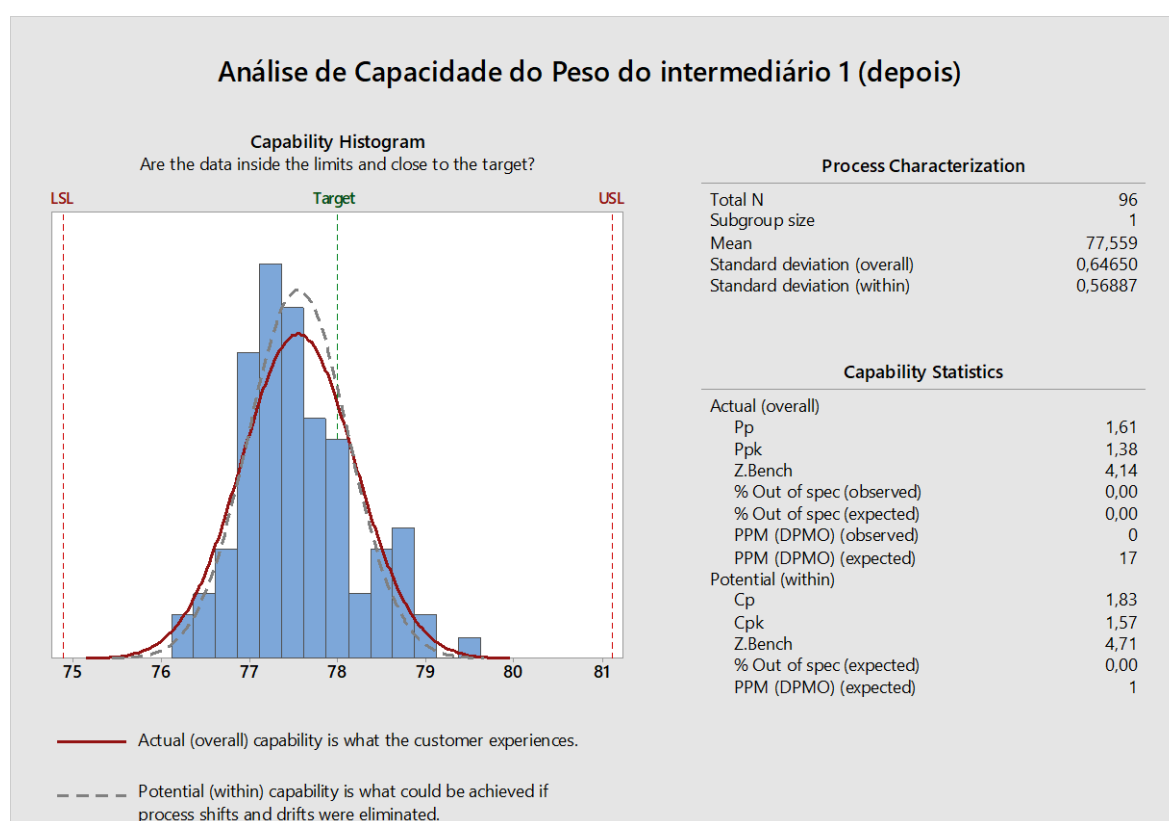
Fonte: Próprio autor.

Os índices estatísticos dos novos dados colhidos após os ajustes indicam que houve diminuição na variabilidade do processo. O Cp e o Pp estão mais próximos de 1, o que indica uma melhora na capacidade do processo em produzir produtos dentro das especificações. Os valores distintos de Pp e Ppk inferem uma dispersão do centro, persistente mesmo após as alterações. O forno industrial trabalha continuamente e a alta velocidade e é esperado uma leve alteração da

espessura das placas ao longo do tempo. Para reduzir o impacto, reforçou-se no projeto o aumento da frequência das aferições de espessura das placas.

Por fim, a variável resposta para o intermediário 1 – peso do wafer – apresentou uma distribuição uniforme e não distante do objetivo (porém não centralizados), como indicado na Figura 10. Os valores da capacidade atual e da capacidade potencial – 1,61 e 1,81 respectivamente – estão ambos acima do benchmark de 1,33 inicialmente idealizado para o projeto.

Figura 10 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 1 após as intervenções do projeto.



Fonte: Próprio autor.

As ações para estabilização do intermediário 1 foram tomadas ainda durante a etapa medir, pois as causas já eram conhecidas pelo time do projeto. Para uma análise confiável da variabilidade do intermediário 2 era essencial a prévia estabilização do intermediário 1.

