

# UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE REFUGO DE UMA EMPRESA DO RAMO ALIMENTÍCIO

## *USE OF THE DMAIC METHODOLOGY TO REDUCE REFUGE IN A FOOD COMPANY*

Ronne Peterson Pádua Ribeiro<sup>1</sup>  
Eduardo Emanuel Vieira Guedes<sup>2</sup>

### RESUMO

O setor alimentício tem adotado uma crescente busca por melhorias na qualidade de seus produtos, de forma que atenda um mercado cada vez mais exigente, competitivo e rigoroso. Qualquer falha no processo pode gerar um produto irregular, aumentando o índice de refugo sobre a produção. Este cenário tem feito com que as empresas busquem aplicar ferramentas da engenharia da qualidade a fim de aperfeiçoar e controlar seus processos para melhor atender seus clientes finais. Adotando esta abordagem, pode-se fazer com que ocorra a melhora da qualidade do produto através da identificação e resolução das não conformidades encontradas no processo, evitando-se, desperdícios e tornando o processo capaz de atender as expectativas do cliente. Este trabalho visa abordar a aplicação de ferramentas da qualidade, a fim de identificar problemas e reduzir o índice de refugo gerado em um processo de produção de uma empresa do ramo alimentício. Para isso, foi utilizado o método DMAIC *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyze* (analisar), *Improve* (aperfeiçoar) e *Control* (controlar), juntamente com ferramentas da qualidade como o 5 porquês, o CEP (controle estatístico de processo), e a implementação da ficha de controle para garantir repetibilidade no resultado final da produção. No estudo de caso foi identificado o problema e seus impactos, em seguida, realizado um plano de ação de acordo com o sequenciamento do método DMAIC que tornou possível a implementação de ações de melhoria no processo, como o controle de parâmetros, possibilitando que os resultados almejados pela empresa fossem alcançados.

**Palavras-chave:** DMAIC. Redução de refugo. Ferramentas da Qualidade.

### ABSTRACT

*The food sector has adopted the growing search for improvements in the quality of its products in a way that meets an increasingly demanding, competitive and rigorous market, where any error in the process can generate an irregular product, increasing the index of refuse on production. This scenario has led companies to seek to apply quality engineering tools in order to improve and control their processes to better serve their end customers through products as specified. Adopting this approach, it is possible to improve the quality of the product through the identification and resolution of the non-conformities found in the process, avoiding, waste and processing the process capable of meeting the client's expectations, maintaining the company's surveillance in the market in which it operates. This work shows the approach to the application of quality tools, in order to identify problems and reduce the waste index generated in a production process of a food company. The use of the DMAIC method*

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas.  
E-mail: ronne.p99@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Coordenador e Mestre do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas.  
E-mail: eduardo.guedes@unis.edu.br

*Define (define), Measure (measure), Analyze (analyze), Improve (improve) and Control (control) will be addressed, along with quality tools such as 5 whys, CEP (statistical process control), and implementation of the control sheet to ensure repeatability in the final result of production, by conducting a case study in which the problem and its impacts were identified, then an action plan was carried out according to the sequencing of the DMAIC method that making it possible to implement actions to improve the process, such as parameter control, enabling the results desired by the company to be achieved.*

**Keywords:** DMAIC. Scrap reduction. Quality tools.

Data de entrega: 03/11/2020

## **1 INTRODUÇÃO**

O atual mercado do ramo alimentício tem se tornado cada vez mais globalizado e com grande diversificação em todos os aspectos, seja por produtos, processos de fabricação e comercialização, sendo assim, este mercado em um modo geral tende a ser mais competitivo, onde as empresas estão buscando atingir as necessidades de seus clientes finais e consequentemente são levadas pela concorrência a adquirirem alternativas para melhorar seus produtos e serviços.

Esta realidade faz com que as empresas repensem suas estratégias visando sobrevivência e se tornem mais competitivas de acordo com as adversidades impostas através da otimização de seus processos e recursos com o objetivo de garantir a qualidade final de seus produtos.

Para alcançar bons resultados as empresas necessitam introduzir em seus padrões de trabalho novas técnicas e métodos, tanto na melhoria de seus processos quanto na gestão de recursos, com o intuito de reduzir custos atrelado a melhoria da qualidade. O ideal é que as empresas reduzam ao máximo o desperdício existente nos processos, focando nas atividades que agregam valor ao produto final percebido pelo cliente (WOMACK; JONES, 1992).

Como na maioria dos outros setores em diversos segmentos, no ramo alimentício os clientes procuram a melhor relação custo/qualidade e é justamente neste ponto que a empresa tem de concentrar seus esforços. Desta forma, a melhor condição das empresas aumentarem sua competitividade e permanecerem atuantes no mercado é mantendo a sua margem de lucro o maior possível, através de fatores como redução do custo de produção, atuação nas melhorias de processo, otimização de recursos, qualidade e também a redução do refugo de produção na qual será abordado neste trabalho.

A falta de qualidade dos produtos pode gerar inúmeros prejuízos para empresa dificultando sua permanência no mercado e afetando sua reputação, desta maneira a gestão da qualidade deve ser considerada parte da estratégia competitiva adotada para alcançar resultados satisfatórios. Por isso, nas organizações modernas, o enfoque na adoção da qualidade total ocorre visando o planejamento estratégico que permite englobar toda a organização nos parâmetros estabelecidos pelo sistema de qualidade. A qualidade implica na busca contínua da satisfação dos clientes, conseguindo atender as suas expectativas, sejam eles internos ou externos à organização. Para que isso aconteça é necessário antecipar-se aos desejos e necessidades desses clientes, para que desta forma consiga reter esses clientes (PEINADO, 2007).

A qualidade visa analisar e corrigir situações de não conformidades existentes nos processos produtivos, a fim de garantir desempenho do produto ou serviço ao consumidor final, de forma que os requisitos e padrões estão sendo obedecidos, fazendo com que os produtos e serviços estejam nos padrões de tolerância permitidos, possibilitando a plena satisfação interna e externa. Em função do que foi descrito acima, percebe-se que a qualidade é formada por um

conjunto de métodos, processos e procedimentos que são devidamente programados e planejados para a obtenção da satisfação do consumidor final (PALADINI, 2004).

O conceito Seis Sigma teve suas origens e todo o início de seu desenvolvimento na Motorola em meados de 1980, sendo impulsionado pelas empresas norte-americanas que tinham como objetivo a busca pela competitividade devido aos elevados padrões de qualidade e processos impostos pelas empresas japonesas, que eram referência neste âmbito do mercado mundial. O Seis Sigma obteve seu reconhecimento logo após o ano de 1988, época em que a Motorola recebeu o Prêmio Nacional de Qualidade Malcom Baldrige, que tinha o programa como fator primordial para o sucesso da empresa (WERKEMA, 2013).

