UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS E MANUFATURA

Proposta de diretrizes para implementação do método Seis Sigma em uma média empresa do setor alimentício: estudo de caso

Autor: Paulo Cesar Martins Filho

Orientador: Prof. Dr. Mateus C. Gerolamo

São Carlos

2015

Paulo Cesar Martins Filho

Proposta de diretrizes para implementação do método Seis Sigma em uma média empresa do setor alimentício: estudo de caso

Trabalho de conclusão de curso

Apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Mateus C. Gerolamo

São Carlos

2015

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

Resumo

MARTINS FILHO, P. C. **Proposta de diretrizes para implementação do método Seis Sigma em uma média empresa do setor alimentício: estudo de caso.** 48f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Departamento de Engenharia de Materiais e Manufatura, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

O método Seis Sigma é uma ferramenta utilizada para garantir uma melhor lucratividade dos negócios através da melhoria de qualidade de seus processos. A metodologia Seis Sigma busca a perfeição dos processos, diminuindo os gastos com retrabalhos e garantindo um produto de melhor qualidade. Essa metodologia é dividida em cinco etapas distintas de modo a organizar sua aplicação. No Brasil ela é amplamente utilizada em empresas de grande porte ou multinacionais. Apesar da enorme quantidade de empresas de pequeno e médio porte, a utilização deste método não é comum para essas companhias. O trabalho em questão foi realizado para propor diretrizes para a implementação da metodologia em pequenas e médias empresas do setor alimentício, de modo a facilitar este processo. As diretrizes foram propostas depois de um estudo de caso onde uma empresa de médio porte produtora de café torrado e moído decidiu implementar a metodologia sem ajuda especializada. Essas diretrizes foram divididas em nove passos de modo a facilitar a implementação da metodologia, onde cinco passos são as etapas básicas do Seis Sigma e as outras quatro são etapas complementares. Os fatores principais para o sucesso da implementação foram a participação da alta gerência, comprometimento da equipe responsável e a facilidade de comunicação entre os responsáveis envolvidos. A metodologia Seis Sigma não possuiu uma estrutura rígida quanto ao uso de ferramentas específicas, podendo ser adaptada para a realidade de cada empresa. Essa flexibilidade fez com que sua implementação não fosse tão complicada quanto o esperado.

Palavras-chave: Seis Sigma, médias empresas, diretrizes, setor alimentício.

Abstract

MARTINS FILHO, P. C. **Guidelines for implementation of Six Sigma method in an average company in the food industry: case study.** 48f. Monograph (Coursework final) – Department of Materials and Manufacturing Engineering, School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2015.

Six Sigma method is a tool used to ensure better profitability of the business by improving the quality of its processes. The Six Sigma methodology aim at perfection of processes, reducing the cost of rework and ensuring a better quality product. This methodology is separated into five distinct stages to organize its implementation. In Brazil, it is widely used in large or multinational companies. Despite the huge, amount of small and medium-sized businesses, the use of this methodology by such companies is not common.. This work in question was performed to propose guidelines for the implementation of the methodology in small and medium-sized businesses food companies, in order to facilitate this process. The guidelines were proposed after a case study where a medium-sized producer of roasted and ground coffee has decided to implement the methodology without expert help. These guidelines were divided into nine steps to facilitate the implementation of the methodology, five steps are the basic steps of Six Sigma and the other four are additional steps. The main factors for the successful implementation were the participation of senior management, the staff commitment and the communication between those responsible. The Six Sigma methodology did not possess a rigid structure for the use of specific tools and could be adapted to the reality of each company. This flexibility meant that its implementation was not as complicated as expected.