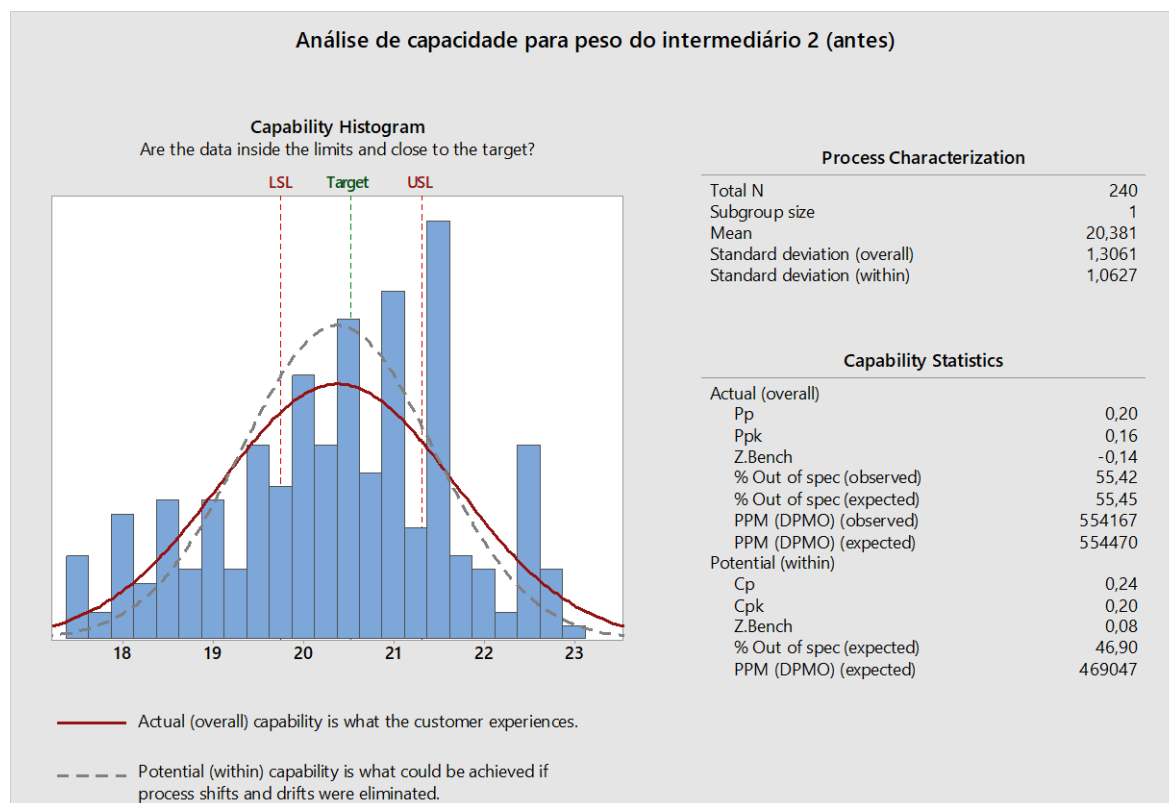
As medições para o intermediário 2 ocorreram, como exposto na seção de metodologia deste trabalho, em uma data subsequente às medições do intermediário 1 e após a estabilização deste. Estão descritas na seção 4.1.2.2.

4.1.2.2 Variabilidade de peso e espessura do intermediário 2

O intermediário 2 é produzido por meio de um processo de montagem, portanto ele depende diretamente da estabilidade do intermediário 1. Este processo envolve um componente sólido e um componente pastoso, e essa característica permite deslizamentos, deslocamentos e falhas na aplicação da pasta que podem interferir diretamente no peso e nas dimensões do produto.

A distribuição de peso do intermediário 2, explicitada no histograma da Figura 11, demonstrava que havia muita variabilidade no processo e que este não era capaz de produzir dentro das especificações.