De acordo com as exigências que estavam surgindo cada vez maiores em relação a qualidade, a metodologia Seis Sigma provou ser uma ferramenta importante no gerenciamento de negócios, pois tinha em suas raízes um método próprio de tornar uma empresa eficiente em sua área de atuação, alcançando ótimos níveis de qualidade, com baixos valores de variabilidade em seus processos.

Para Paladini (2004), Michael Harry, um dos idealizadores do Seis Sigma, define que existe a necessidade da estratégia de o programa estar presente não somente na área da qualidade das organizações, mas sim em toda a organização, indo desde a manufatura e engenharia até a área de serviços, de forma que as organizações que utilizam o programa com caráter estratégico, possam prezar pelas relações entre o projeto de um produto, sua fabricação e qualidade final.

Segundo Carvalho (2005), o Seis Sigmas utiliza ferramentas estatísticas voltadas para o método clássico, na qual são organizadas em um modelo de solução de problemas, denominado DMAIC, que tem cinco etapas: Definir (*Define* – D), Medir (*Measure* – M), Análise (*Analyze* – A), Melhoria (*Improve* – I) e Controle (*Control* – C).

Como observado o método DMAIC, é um dos métodos de solução de problemas e desenvolvimento de projetos de melhoria que pode ser aplicado com o intuito de alcançar resultados objetivos em relação à satisfação do cliente.

Neste trabalho será abordado um estudo de caso realizado em uma empresa do ramo alimentício localizada em Varginha, no Sul de Minas Gerais, na qual produz como principais produtos o adoçante, pó de suco frutas diversas, através do processo de desidratação da polpa da fruta tendo como um de seus principais problemas o excesso de refugo gerado em produções não conforme, na maioria das vezes não é possível realizar o retrabalho, sendo assim, é descartado e a empresa tem um considerável prejuízo financeiro. Um fato importante, é que a empresa atua no mercado a aproximadamente 3 anos, e ainda está em fase de implementações de ferramentas de controle no processo, e conseqüentemente tem carência da área de engenharia de produção para auxiliar na implementação. Tendo em vista o problema de excesso de refugo, como forma de resolvê-lo, foi aplicado a ferramenta DMAIC, com o intuito de reduzir o refugo gerado no processo de fabricação. Arelado a metodologia DMAIC, também foram essenciais algumas ferramentas utilizadas na qualidade CEP (carta de controle), ficha de controle e 5 porquês.

Será representado neste artigo todo referencial teórico sobre a ferramenta DMAIC em conjunto com as ferramentas da qualidade como CEP, e ficha de controle, posteriormente, é mostrado os procedimentos metodológicos do estudo de caso, a apresentação e análise dos resultados obtidos bem como as considerações finais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para que seja possível realizar o estudo de caso e alcançar os resultados almejados neste trabalho, é necessário que todo o referencial teórico seja levantado para que, posteriormente possa servir de embasamento teórico para aplicação prática. Com isso será abordado o conceito

de qualidade e suas ferramentas como CEP, 5 Porquês e o Seis Sigma atrelado a metodologia DMAIC, para resolução de problemas e melhoria de processo.

## **2.1 Qualidade**

Atualmente ao se falar em grandes empresas e produtos presentes no mercado é comum a utilização do termo qualidade, e sua definição é bem simples as quando se utiliza às literaturas específicas da área, tendo diversas definições que completam-se. Segundo Slack a qualidade é considerada como a consistente conformidade com as expectativas dos consumidores, e para atender a qualidade é necessário cumprir com os requisitos e as especificações definidas em um produto ou serviço de forma consistente com o mínimo de variação possível garantindo repetibilidade no processo. Consistente quer dizer que a conformidade às especificações não seja passageira e que as instalações, materiais, equipamentos e processos tenham sido bem definidos e projetados de forma que possam ser controlados fazendo com que o sucesso almejado pelas empresas possa ser alcançado em seus produtos finais (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Para Paladini (2004), a qualidade pode ser definida como o envolvimento de elementos com graus de importância diferentes. Deixar de dar atenção a algum desses elementos e não considerar outros pertinentes ao processo pode fragilizar estrategicamente e financeiramente a empresa.

## **2.2 Controle de Qualidade**

O Controle de qualidade é necessário para mensurar as condições do produto, de forma que esta assegurando que devem ser projetados e produzidos para atender ou superar as expectativas de cada cliente. Esta metodologia iniciou-se na década de 30, tendo sua aplicação na área industrial. O gráfico de controle foi desenvolvido por Shewhart, que em um memorando propôs a utilização do gráfico de controle para a análise de dados resultantes de inspeção, de forma que a importância dada à inspeção (operação em processo de fabricação que se baseia em detectar, segregar e corrigir produtos com defeitos), fosse substituída por um método preventivo de resolução dos problemas relacionados à qualidade, impedindo que os produtos defeituosos fossem produzidos. (WERKEMA, 2013).

Carvalho (2005), refere-se ao controle de qualidade tendo em seu início nas inspeções visuais do produto acabado, passando por uma inspeção formal e obrigatória que é realizada durante a produção dos produtos, através dos sistemas de medidas, dispositivos passa ou não passa, gabaritos e acessórios, e evoluiu para o pretexto de que o princípio de que as decisões tomadas no início da cadeia de produção geram implicações para a qualidade final do produto. Para obter o controle e fazer com que a qualidade possa chegar aos objetivos o controle da qualidade é realizado através da adequação e exigências padrões requeridos pelos consumidores, e tais exigências tem aumentado com a competitividade entre as empresas, fazendo com que tenham uma percepção sobre as necessidades dos clientes, tendência que leva a reavaliar a existência do relacionamento tanto dentro quanto fora da empresa.

## **2.3 Controle Estatístico da Qualidade**

Ao decorrer da II Guerra Mundial, o controle estatístico da qualidade (CEQ), apresentou um crescimento voraz através dos métodos que eram aplicados para testar e inspecionar uma amostra para não ter que inspecionar o lote inteiro. Segundo Werkema (2013), esta condição fazia com que fosse mais rápido e mais econômica, tendo como exemplo, pequenos produtos produzidos em larga escala que seria impossível testar 100% dos lotes. Por esta razão, a II

Guerra Mundial foi um dos grandes propulsores para a aplicação do controle de qualidade em um número significativo em empresas Norte Americanas e outras ao redor do mundo. O conceito do CEQ é de grande importância para obtenção, manutenção e melhoria da qualidade de produtos e serviços (WERKEMA, 2013).

Para entender melhor o CEQ, apresenta-se algumas definições. De um modo mais simples de ser compreendido, o CEQ refere-se à utilização de ferramentas estatísticas para a melhoria da qualidade de processos, produtos ou serviços produzidos ou prestados por empresas.