Keywords: Six Sigma, medium-sized enterprises, guidelines, food industry

Sumário

1 Introdução 8
1.2 Objetivo Geral 9
1.3 Justificativa do trabalho 9
1.4 Estrutura do trabalho 10
2 Fundamentos Teóricos 11
2.1 O que é o Seis Sigma 13
2.2. Implementação da Metodologia Seis Sigma 15
2.2.1. Formação de uma equipe 15
2.2.2. Etapas 16
2.2.2.1. Define (Definir) 16
2.2.2.2. Measure (Medir) 18
2.2.2.3. Analyze (Analisar) 20
2.2.2.4. *Improve (Melhorar)* 23
2.2.2.5. *Control* (Controlar) 24
2.2.2.6. Ferramentas Seis Sigma 25
2.3. Indústria do Café 26
3 METODOLOGIA 30
3.1 Apresentação da Empresa (Estudo de Caso) 30
3.2 Materiais e Métodos 30
3.2.1. Formação da equipe 31
3.2.2. Etapa: Define (Definir) 32
3.2.3. Etapa: Measure (Medir) 35
3.2.4. Etapa: Analyse (Análise) 37
3.2.5. Etapa: Improve (Melhorar) 38
3.2.6. Etapa: Control (Controle) 40
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 41
5 DIRETRIZES 43
6 CONCLUSÕES 48
7 REFERÊNCIAS 49

1 Introdução

1.1- Contextualização e Justificativa

A tendência natural de todo mercado é aumentar sua competitividade. A fidelização dos consumidores e a busca por novos clientes têm se tornado crucial para sobrevivência de qualquer indústria. Na indústria alimentícia essa disputa é ainda maior, uma vez que os clientes buscam cada vez mais produtos com um alto grau de qualidade e preços competitivos. Existem muitas estratégias que buscam aumentar as vantagens competitivas das organizações, dentre as quaiso Seis Sigma se destaca por buscar essas vantagens aumentando a qualidade do produto oferecido (PANDE et al, 2001).

A metodologia Seis Sigma foi criada em 1986 por Bill Smith na Motorola, empresa que na época necessitava reduzir os custos para se equiparar com seus competidores após não obter resultados satisfatórios com as outras metodologias disponíveis na época (CONE, 2001).

Essa metodologia foi usada para mensurar defeitos em seus produtos e criar formas de melhorias, fazendo com que seus custos com retrabalho diminuíssem e a qualidade do produto ofertado aumentasse (CONE, 2001).

O sucesso foi tão grande que após sua divulgação várias empresas ao redor do mundo fizeram uso dessa metodologia para melhorar seus processos e evitar desperdícios. A metodologia ganhou força quando em 1995, o CEO da GE Jack Welch iniciou um programa em toda a empresa para fazer dela “a maior empresa do mundo”. Isso seria feito implementando o Seis Sigma em todas as áreas da GE e, para garantir o sucesso do programa, o treinamento na metodologia Seis Sigma virou obrigatório para promoções. A implementação na GE foi considerada um sucesso e estima-se que a economia com o programa chegou a 1 bilhão de dólares por ano entre 1996-1999 (WATSON, 2004).

A definição de HARRY et al. (1998, pág 15) sintetiza o contexto, adaptando o pensamento para os dias de hoje.

> "Seis Sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros. A meta dos Seis Sigmas não é alcançar os Seis Sigmas de qualidade. Seis Sigma está relacionado à melhoria da lucratividade. Organizações que implementam esse método, fazem isso com a meta de melhorar seus lucros. "

Este trabalho aborda os conceitos de Seis Sigma para avaliação e melhoria do índice de material acabado através do ciclo "DMAIC". Essa metodologia associa um rigoroso foco estatístico aliado a um arsenal de ferramentas, empregadas com o objetivo de identificar as fontes da variabilidade para demonstrar como esse método pode controlar e aperfeiçoar os resultados do processo (Watson, 2004).

1.2 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo a proposição de diretrizes para o processo de implementação do método Seis Sigma em uma média empresa do setor alimentício, produtora de café torrado e moído.

1.3 Justificativa do trabalho

Apesar do grande número de pequenas e médias empresas no mercado brasileiro, estudos apontam que a maioria das empresas que implementaram o Seis Sigma são em geral de grande porte ou multinacionais. Isso sinaliza que a maioria das pequenas e médias empresas não conhecem o programa ou acredita que não atendam aos requisitos necessários para sua aplicação (PINHO et al. 2006).