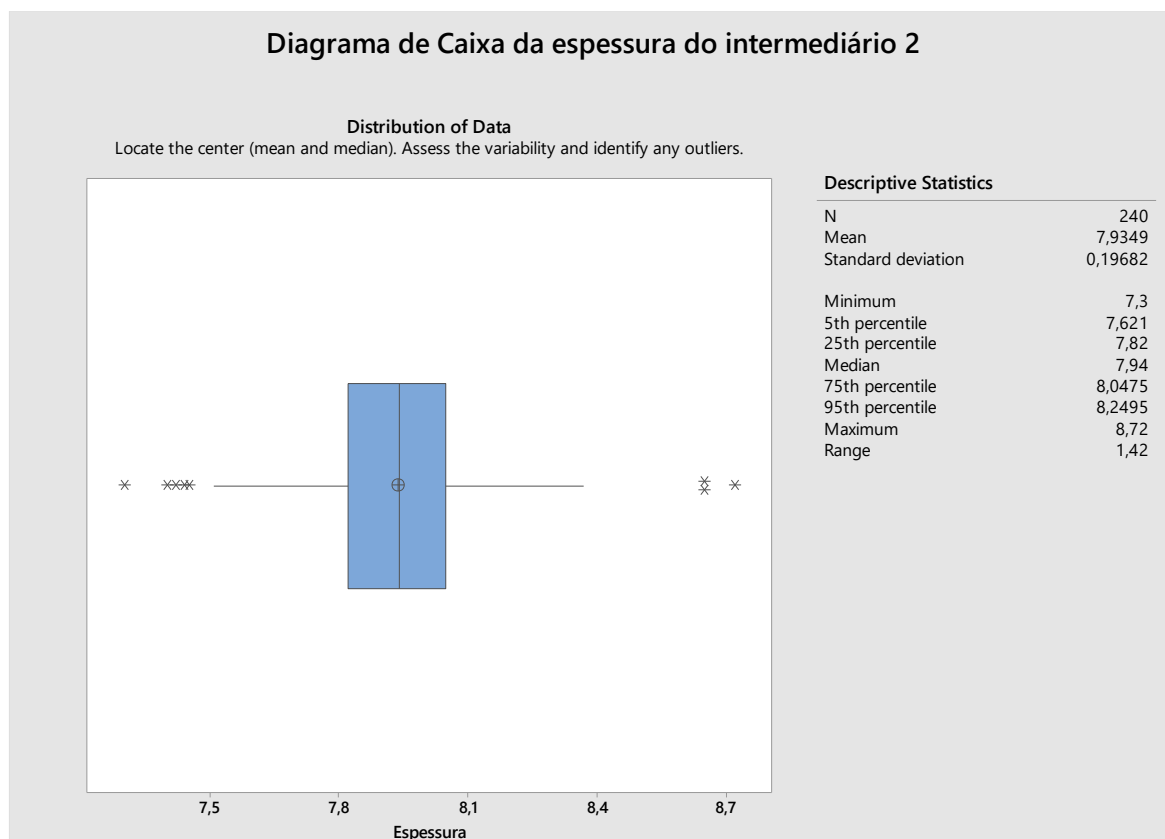
Figura 11 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 2 antes das ações do projeto.



Fonte: Próprio autor.

Os valores de Pp e Cp – 0,26 e 0,31 respectivamente – estavam muito aquém do esperado de 1,33, o que indicava um processo muito disperso. Complementando esta análise, apresenta-se na figura 12 um *Boxplot* com a distribuição dos dados de espessura deste intermediário.

Figura 12 – Diagrama de caixa para a espessura do intermediário 2 antes das ações do projeto.



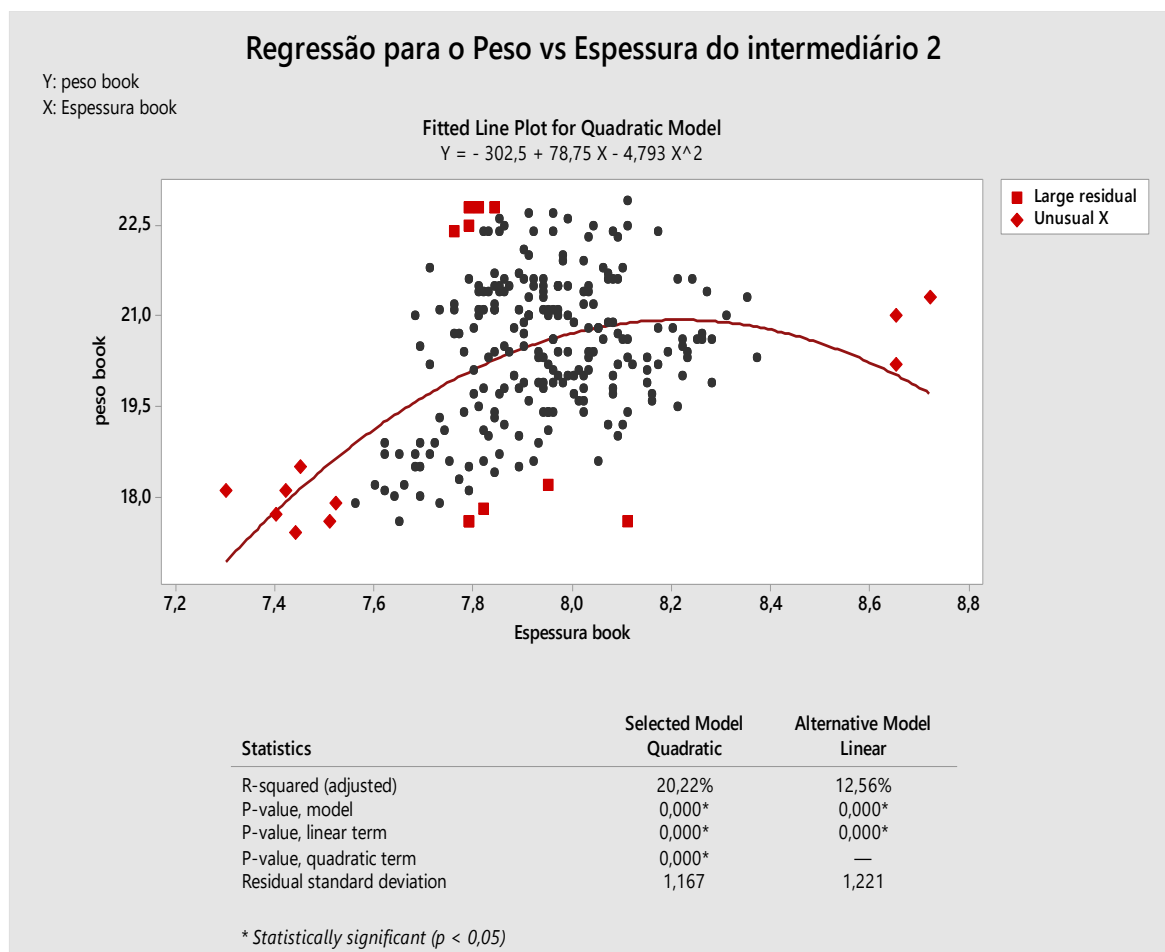
Fonte: Próprio autor.