O conceito de CEQ se dá pelo fato de que, para se exercer o controle de um processo, ou vários processos que levam ao produto acabado, necessita-se entender seu comportamento. Esse conceito fornece uma base para se definir o comportamento do processo como bom, aceitável ou ruim. Por isso, os problemas podem ser rastreados, identificados e eliminados de um processo, de modo que possa continuar produzindo produtos com qualidade aceitável (FALCÃO, 2001).

De acordo com Falcão (2001), uma das técnicas utilizadas no CEQ, é o Controle Estatístico de Processos (CEP), que é uma técnica estatística de monitoração de processos de produção, que tem como objetivo principal a redução sistemática da variabilidade de características de qualidade de interesse.

## **2.4 Controle Estatístico de Processo**

O Controle Estatístico do Processo (CEP) pode ser considerado como um conjunto de ferramentas que podem realizar um monitoramento da qualidade. Com a utilização dessas ferramentas, é possível obter uma descrição mais detalhada acerca do comportamento do processo, possibilitando a identificação da sua variabilidade e garantindo seu controle ao longo do tempo, através da coleta seriada de dados, análise e bloqueio de possíveis causas especiais, que podem causar instabilidades do processo produtivo. As principais ferramentas do CEP são as cartas ou gráficos de controle, que são utilizadas no controle estatístico de processo e têm como função detectar desvios de parâmetros representativos do processo, fazendo com que se reduza a quantidade de produtos fora de especificações, conseqüentemente os de produção, uma vez que a empresa deixa de gerar produtos fora de especificação e iriam ser refugados (Alencar, 2004).

Segundo Paranthaman, (1990), o objetivo do CEP é melhorar os processos produtivos através da redução da variabilidade fazendo com aumente o nível de qualidade dos produtos e melhore os resultados da produção. Para definir a eficácia da utilização do CEP basta basear-se no seguinte conceito: quando um processo produtivo ocorre sob condições conhecidas e estas são normalmente mantidas, este processo estará sujeito apenas aos efeitos de Causas Comuns na qual definem a posição e a dispersão do processo, considerando por uma Distribuição Normal, ou seja, sendo um processo conhecido, pode-se prever toda sua ocorrência. O processo que ocorre em Causas Especiais, deve ser tratado naquele momento, pois indica que a existe uma tendência de que a maioria dos produtos saiam de sua especificação determinada. Geralmente pode ocorrer por uma quebra de equipamento em alguma fase do processo, mão de obra desqualificada, variação na matéria prima entre outros fatores.

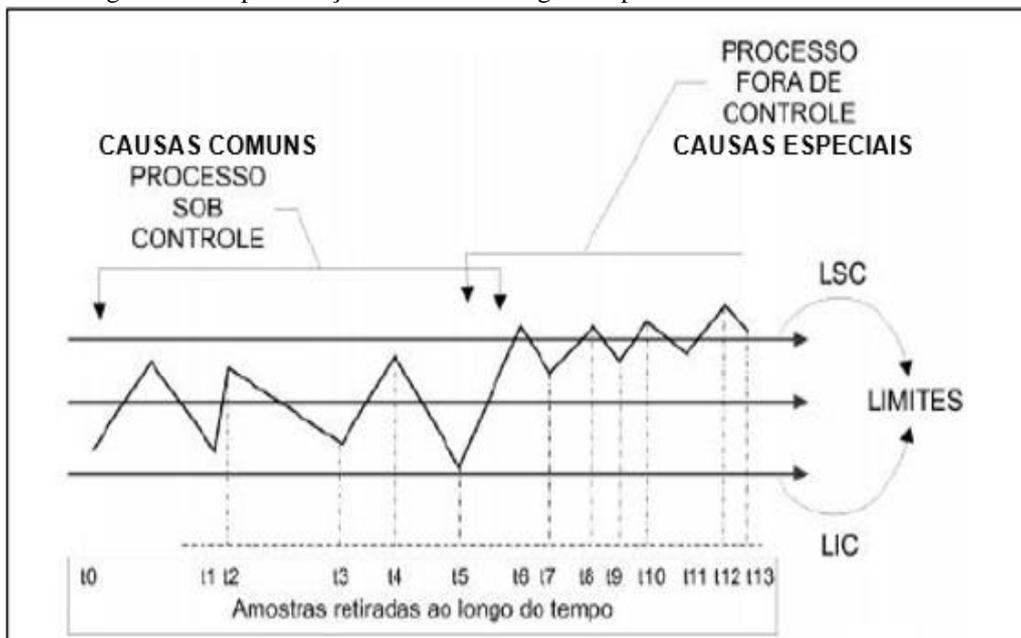
Este é um dos fundamentos do CEP, na qual mantem-se uma atuação constante no processo produtivo através da estatística que nos permite uma visualização do problema antes que seja produzido grandes lotes e que trariam alto indicie de refugo para empresa, em resumo, tem-se uma atuação preventiva do processo através das cartas de controle que será abordado neste trabalho.

As cartas de controle ou gráficos de controle representam uma das técnicas estatísticas que são utilizadas para suportar o controle da qualidade de um processo, fornecendo

informações de suas variações tanto de caráter determinável quanto de caráter aleatório, permitindo a atuação no processo de forma preventiva, corrigindo os desvios de qualidade, em tempo real na qual está sendo produzido, não deixando que a situação crie probabilidades de ocorrências de não conformidade e acabe com uma possível reprovação no produto final.

As cartas ou gráficos de controle são representadas em uma linha central, um par de limites de controle, um dos quais se localiza abaixo e outro acima da linha central, e valores característicos são marcados no gráfico mostrando o estado na qual o processo se encontra. A linha central é denominada como (LC), na qual representa o valor médio obtido através da medição da característica do produto, e as linhas horizontais são chamadas de limite superior de controle (LSC) e de limite inferior de controle (LIC). Quando todos esses valores marcados estiverem dentro dos limites de controle, sem qualquer interferência ou tendência particular, e a disposição da marcação dos pontos dentro dos limites for aleatória, o processo é consideravelmente sob controle e sua variação são somente de causas comuns. Porém, se os pontos estiverem fora dos limites de controle ou com uma disposição atípica, o processo é julgado fora de controle e sua variação são de causas especiais (Montgomery (2004). Abaixo a figura 01 representa graficamente, o mesmo processo em controle e fora de controle.

Figura 01 - Representação em um mesmo gráfico processo sob e fora de controle



Fonte: Adaptado de Montgomery (2004).

Para tratar as causas comuns, deve se atuar continuamente no processo em busca de melhorias, já para as causas especiais, é necessário que se faça um monitoramento para encontrar a correta ação corretiva sobre as causas especiais. Após a identificação das causas especiais, pode-se atuar sobre elas, buscando a normalização do processo, através de ações corretivas.