A implementação da metodologia Seis Sigma em empresas de pequeno e médio porte apresenta algumas dificuldades que não seriam sentidas em empresas de grande porte. A falta de recurso e as peculiaridades de cada empresa fazem com que a implementação necessite de adaptações para cada caso. Este trabalho reúne algumas dificuldades que apareceram durante os primeiros passos da implementação em uma empresa de médio porte com o intuito de facilitar o trabalho para empresas interessadas no assunto.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho será apresentado em cinco capítulos.

- O primeiro capítulo contempla a introdução, os objetivos a serem alcançados, a justificativa do estudo e sua estrutura.
- O segundo capítulo apresenta os fundamentos teóricos envolvidos no trabalho.
- No terceiro capítulo são vistos os materiais e métodos utilizados em cada etapa.
- O quarto capítulo apresentada os resultados obtidos e as diretrizes para implementação.
- O quinto capítulo serão apresentadas as considerações finais.
- O sexto capítulo apresentará as referências bibliográficas utilizadas.

2 Fundamentos Teóricos

Na década de 80 a Motorola vinha perdendo espaço no mercado para seus concorrentes e precisava encontrar um jeito de reverter este quadro. Mesmo após testar as metodologias existentes, não conseguiu resultados satisfatórios. Em 1986, Bill Smith criou a metodologia Seis Sigma, mudando o cenário da época (CONE, 2001).

> A metodologia Seis Sigma é utilizada para mudanças estratégicas. É uma abordagem organizacional para a excelência de desempenho, a busca incansável pela perfeição para atender as necessidades dos clientes, a tomada de decisão motivada por dados e fatos, melhoramento dos processos, rigoroso alinhamento das ações com as estratégias e medição do impacto final. (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH 2001, pg 13)

A aplicação da metodologia Seis Sigma reafirma o valor do método científico, em especial do estatístico como forma eficiente de obtenção e análise de dados com o intuito de resolver os problemas, sejam eles organizacionais ou de produção (CORONADO. 2008).

De forma a tornar a metodologia eficiente ela segue sequências metodológicas sistematizadas em dois ciclos DMAIC e DMADV. Formadas por cinco etapas distintas, derivadas do ciclo PDCA (CORONADO. 2008).

A metodologia DMAIC é utilizada para melhorar um processo já existente através de cinco etapas: Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Análise), Improve (Melhorar) e Control (Controlar). Cada uma dessas etapas apresenta o mesmo grau de importância das demais e não deve ser deixada de lado (CORONADO. 2008).

1ª Etapa: Define (Definir) - Consiste em identificar qual o problema a ser enfrentado, seu impacto para o consumidor, o potencial de melhoria quando o problema for solucionado e as metas de qualidade.

2ª Etapa: Measure (Medir) - Só pode ser iniciada uma vez que etapa anterior tenha sido concluída. Nesta etapa a equipe de projetos identifica o processo onde o problema se encontra,

desmembra-o em diferentes etapas, separando os inputs e outputs que podem ou não podem ser controlados, garantindo a veracidade dos dados.

3ª Etapa: Analyze (Análise) - etapa seguinte à coleta de dados, em que será analisada estatisticamente a influência dos inputs e sua real importância nos resultados finais, separando as de maior influência no processo.

4ª Etapa: Improve (Melhorar) - com os dados da etapa anterior em mãos, esta etapa consiste em ajustar os inputs com maior influência para que os resultados do processo sejam de acordo com as metas estabelecidas na primeira etapa.

5ª Etapa: Control (Controle) - última etapa da aplicação da metodologia DMAIC, não possuiu um final definido. Depois das quatro etapas anteriores é ela que garante que o ganho seja mantido em longo prazo. Ela é responsável por manter e enraizar as novas práticas no dia a dia da empresa, que só deverão ser substituídas quando um processo melhor surgir.