A análise do *Boxplot* permite inferir que apesar de confirmada uma centralidade na média obtida com a desejada, diversos pontos podem ser considerados como anormais e estavam muito acima ou abaixo do range aceitável.

Os dois gráficos gerados e a falta de estabilidade demonstrada pelo intermediário 2 sugeriam uma casualidade entre as duas grandezas estudadas, peso e espessura. A fim de entender e quantificar esta relação, utilizou-se uma terceira ferramenta, chamada regressão, no software Minitab®. O gráfico de regressão que melhor representa o fenômeno estudado é o da regressão quadrática, pois o aumento do peso de acordo com a espessura não é linear devido à diferença de densidade entre os materiais envolvidos.

A Figura 13 apresenta o modelo de regressão quadrática para a relação entre espessura e peso do intermediário 2.

Figura 13 – Regressão quadrática entre a espessura e o peso do intermediário 2.



Fonte: Próprio autor.

A regressão confirma que existe uma relação direta entre peso e espessura igualmente para o intermediário 2. Assim, optou-se por investigar na etapa analisar as causas raízes da alta variabilidade do intermediário 2.

4.1.3 Etapa analisar

De posse dos dados obtidos na etapa medir e de observações in loco na linha de produção, elaborou-se um *brainstorming* com todas as possíveis causas para o problema estudado. O Quadro 1 apresenta um recorte da planilha padrão em que se registrou as ideias provenientes do *brainstorming*.

Quadro 1 – Recorte de *Brainstorming* do problema prioritário.

Causas	Quais as causas levantadas no <i>Brainstorming</i> do problema prioritário 1?
1	Deslocamento de recheio pela prensa
2	Excesso de sujeira na prensa
3	Excesso de sujeira no aparador
4	Falta de paralelismo do rolo
5	Desgaste da faca
6	Mal dimensionamento da tubulação de dosagem de recheio (o último furo não é usado)
7	Presença de grumos no recheio (entupimento parcial da cortina)
8	Ajuste incorreto da faca

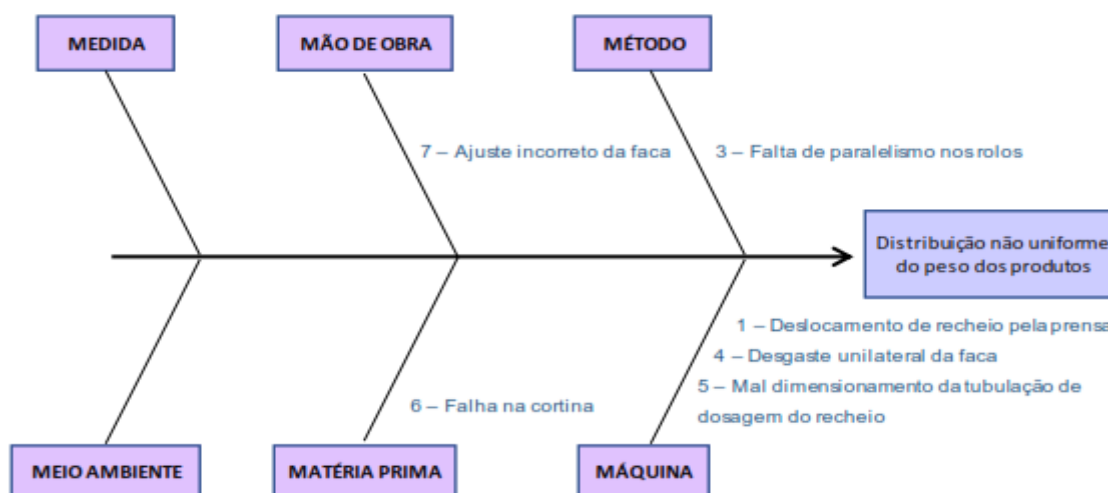
Fonte: Próprio autor.

O *Brainstorming* é por definição um espaço livre de ideias, portanto, algumas delas foram descartadas após não confirmação no local de ocorrência do fenômeno e não constam no quadro.