## 2.5 O Método dos Porquês

O método dos 5 porquês é uma ferramenta desenvolvida pelo sistema Toyota de Produção, e seu principal objetivo é encontrar a verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida dentre outras causas potenciais que não são de fato a causa do problema inicial, esta ferramenta foi uma das que levou a Toyota alcançar resultados

satisfatórios na qualidade de seus produtos por encontrar a causa raiz de um problema e tomar ações para que não venha a se repetir (Ohno, 1997).

É uma metodologia simples de resolução de problemas de uma forma em geral que foi criada pelo Taiichi Ono, considerado o pai do Sistema de Produção Toyota e consiste basicamente em formular a pergunta “Por quê” cinco vezes para entender de fato o que levou a gerar o problema (a causa-raiz). É comum e em alguns casos, se for necessário mais (ou menos) do que 5 perguntas sejam feitas. O número 5 vem da observação de Ono de que esse número costuma ser suficiente para se chegar à causa raiz, ou seja é o mesmo que encontrar a causa primária do problema, de modo que você pode:

- a) Determinar o que aconteceu;
- b) Determinar por que isso aconteceu;
- c) Descobrir o que fazer para reduzir a probabilidade de que isso vai acontecer novamente.

Segundo Weiss (2011), para conseguir utilizar a ferramenta dos 5 porquês de uma forma mais simplificada é necessário seguir os 5 passos para aplicar o método. Observe o quadro 01 simplificando os passos citados:

Quadro 01 – Representação dos passos importantes dos 5 porquês

1° Passo	Inicie a análise com a afirmação da situação que se deseja entender – ou seja, deve-se iniciar com o problema
2° Passo	Pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira.
3° Passo	Para a razão descrita que explica por que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte por quê novamente
4° Passo	Continue perguntando por que até que não se possa mais perguntar mais por quês
5° Passo	Ao cessar as respostas dos por quês significa que a causa raiz foi identificada

Fonte: O autor

Após a identificação da causa raiz, é necessário formular uma ação que possa ataca-la diretamente, desta forma, o problema inicial não irá ocorrer novamente devido a causa encontra, se o problema persistir, pode ser que não houve êxito em encontrar a causa raiz, sendo necessário continuar com o número de vezes que se faz a pergunta do número 5 porquês, e então executar a ação que de fato vai resolver o problema.

## 2.6 Seis Sigma

O conceito Seis Sigma surgiu na década de 1980 inicialmente dentro da empresa Motorola e logo após sua implementação foi difundido para outras empresas em todo o mundo, graças aos ganhos e resultados obtidos pela sua utilização. Basicamente, o Seis Sigma baseia-se na utilização de ferramentas da qualidade voltado para campo estatístico, na análise sistêmica de possíveis causas de variabilidade de processo, além de integrar o gerenciamento por processos e diretrizes, enfatizando o foco nos clientes, nos processos de produção e resultados da empresa (DONADEL, 2008). O conceito Seis Sigma também pode ser considerado uma importante ferramenta da qualidade, pois tem o propósito reduzir a quantidade de falhas no processo, conseqüentemente tem-se menos geração de refugo, com isso, o custo de produção diminui cada vez mais que esta ferramenta é utilizada, aumentando a lucratividade das empresas.

## 2.7 DMAIC

A metodologia DMAIC é uma ferramenta utilizada na implementação do Seis Sigma para condução dos projetos ou melhoria de processos já existentes. Basicamente as etapas do DMAIC buscam definir as oportunidades de melhoria, encontrar os desvios ou problemas e variabilidades indesejadas no processo através de dados coletados, analisando as informações encontradas e realizando as melhorias necessárias no processo através de ações pré-definidas e por fim, controlar os processos para garantir a melhoria contínua (WERKEMA, 2013). Esta metodologia DMAIC é uma das fases mais importantes e fundamentais no desenvolvimento de projeto Seis Sigma. Em comparação com o Ciclo PDCA, podemos dizer que o DMAIC é o aprimoramento, e suas etapas que compõem este método podem garantir que as empresas apliquem a técnica em um sequenciamento lógico e disciplinado, o que fará que durante a execução de projetos ou processos possa se alcançar o êxito almejado pelas empresas no quesito de alcançar resultados.

Para WERKEMA (2013), a metodologia DMAIC é uma ferramenta aliada para obtenção de qualidade que etapa por etapa busca as soluções de problemas, na qual será descrito abaixo da seguinte forma:

1ª Etapa, Definir – Esta etapa, primeira do DMAIC, consiste em encontrar e levantar quais são os problemas enfrentados, incidências, reclamações e quebras de qualidade, dentre outros, na qual afeta a qualidade final do produto, processo ou serviço. A fase de definição consiste basicamente em um alinhamento das informações pertinentes ao processo e acordo entre as partes envolvidas sobre o que se deve ser feito.

2ª Etapa, Medir – Para se realizar esta etapa, é necessário que todo o time multifuncional envolvido observe e faça medições dos resultados do problema de acordo com relato da etapa anterior. É importante nesta etapa que as medições devem ser feitas corretamente para que se tenha confiabilidade nos dados obtidos no estudo, caso os dados forem gerados incorretamente ou de forma imprecisa, o ciclo DMAIC deve continuar as etapas seguinte e nem deve encerrado, necessariamente um novo retrabalho das medições deve começar como resposta para o problema não solucionado.

3ª Etapa, Analisar – Nesta etapa inicia-se a análise dos dados obtidos e coletados na fase anterior, e estes serão submetidos a estudos estatísticos, podendo ser avaliados de forma quantitativa e qualitativa. O uso de ferramentas estáticas como o software MINITAB®, na qual será utilizado no estudo de caso deste trabalho é indispensável para reproduzir e representar as variabilidades das causas de um modo de falha.

4ª Etapa, Melhorar - Na penúltima etapa, inicia-se os trabalhos para atacar a causa dos problemas, consistindo em aplicar ações pré-definidas com intuito de melhorar ou eliminar as variabilidades do processo, com base nas observações levantadas, análises e medições feitas nas etapas anteriores. Considerando que todas as etapas são importantes, e que nenhuma pode ser feita sem a outra, esta etapa pode ser considerada como uma das mais importantes pois utiliza todas as informações anteriores para implementar a ação que vai atacar diretamente a causa do problema. Geralmente, quando as ações são bem definidas e bem aplicadas, a probabilidade do problema voltar é muito baixa, garantindo a redução ou eliminação de variabilidade no processo dos produtos.