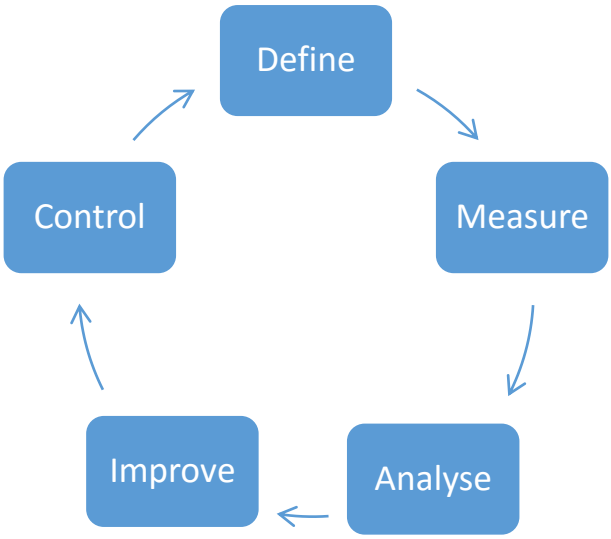

Figura 1 - Ciclo DMAIC

Fonte: CORONADO, 2008. Adaptado

Para a implementação ser eficiente, é necessária a participação de todos os níveis hierárquicos de modo a criar um ambiente onde a busca por qualidade é perpetuada a todos as pessoas que fazem parte do quadro de funcionários. Sendo assim, os integrantes das equipes são

divididos em cinco categorias: *Champions* (líderes), *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* e *Yellow Belts* (BELEM. 2001).

2.1 O que é o Seis Sigma

Coronado (2008, pág 20) define o Seis Sigma como "uma estratégia para melhoria de negócios usada para aumentar a lucratividade do negócio, eliminar refugo, reduzir custo da não qualidade e melhorar a eficiência e eficácia de todas as operações..."

No geral a metodologia Seis Sigma pode ser vista como um sistema de melhoria de processos que foca em achar e remover as causas de erros e defeitos em qualquer processo. Isto é feito identificando as saídas importantes para o consumidor e focando nas entradas que o influenciam. Essa abordagem garante resultados como diminuição do ciclo de produção, diminuição de custo de processos e menor variabilidade de produto, aumentando a satisfação dos clientes (WATSON, 2004).

O termo Sigma vem da letra grega σ, que é o símbolo para o desvio-padrão de uma população na matemática estatística. Dizer que um processo está funcionando em sistema 6σ significa que ele está a seis desvio padrão distante do limite estipulado pela engenharia, ou seja, apresenta somente 3,4 defeitos a cada 1 milhão de oportunidades analisados em uma distribuição normal, considerando uma variação intrinseca no processo de 1,5σ. Alcançar o nível seis sigma significa que o seu processo possui uma margem de desvio mínima e um alto padrão de qualidade (WATSON, 2004).

A distribuição normal é a representação de uma distribuição de probabilidade e possuiu a aparência de um gráfico em formato de sino, conforme a figura 2. Essa distribuição possuiu dois parâmetros: centro da distribuição média (μ) e dispersão da distribuição (desvio padrão) representado pela letra grega (σ). Cada desvio (σ) representa uma área embaixo da curva da distribuição normal (DELLARETTI et al. 1994).

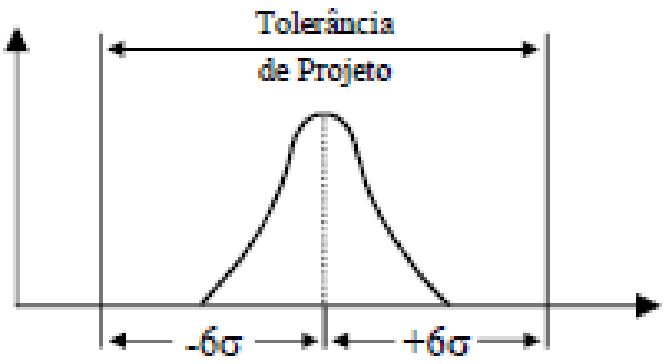

Figura 2 – A Meta do Seis Sigma

Fonte: DELLARETTI et al. (1994, p. 202). Adaptado

A classificação Seis Sigma é feita baseada na quantidade de defeitos apresentados por milhão de oportunidades, considerando uma variação da distribuição média calculada de 1,5σ. Esses defeitos dependem dos processos que estão sendo estudados. A tabela 1 ilustra e compara os índices de defeito para cada nível sigma (HARRY et al. 1998).

Nível Sigma	Defeito por Milhão
2	308.537 (empresas não-competitivas)
3	66.807
4	6.210 (média da indústria)
5	233
6	3,4 (empresas "classe mundial")

Tabela 1 - Relação entre nível sigma e defeitos por milhão

Fonte: Harry et al. 1998. Adaptado.