As oito ideias remanescentes da averiguação inicial e presentes no Quadro 1 foram trabalhadas de forma a se tornarem potenciais causas para o problema estudado. Este trabalho consistiu na intensa presença em campo para checar as falhas no equipamento, no processo e nos procedimentos. Somente após esta verificação as ideias foram então aprovadas para uma análise mais profunda.

Visando a consolidação do raciocínio que leva à descoberta das causas raízes para os problemas, alocaram-se as causas potenciais no Diagrama de Ishikawa conforme a Figura 14.

Figura 14 – Recorte do Diagrama de Ishikawa para o problema prioritário.



Fonte: Próprio autor.

A maior parte das causas potenciais foi alocada no quadrante das máquinas e esta característica direcionou o trabalho para a compreensão das falhas técnicas que potencializavam o problema estudado. O time de manutenção foi envolvido no projeto para o entendimento do maquinário e a melhora na qualidade das análises subsequentes.

A ferramenta dos 5 Porquês foi por fim utilizada para a obtenção das causas raízes para cada uma das causas potenciais. A Figura 15 apresenta o recorte do teste dos 5 Porquês para um dos problemas estudados.

Figura 15 – Recorte do teste dos 5 porquês para uma das causas.

TESTE DOS 5 PORQUÊS - Problema prioritário 1											
TABELA DE ANÁLISE DOS PORQUÊS			PROBLEMA PRIORITÁRIO 1			Distribuição não uniforme do peso do interior			SIM - Causa verificada na inspeção		
Nome do Equipamento			Máquina 1		Local	Interior 1	Fenômeno		Prensamento		NÃO - Causa não verificada na inspeção
	1o. ROUND	Check	2o. ROUND	Check	3o. ROUND	Check	4o. ROUND	Check	5o. ROUND	Check	IDÉIAS DE MELHORIA
1- Desnívelamento das placas do interior	Por que havia um desnívelamento das placas do interior?		Por que houve deslocamento de recheio pela prensa?		Por que a prensa está desnivelada?		Por que há folgas nos conjuntos terminais rotulares ?		Por que não há procedimento para medição do nivelamento da prensa?		Desenvolver gabarito para check operacional do nivelamento da prensa
	Porque houve um deslocamento de recheio pela prensa	SIM	Porque a prensa está desnivelada	SIM	Porque há folgas nos conjuntos terminais rotulares	SIM	Porque o movimento constante gerou desgaste com o tempo e não há procedimento para medição do nivelamento da prensa	SIM	Atividade é realizada pelo GTM e não foi transferida para o GTA	SIM	

Fonte: Próprio autor.

A análise dos 5 porquês foi realizada para todos os problemas alocados no Diagrama de Ishikawa, porém por motivos de confidencialidade somente uma está descrita neste trabalho.

Ao fim da análise dos cinco porquês, duas das causas potenciais foram descartadas e outras seis foram confirmadas como impactantes para a alta variabilidade do peso e espessura do intermediário 2. Dentre as causas confirmadas, quatro estavam relacionadas à distribuição do recheio sobre a placa do intermediário 1 e as duas relacionadas à procedimentos operacionais.

As causas relacionadas a distribuição do recheio sobre as placas eram as de maior impacto no projeto e se dividiam entre ajustes no depositador e a

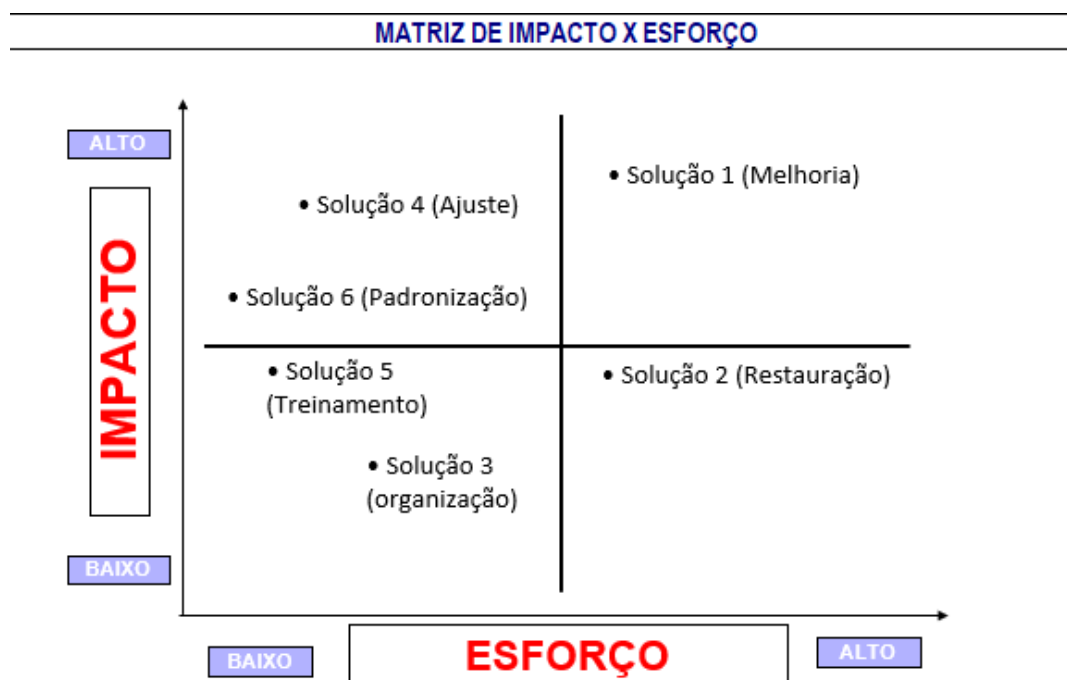
homogeneização do recheio aplicado. Como mostrado na figura 15, sugeriu-se ainda nesta etapa algumas ideias de melhoria para a mitigação das causas aventadas. Essas ideias foram refinadas e trabalhadas na etapa implementar, descrita na próxima seção deste trabalho.