5ª Etapa, Controlar – Finalmente com todas as etapas seguidas e as ações implementadas, resta a última etapa para concluir o ciclo DMAIC e deve-se estar com toda a documentação do processo de melhoria e avaliação da eficácia, o principal objetivo desta fase é garantir que o controle de todos os ganhos obtidos no DMAIC sejam preservados, até que novos conhecimentos e dados possam demonstrar que existem maneiras mais eficazes de melhorar o processo. A execução bem feita das fases anteriores é crucial para o encerramento

do ciclo DMAIC. Na figura 02 abaixo é apresentado o ciclo DMAIC e suas cinco etapas de iterações.

Figura 02 – Representação ilustrativa do Seis Sigma atrelado ao DMAIC



Fonte: Adaptado Voitto (2020).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser considerado como um estudo de caso contando com abordagens quantitativas e qualitativas, para representar o principal problema enfrentado pela empresa que é o excesso de refugo na produção do adoçante em pó. Para Yin (1994), o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Para sua elaboração foi necessário realizar uma pesquisa no campo bibliográfico, exploratório e descritivo dos temas DMAIC, CEP e os 5 Porquês, para que fosse possível ter o entendimento destas ferramentas e posteriormente construir o modelo proposto no estudo de caso para resolução do problema.

Na composição do estudo, foi realizada uma investigação acerca da produção do adoçante em pó na empresa em questão do ramo alimentício para que fosse possível entender suas fases de processo, parâmetros, problemas enfrentados na sua produção, e mensurar os valores de perda para então desenvolver propostas de melhoria através da metodologia DMAIC. Para calcular as cartas de controle, foi utilizado o software MINITAB 17.0®, 2017, e foi considerado não sendo necessário detalhar a base de cálculo no estudo bibliográfico, pois o software realiza os cálculos automaticamente, o que prova-se útil e prático no dia-a-dia do engenheiro, por promover rapidez nas análises e confiabilidade nas informações.

### 4 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Neste tópico será abordado o estudo de caso realizado em uma empresa do ramo alimentício, situada a pouco tempo no mercado, tendo sua localização em Varginha, no Sul de Minas Gerais, na qual produz como principais produtos o adoçante em pó e frutas diversas, realizando o processo de desidratação da polpa da fruta através do processo *Spray Dryer*. Será representado um resumo descritivo e ilustrativo do processo produtivo, e pôr fim a aplicação prática de todo referencial bibliográfico para alcançar os resultados almejados.

#### 4.1 Informações do processo

O processo demonstrado a seguir é do *Spray Dryer*, responsável pela produção do produto denominado adoçante em pó, objeto de estudo deste trabalho. Para sua fabricação, inicialmente é realizado o recebimento da matéria prima na qual se realiza uma inspeção para validação da qualidade, em seguida é encaminhado para o estoque.

Para a produção do adoçante em pó, tem-se uma fórmula para dosagem dos componentes necessários, que vão ser pesados em uma balança de precisão e dissolvidos em um tanque com água quente, onde se encontra um dispositivo agitador para homogeneização completa da formulação. Após a mistura obtém-se o extrato líquido do adoçante, e ele é transportado por uma tubulação de aço inox através de um sistema de bombeamento simples para o tanque de produção. Nesta fase do processo é utilizado um dispositivo para medição do nível de brix (quantidade sólidos que há no extrato), que é de acordo com o especificado.

A etapa seguinte consiste em transportar esse extrato líquido para a torre de secagem *Spray Dryer*, que é realizada através de uma bomba de alta pressão, responsável por encaminhar e controlar a vazão de material na tubulação de entrada da torre. A torre tem a função de realizar a secagem do extrato líquido transformando-o em pó sólido através da troca de calor em altas temperaturas, na qual o produto cai por gravidade em uma peneira vibratória para separação de impurezas provenientes do processo, em seguida o produto é envasado em sacos plásticos com dimensões definidas de acordo com a programação de produção, posteriormente são identificados e armazenados.

A figura 03 é a imagem real dos principais componentes e ferramentas utilizados neste processo, mostrando o tanque de homogeneização, tanque de produção, bomba de alta pressão e torre *Spray Dryer*.

Figura 03 – Imagem dos componentes do processo



Fonte: O autor.

## 4.2 Implementação da metodologia DMAIC

Neste tópico será abordado a parte prática da metodologia DMAIC representando passo a passo de como foi sua utilização para resolução do problema em questão, na qual será representado a seguir na etapa Definir (*Define*), posteriormente será realizado o levantamento das informações quantitativas e qualitativas na etapa Medir (*Measure*). Após a coleta das informações, será feito a análise na etapa Analisar (*Analyze*), em seguida, será executado ações que possam atacar a causa raiz do problema tendo em vista as informações analisadas, por fim, será feito a checagem e controle da eficácia das etapas anteriores através da etapa Controlar (*Control*).

### 4.2.1 Definir (*Define*)

Decorrente ao processo de produção do produto adoçante em pó descrito acima, tem-se alguns modos de falha na qual podem gerar um produto não conforme, como mistura insatisfatória, dosagem do extrato errado, pressão da vazão do líquido irregular, entre outras que podem levar a não conformidade do produto final, porém o modo de falha mais comum enfrentado na produção é a variação de temperatura na torre *Spray Dryer*, parâmetro determinante ao valor de humidade do produto em pó, que se estiver fora dos requisitos de qualidade do produto, gera-se refugo de produção. Neste caso, a especificação de humidade do adoçante em pó, é de 2,1 á 4,6%, se o percentual estiver abaixo de 2,1%, o produto estará reprovado e caracteriza-se como produto queimado, causando amargor ao sabor do adoçante, desta forma não poderá ser comercializado. O mesmo ocorre quando a especificação de humidade ultrapassa 4,6%, na qual o produto vai ficar caracterizado com um baixo nível de sabor, e também é reprovado e não pode ser comercializado. Todo o trabalho de verificação de humidade no pó é realizado no laboratório da empresa.

Conforme dados operacionais da empresa, o adoçante em pó representa 74% mensal de toda a produção da empresa, e a média do valor de refugo deste nos últimos meses do ano de 2020 foi de 27% sobre produção.

#### 4.2.2 Medir (*Measure*)

Para mensurar o problema em dados, foi realizado um acompanhamento de produção em períodos diferentes no mês de setembro de 2020, e foram coletadas as temperaturas configuradas que comumente eram utilizadas na torre do processo *Spray Dryer*, geralmente com valor mínimo de 205 e máximo de 270°C, obtendo-se o resultado de produção com cada temperatura relacionada conforme o quadro 02. Usou-se ao decorrer do mês em dias diferentes de produção um aumento gradativo de 5 em 5°C para melhor visualizar aumento ou diminuição dos valores de refugo.