2.2. Implementação da Metodologia Seis Sigma

2.2.1. Formação de uma equipe

Para que a equipe designada para trabalhar em uma implementação Seis Sigma obtenha sucesso é necessário que cada integrante tenha seu papel e responsabilidade bem definido, desde a liderança da empresa até o colaborador operacional. Esses papeis são divididos em categorias para facilitar a implantação. *Champions*; *Master Black Belts*; *Black Belts*; *Green Belts* e *Yellow Belt*. (WASAGE, 2012).

- *Champions*: são pessoas comprometidas com o sucesso do projeto, com alto grau de conhecimento da empresa e dos processos. São responsáveis por implementar o Seis Sigma na empresa, escolher quais áreas serão envolvidas, definir os responsáveis por disseminar os conhecimentos por toda a empresa e garantir condições para as mudanças necessárias.
- *Master Black Belts*: são responsáveis por assessorar os *Champions* na identificação de projetos de melhoria e coordenar os *Black Belts. Possuem* amplo conhecimento em matemática e analises estatística. São eles que orientam os *Black Belts* em como aplicar os métodos de forma correta e corrigem possíveis erros.
- *Black Belts:* São pessoas com orientação técnica em salas de aula sobre a metodologia, que devem apresentar conhecimento sobre as ferramentas utilizadas e busca aprimorar seus conhecimentos em todos os setores da empresa. São pessoas de confiança que se dedicam em período integral ao projeto, sendo responsáveis por seu gerenciamento e liderar os *Green Belts envolvidos.*
- *Green Belts:* Possuem orientação técnica em salas de aula, ministrada pela equipe do projeto. Estão envolvidas do começo ou fim do processo e são preparados para gerenciar e utilizar metodologias de qualidade, solucionar problemas e analisar dados descritivos. São responsáveis por prestarem assistência aos *Black Belts***.**
- *Yellow Belts*: são as pessoas ligadas diretamente à produção, que passam por um treinamento de curta duração e aprendem a metodologia de forma mais simplificada possível, o suficiente para realizarem suas funções.

2.2.2. Etapas

A metodologia Seis Sigma apresenta cinco etapas principais, conhecidas pela sigla DMAIC: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar).

Watson (2004) define essas etapas como um rigoroso passo-a-passo, que utiliza o pensamento lógico para selecionar os maiores problemas do sistema, convertendo-os em problemas estatísticos e então os resolvendo com padronização de trabalho.

2.2.2.1. Define (Definir)

É a primeira etapa do processo e se inicia com a identificação dos pontos em que a metodologia pode ser aplicada. Esses pontos podem ser de diferentes áreas como: problemas financeiros, problemas com o consumidor, processo ineficiente, produtos com defeito ou gargalos do processo. É nesta etapa que se definem o escopo do projeto, os membros das equipes, metas, prazos e orçamento (WATSON, 2004).

Durante essa etapa é importante que as informações sejam de fácil acesso e à disposição de todos os integrantes, por isso a criação de um mapa de processos completo e atualizado é fundamental. Alguns critérios de avaliação ajudam a organizar o projeto e responder se essa melhoria é realmente necessária. Alguns exemplos de ferramentas são: o formulário SIPOC e o critério S.M.A.R.T. de avaliação de objetivos.

O formulário SIPOC é uma ferramenta utilizada para mapear os processos que estão em avaliação, identificando os *inputs e outputs* relevantes. Esse formulário ajuda a criar uma visão macro das etapas dos processos, definindo onde começam e onde terminam, e destaca também os pontos de coleta de dados, ajudando a enxergar os possíveis pontos de melhorias. (PRAVEEN, 2012)

A Sigla SIPOC ajuda a identificar os pontos relevantes do processo, definido como S – *Supplier* (Fornecedor); I – *Input* (Entrada); P – *Process* (Processo); O – *Output* (Saída); C – *Costumer* (Cliente). A figura 4 ilustra um formulário SIPOC.