4.1.4 Etapa implementar

Diversas soluções e propostas de melhorias foram sugeridas pelos membros da equipe após a identificação das causas raízes do problema. A fim de estabilizar o depósito de recheio no intermediário 1 realizou-se ações de restauração do depositador, melhorias pontuais no sistema de depósito, ajustes nos componentes que sofrem esforço contínuo, padronização de atividades operacionais e treinamento do time de operadores.

A fim de priorizar e selecionar as ideias, elaborou-se uma matriz de impacto x esforço. Esta matriz é dividida em quatro quadrantes com dois eixos transversais, um indicando o impacto que a proposta traz para o problema e o outro indicando o esforço necessário para a implementação da ação. A Figura 16 contém o recorte da matriz utilizada pelo grupo de trabalho durante o desenvolvimento do projeto.

Figura 16 – Recorte da matriz de Impacto x Esforço para o problema prioritário.

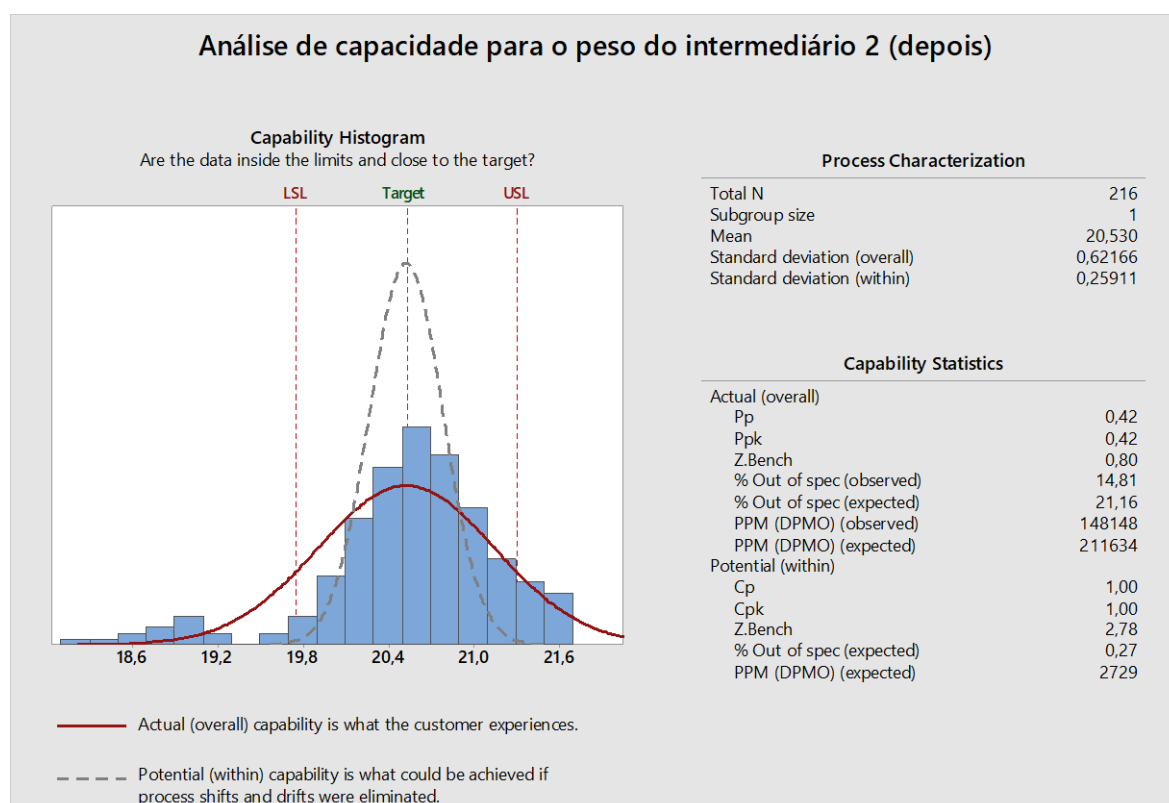


Fonte: Próprio autor.