Quadro 02 – Relação de temperatura e refugo

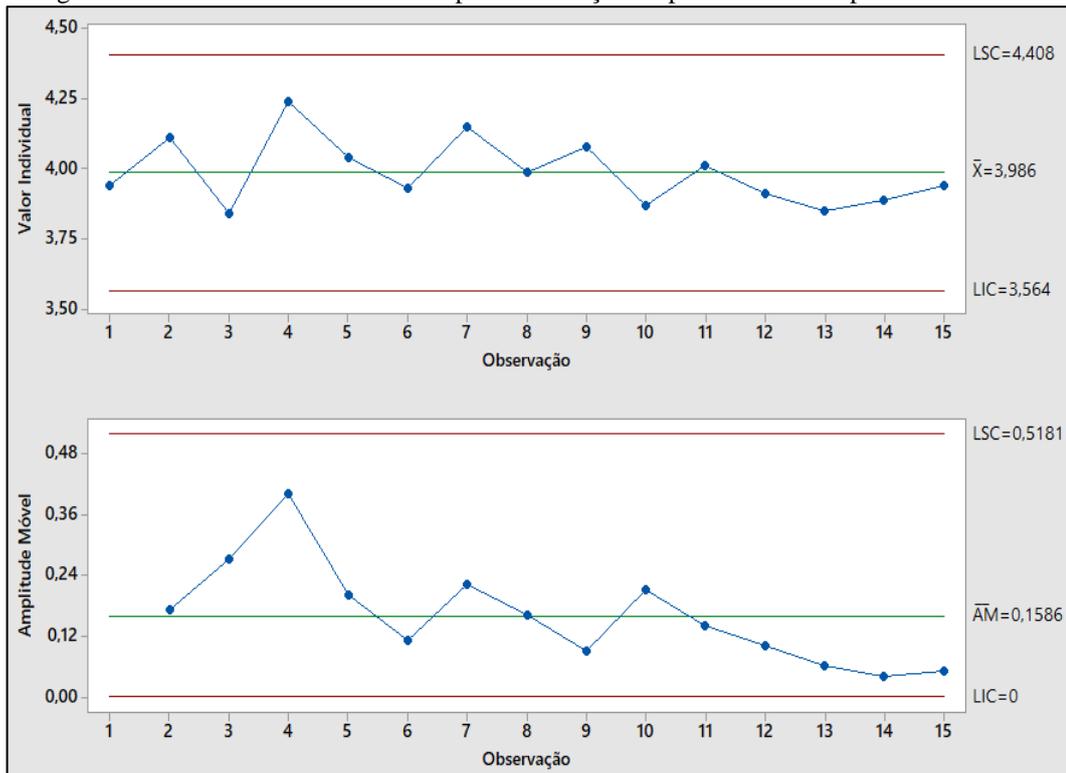
Quadro de Temperaturas X Refugo			
Data de produção	Temperatura	Nível de refugo	Produto
02/09/2020	205°C	35,82%	Adoçante em Pó
03/09/2020	215 °C	32,44%	Adoçante em Pó
08/09/2020	220 °C	22,14%	Adoçante em Pó
09/07/2020	225 °C	18,50%	Adoçante em Pó
10/09/2020	230 °C	14,20%	Adoçante em Pó
14/09/2020	235 °C	10,40%	Adoçante em Pó
15/09/2020	240 °C	9,37%	Adoçante em Pó
16/09/2020	245 °C	10,11%	Adoçante em Pó
17/09/2020	250 °C	12,72%	Adoçante em Pó
18/09/2020	255 °C	14,98%	Adoçante em Pó
21/09/2020	260 °C	19,23%	Adoçante em Pó
22/09/2020	265 °C	23,19%	Adoçante em Pó
25/09/2020	270 °C	24,95%	Adoçante em Pó

Fonte: O autor.

### 4.2.3 Analisar (*Analyze*)

De acordo com a quadro 02, foi possível observar que os melhores dias de produção foram 14, 15 e 16/09/2020 tendo os valores mais próximos de refugo que ficaram de 9,37 á 10, 4% melhor valor alcançado com temperatura configurada de 235 á 245°C. Para verificar se o produto final ficou dentro da especificação determinada que é de 2,1 á 4,6% do nível de humidade de forma que esteja liberado para envio ao cliente, foram coletados 15 amostras de cada produção dos melhores dias com suas respectivas temperaturas, e o resultado foi demonstrado através das cartas de controle que serão demonstradas a seguir.

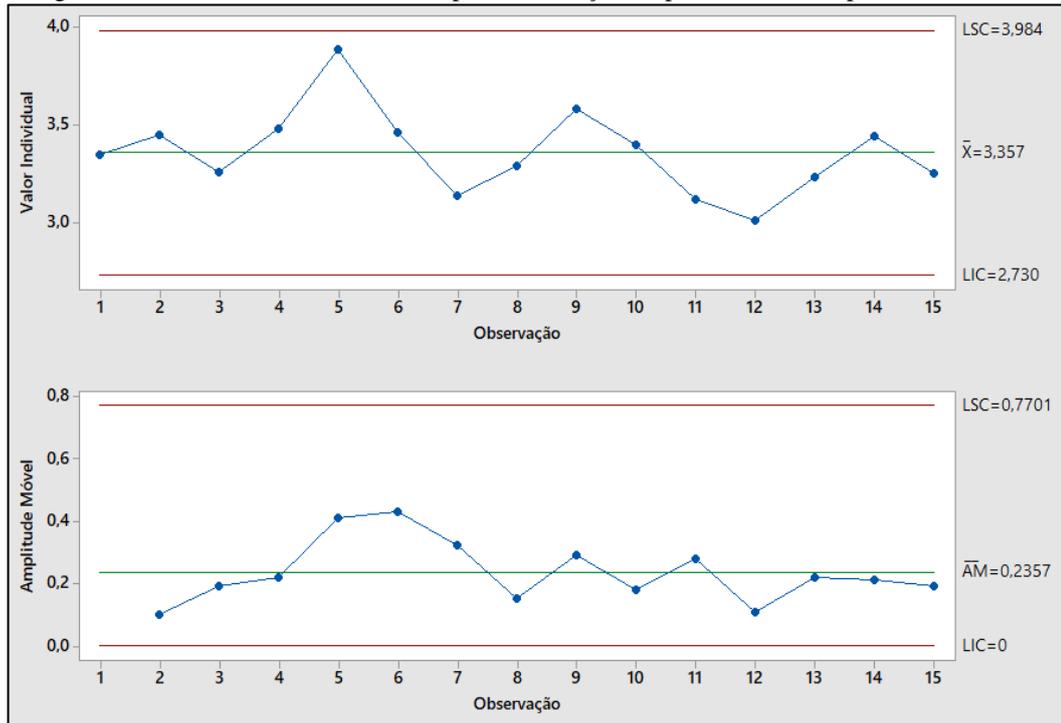
Figura 04 – Carta de controle utilizada para verificação do produto com temperatura de 235°C



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0®, 2017.

De acordo com as informações gerada na primeira carta de controle, utilizando temperatura de 235°C, foi obtido o valor de LIC 3,564 e LSC 4,408% em relação ao nível de humidade do produto final, e mostra que mesmo estando próximo ao máximo do limite do produto, está dentro das especificações, portanto este parâmetro de temperatura pode ser utilizado no processo e seu refugo corresponde a aproximadamente 10,4%, valor relativamente baixo em relação à média dos últimos meses encontrada de 27%. Utilizando uma temperatura mais baixa na prática, o produto tende a ter um nível de humidade maior.

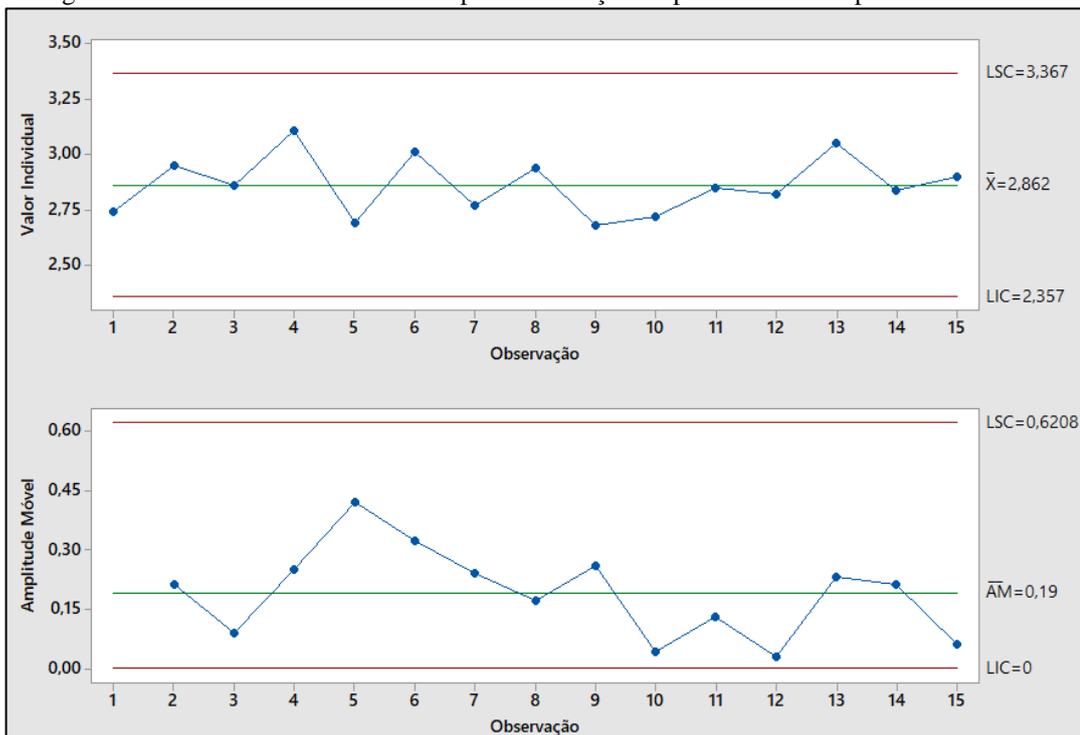
Figura 05 – Carta de controle utilizada para verificação do produto com temperatura de 240°C



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0®, 2017.

Para a segunda carta de controle, utilizou-se temperatura de 240°C, podemos concluir que LIC 2,730 e LSC 3,984% estão dentro das especificações do produto, e pode ser considerado como o valor nominal, portanto este parâmetro de temperatura pode ser utilizado no processo e seu refugo corresponde a aproximadamente 9,37%, menor valor encontrado até o momento.

Figura 06 – Carta de controle utilizada para verificação do produto com temperatura de 245°C



Fonte: SOFTWARE MINITAB 17.0®, 2017.

Por fim, para a terceira e última carta de controle, utilizou-se temperatura de 245°C, chegamos ao valor de LIC 2,357 e LSC 3,367% estão dentro das especificações do produto, portanto este parâmetro de temperatura pode ser utilizado no processo e seu refugo corresponde a aproximadamente 10,11%, este valor também é baixo em relação aos 27%. Utilizando uma temperatura mais alta na prática, o produto tende a ter um nível de humidade menor.

#### 4.2.4 Aperfeiçoar (*Improve*)

Para definir a ação que de fato possa resolver o problema de refugo, primeiramente é necessário encontrar a causa raiz do problema, se uma ação for tomada para uma causa que não tenha influencia no processo ou que não seja a causa raiz, o problema vai continuar e será necessário uma nova análise. Como apoio para descobrir a causa raiz, o método dos 5 porquês foi aplicado no processo para obtenção da causa raiz e posteriormente a definição da ação para diminuir o problema.

##### 4.2.4.1 Aplicação dos 5 Porquês

Quadro 03 – Utilização dos 5 porquês

<b>Problema</b>	Alto índice de refugo na produção do adoçante em pó.	
<b>Porquês</b>	<b>Pergunta</b>	<b>Resposta</b>
<b>1°</b>	Por que o refugo de produção do adoçante em pó está alto?	Porque não tem padrão de temperatura de entrada na torre <i>Spray Dryer</i> .
<b>2°</b>	Por que não tem padrão de temperatura de entrada na torre <i>Spray Dryer</i> ?	Porque a temperatura de entrada (valor de <i>input</i> ) da torre não é controlada.
<b>3°</b>	Por que a temperatura de entrada (valor de <i>input</i> ) da torre não é controlada?	Porque não houve definição para controle de temperatura no desenvolvimento do processo.

Fonte: O Autor.

Neste caso, conforme o quadro 03, foram necessários somente 3 porquês para identificação da causa raiz. De acordo com os 5 porquês realizado, a causa raiz do problema é que não houve definição para controle de temperatura no desenvolvimento do processo, sendo assim a ação para atacar diretamente a causa raiz como modo preventivo, é a inclusão nos procedimentos internos da empresa, como obrigatoriedade, em qualquer desenvolvimento de qualquer produto que englobe processo, será necessário a definição ideal de todos os parâmetros bem como seu controle.

Sendo incluído nos procedimentos internos da empresa, teoricamente quando houver algum projeto novo, será definido o parâmetro ideal previamente antes que entre em produção em larga escala, e conseqüentemente, o valor de refugo gerado na operação não vai ser tão alto.

Uma outra ação que foi implementada de forma corretiva foi a ficha de controle conforme figura 07, na qual é um documento desenvolvido para controlar o processo com parâmetros de temperatura definidos e controlados hora / hora pelo operador, desta forma o processo vai estar definido com a temperatura que gera menos refugo e a cada 1 hora será feito a leitura da temperatura da torre *Spray Dryer*. Caso a temperatura esteja fora do especificado, deverá ser anotado na ficha e acionar o supervisor para verificação do problema e de causas especiais no processo.