Após a seleção e priorização das ações, elaborou-se um plano de ação com base na metodologia 5W2H (O que, quando, quem, por que, onde, como e quanto). Optou-se por esta metodologia pois nesta etapa o custo da implementação da ação também se tornou algo relevante para a garantia do cumprimento dos prazos estabelecidos.

As ações técnicas e operacionais para a estabilização do intermediário 2 também tiveram grande impacto na redução da variabilidade deste componente. Após a efetivação de tais ações, notou-se uma melhora na estabilidade do processo, evidenciado pela Figura 17.

Figura 17 – Teste de capacidade para o peso do intermediário 2 após as intervenções do projeto.



Fonte: Próprio autor.

Os índices de capacidade reiteram a diminuição da variabilidade do processo. O Pp subiu de 0,20 para 0,42 e o Cp de 0,24 para 1,00, estando mais próximo do benchmark adotado para o projeto de 1,33. Outra característica é o deslocamento da dispersão para o quadrante entre o limite superior e o objetivo. Este deslocamento é interessante pois para esta situação o sobrepeso do produto

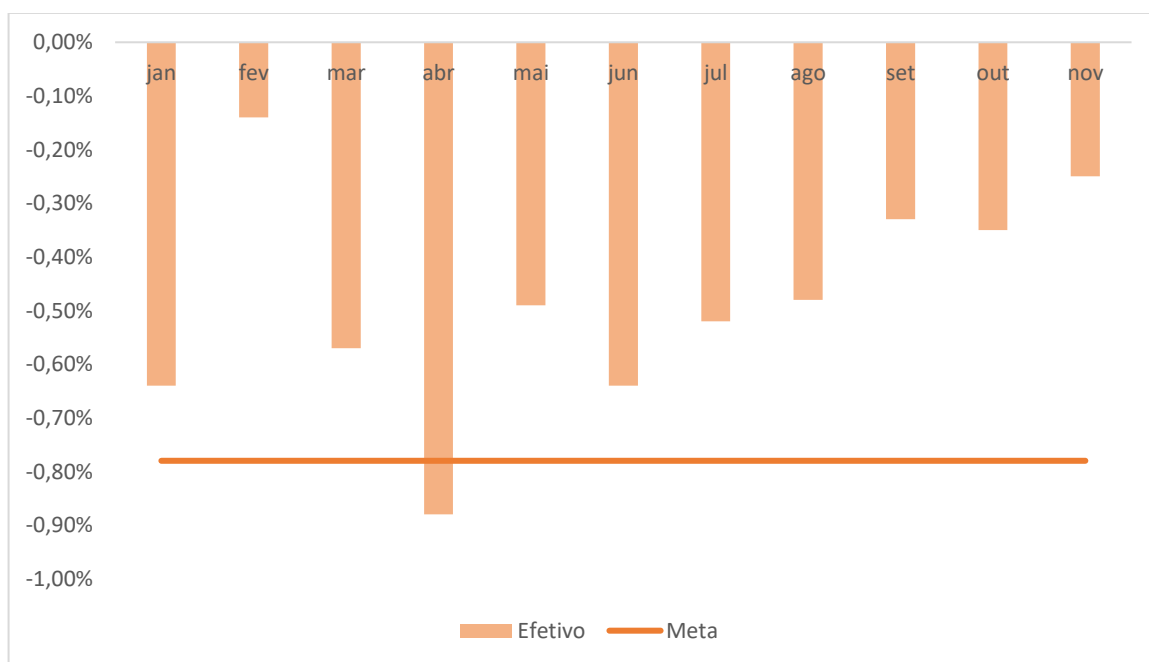
moldado será constituído dos intermediários e não da massa ao leite, que é mais cara e tem maior impacto na variação de uso das matérias primas.

4.1.5 Etapa controlar

O objetivo principal deste trabalho foi a redução da sobre dosagem de massa de chocolate em um produto moldado. O escopo do projeto delimitou-se em estudar e reduzir as variações nos produtos intermediários, e, por meio desta redução garantir a proporção correta dos constituintes do produto moldado, sendo eles intermediário 1, intermediário 2 e massa ao leite.

Os resultados de variação de uso de massa ao leite para o produto e linha em questão mostraram-se consistentes após a implementação das ações e o projeto de forma global entrega a meta inicialmente proposta. A Figura 18 apresenta a evolução da perda de massa em termos relativos nos onze meses subsequentes à conclusão do projeto. A redução da perda foi em 46% quando comparado ao ano anterior.

Figura 18 – Evolução da perda percentual de massa de chocolate após intervenções do projeto.



Fonte: Próprio autor.

Pela Figura 18, observa-se que o mês de abril se destaca por ser o único da série em que não se cumpriu a meta estabelecida de -0,78%. Após análises de

causa e entendimento do motivo da tendência de crescimento entre os meses de fevereiro e abril, concluiu-se que algumas das ações firmadas não tiveram a devida continuidade. A fim de retomar os bons resultados, realizou-se um resgate dessas ações e já no mês de maio evidenciou-se uma reação positiva do indicador. Após valoração do projeto por parte da equipe de finanças e controle da empresa, constatou-se um ganho médio de R\$40.000 ao mês decorrente da redução do desperdício de massa de chocolate ao leite na linha de produção. Este valor é incorporado ao *OPEX* da fábrica, que corresponde à economia gerada pelos projetos conduzidos na fábrica.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que, em termos quantitativos, a aplicação da metodologia DMAIC proporcionou resultados significativos no tocante à redução de custos e eliminação de perdas no processo estudado.

As maiores fontes de variação do intermediário 2 demonstraram-se provenientes na aplicação de recheio sobre as placas de wafer e este problema foi solucionado com aplicação de melhorias no processo, bem como um trabalho intenso de revisão de parâmetros e procedimentos.

Os resultados obtidos indicam a redução da variação de uso da massa de chocolate ao leite após a implementação do projeto, com valores abaixo da meta estabelecida nos meses de controle. O retorno financeiro médio foi de R\$40.000,00 à empresa e a valoração ocorreu nos 12 meses do ano de 2019.

O trabalho desenvolvido com o auxílio de profissionais qualificados da empresa abre espaço para novos desafios na constante busca pela redução de perdas exigidas no dinamismo da indústria moderna. Em face dos bons resultados alcançados, o trabalho será para outras unidades da companhia, bem como se estendeu as análises para outras etapas do processo, como o depósito de massa nos moldes.

O conceito de melhoria contínua pressupõe a constante busca por novos desafios. Cada ação, projeto ou iniciativa devem se tornar o gatilho para um novo estudo e assim, atinge-se a tão esperada excelência em manufatura. Este continuará sendo o objetivo final de todo processo e consequentemente, a motivação de todos os profissionais que se envolvem nesta área das ciências exatas.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. A Importância do método seis sigma na gestão da qualidade analisada sob uma abordagem teórica. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 11, n. 20, p. 91-98, 2002.

ABICAB. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, AMENDOIM E BALAS. **Estatísticas sobre chocolates**. 2019. Disponível em: <http://www.abicab.org.br/paginas/estatisticas/chocolate/>. Acesso em: 10 Out. 2019.

AYRES, M. As cinco maiores empresas de chocolate do Brasil. **Revista Exame**, São Paulo, 16 de set. 2016. Disponível em: <http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1241/675>. Acesso em: 05 Out. 2018.

BRUM, D. V. **Identificação das perdas do processo produtivo na fabricação de massas alimentícias**: um estudo baseado em sistemas de custos. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

COLOÇO, L. M. **Utilização do DMAIC como estratégia orientada aos clientes de uma indústria química**. 2014. 55 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

COX, I; GAUDARD, M.A; STEPHENS, M.L. **Visual six sigma – making data analysis lean**. 2nd ed. New Jersey: Wiley, 2016. 576 p.

ESTEVES, E. F.; MOURA, L. S. Avaliação de desperdícios e perdas de matéria-prima no processo produtivo de uma fábrica de bebidas. *In*: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 7., 2010, Resende. **Anais [...]** Resende: AEDB, 2010. p. 1-15.

ECKES, G. **A revolução seis sigma**: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros. 4. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 269 p.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. p. 200.

FORNARI JUNIOR, C. C. M. Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. **Revista Ingepro: Inovação, Gestão e Produção**, v.02, p. 104-112, 2010.

DE HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. Bauru, Ano 8, nº4, out-dez/2013, p. 31-44.

PANDE, P; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. **Estratégia seis sigma**: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 472 p.

RAMOS, F. V.; LOPES, C. B.; DA SILVA, N. F.; PEREIRA, T. G. Gestão de projetos através do DMAIC. In: XXXIV ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2014, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: ENEGEP, 2014. P.1-12.

REZENDE, R. V. **Estudo da metodologia Lean Manufacturing e o Dmaic em Six Sigma: Revisão Bibliográfica**. 2015. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

RODRIGUES, J. T. M. C.; WERNER, L. Descrevendo o programa seis sigma: uma revisão da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. p. 1-13.

SANTOS, A.B.; MARTINS, M. F. Contribuições do Seis Sigma: estudos de casos em multinacionais. **Revista Produção**. v. 20, n. 1, p. 42-53, 2010.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

WERKEMA, M. C. C. **Lean seis sigma - introdução às ferramentas do lean manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006. 120 p. v. 4. (Série seis sigma).

WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura seis sigma**. Belo Horizonte: Werkema, 2004. 256 p. v. 1. (Série seis sigma).