Figura 07 – Ficha de controle do adoçante em pó

Ficha de controle para o produto Adoçante em pó				
Frequência do Registro	Descrição da operação	Equipamento	Característica de controle	Especificação
	Desidratação do extrato	Torre Spray Dryer	Temperatura	235°C á 245°C
	Data: __/__/__	Data: __/__/__	Data: __/__/__	Data: __/__/__
	Hora: __: __	Hora: __: __	Hora: __: __	Hora: __: __
	<b>Registro: _____</b>	<b>Registro: _____</b>	<b>Registro: _____</b>	<b>Registro: _____</b>
	Data: __/__/__	Data: __/__/__	Data: __/__/__	Data: __/__/__
	Hora: __: __	Hora: __: __	Hora: __: __	Hora: __: __
	<b>Registro: _____</b>	<b>Registro: _____</b>	<b>Registro: _____</b>	<b>Registro: _____</b>

Fonte: O autor.

#### 4.2.5 Controlar (*Control*)

Nesta etapa do processo, é necessário realizar um monitoramento dos resultados obtidos de acordo com as ações implementadas. Neste caso, para fazer este controle, foi proposto realizar um acompanhamento / inspeção mensal para avaliação do nível de refugo, desta forma foi utilizado o mesmo quadro com as informações de temperatura real x refugo mostrada no quadro 04 seguir.

Quadro 04 – Relação temperatura x refugo do mês de outubro

Quadro de Temperaturas X Refugo			
Data de produção	Temperatura	Nível de refugo	Produto
01/10/2020	237°C	10,22%	Adoçante em Pó
02/10/2020	235°C	10,54%	Adoçante em Pó
09/10/2020	241°C	9,23%	Adoçante em Pó
12/10/2020	239°C	9,83%	Adoçante em Pó
14/10/2020	240°C	9,67%	Adoçante em Pó
15/10/2020	240°C	9,82%	Adoçante em Pó
16/10/2020	237°C	9,98%	Adoçante em Pó
19/10/2020	239°C	10,07%	Adoçante em Pó
20/10/2020	243°C	10,77%	Adoçante em Pó
21/10/2020	236°C	10,55%	Adoçante em Pó
27/10/2020	244°C	10,74%	Adoçante em Pó
29/10/2020	242°C	10,45%	Adoçante em Pó
30/10/2020	245°C	10,77%	Adoçante em Pó

Fonte: O autor.

Será necessário realizar o preenchimento mensal desta tabela para acompanhamento do nível de refugo, as informações de temperatura deverão ser coletadas da ficha de controle preenchida diariamente, desta forma, será possível acompanhar o resultado de acordo com as ações implementadas. De acordo com o resultado encontrado no quadro 04, a média de refugo foi de 10,2%. Não foi possível reduzir ainda mais o valor de refugo de 10,2% porque existem perdas que são provenientes deste processo de fabricação, porém, estas não foram descartadas, e está sendo realizado um outro estudo para melhor compreendê-las e posteriormente realizar a redução como feito neste estudo de caso. Outro estudo que está em paralelo com este trabalho, é a implementação de um sistema de alarme, na qual irá ser disparado caso a temperatura saia do especificado que é de 235°C a 245°C, facilitando o monitoramento dos operadores quando a temperatura não estiver em conformidade estabelecida.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao final do estudo de caso, pode-se notar uma melhoria significativa em relação ao nível de refugo apresentado inicialmente na etapa Definir (*Define*), do DMAIC, na qual mostrou que a média dos últimos meses produtivos em 2020, foi de 27% sobre produção. O valor encontrado ao final de outubro, após todas as melhorias terem sido realizadas foi uma média de 10,20%, chegando um expressivo número de redução de 16,8% de refugo. A partir de todas as melhorias realizadas a empresa deixa de jogar fora todos os meses um valor relativamente alto de 16,8% de refugo, de forma que todo o trabalho aplicado pode contribuir para a saúde financeira da empresa.

Este trabalho apresentou a importância da qualidade no segmento da indústria em geral, e a importância da aplicação do conceito Seis Sigma juntamente com a metodologia DMAIC para resolução de problemas e melhoria de processos. A sua implementação se deu no processo de fabricação do adoçante em pó em uma empresa do ramo alimentício, na qual foi possível reduzir o nível de refugo gerado na produção. Para que fosse possível identificar o problema no estudo de caso, foi utilizado o método DMAIC em conjunto com ferramentas da qualidade como os 5 porquês, CEP e pela implementação da ficha de controle.

O artigo também contribuiu com a explanação da teoria da metodologia, auxiliando a disseminar informações pesquisadas e pós-comprovadas com a aplicação prática através do estudo de caso.

Com relação ao estudo de caso sobre a aplicação das ferramentas da qualidade atrelado ao DMAIC, mesmo que aplicado ao setor alimentício, nota-se que a metodologia é versátil e pode ser aplicada a outros segmentos de mercado, para resolução de qualquer problema. Esta aplicação pode auxiliar desde um simples processo de manufatura até processos complexos com número alto número de variáveis e alto valor agregado. É importante salientar que este estudo propôs uma solução para o problema de alto valor de refugo no processo de produção do adoçante em pó, e foi possível reduzi-lo com a aplicação do DMAIC, chegando à comprovação da eficácia da ferramenta. A ferramenta dos 5 porquês teve em sua função a identificação da causa raiz, tomando ações preventivas e corretivas para eliminar de fato o potencial de falha encontrado. Tendo em vista os bons resultados gerados neste estudo, este trabalho pode ser uma oportunidade para estudos futuros relacionados a este campo de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. R. B.; SOUZA JÚNIOR, M. B.; ROLIM NETO, P. J.; LOPES C. E. **Uso de controle estatístico de processo (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos.** Rev Bras Farm, 2004.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

DONADEL, D. C. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens.** São Paulo, 2008.

FALCÃO, A. S. G. **Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais.** 2001. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre. 2001.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade.** 4.ed. Rio de Janeiro: LTC; 2004.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

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

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: Teoria e prática.** São Paulo: Editora Atlas, 2004.

PARANTHAMAN, D. **Controle de qualidade.** São Paulo: McGraw-Hill Ltda, 1990.

SEIS SIGMA. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metodologia-seis-sigma>>. Acesso em: 24 out. 2020.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.

WEISS, A. E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know.** Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Tradução de Ivo Korytovski. Campus, Rio de Janeiro, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** Tradução de Daniel Grassi, 2. ed., Porto Alegre: Editora Bookman, 2003.