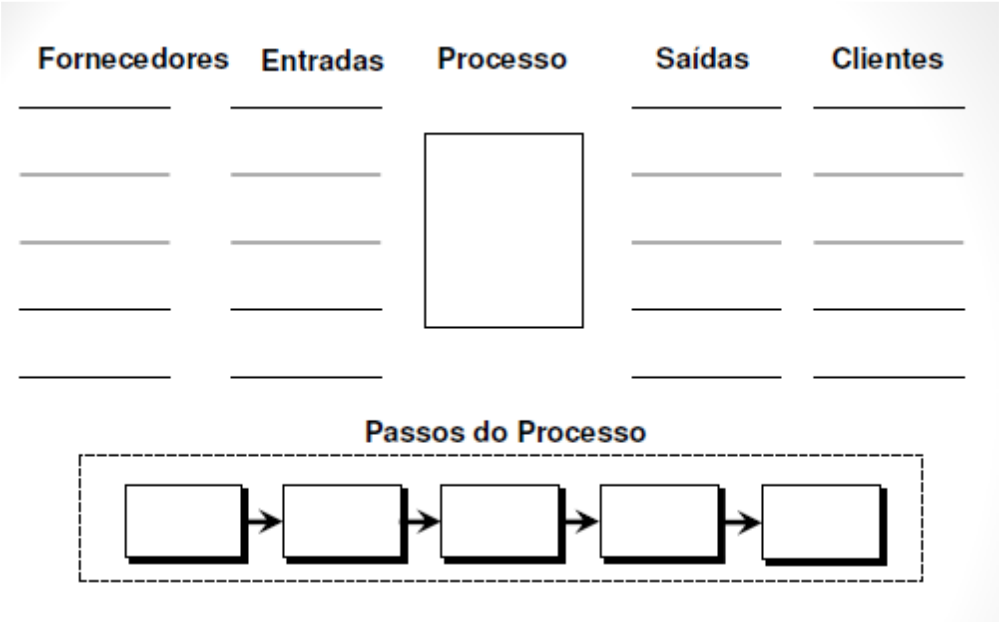

Figura 3 – Modelo de formulário SIPOC

Fonte: Praveen, 2012. Adaptado

O critério SMART é uma ferramenta utilizada para definir claramente os objetivos do projeto e organizá-lo de modo que não deixe dúvidas na equipe. Para que o objetivo esteja bem definido, ele precisa responder satisfatoriamente a cinco categorias de perguntas (HELDMAN, 2005).

S – *Specific* (Específico): O objetivo não pode deixar espaço para várias interpretações, portanto, quanto mais detalhado e específico melhor. Um bom objetivo responde ao maior número de perguntas do tipo, quem está envolvido, o que queremos atingir, onde queremos atingir este objetivo, qual o prazo para esse objetivo ser atingido, quais são as restrições e quais os benefícios ao se atingir o objetivo.

M - *Measurable* (Mensurável): É importante que as melhorias do objetivo consigam ser transformadas em números, diminuindo as chances de os resultados serem manipulados ou mal interpretados. Se o ambiente não possui as ferramentas para essa medição, elas devem ser desenvolvidas antes do início do projeto.

A – *Attainable* (Atingível): Os objetivos devem ser alcançáveis. Definir objetivos agressivos faz com que a equipe se esforce para entregar o resultado desejado, porém escolher objetivos que são impossíveis de se alcançar pode ter um resultado negativo na equipe. Para garantir que os objetivos são factíveis é necessário avaliar as condições do mercado, capacidade da equipe e estrutura da empresa.

R – *Realistic* (Realista): Deve se certificar de que os objetivos são condizentes com as políticas da empresa e que os integrantes da equipe estão de acordo com os resultados esperados. Ferir as políticas da empresa para alcançar um objetivo pode ser prejudicial à empresa no longo prazo.

T – *Timely* (Em tempo): É importante deixar claros os prazos do projeto. Ter um início e fim bem definido faz com que a equipe esteja sempre focada e motivada para entregar os resultados esperados, um objetivo com períodos curtos pode torná-lo impossível, já um objetivo com um prazo de entrega muito longo pode causar dispersão da iniciativa.

Com o processo detalhado e seu objetivo definido, outro passo importante a ser feito é o Benchmarking, que consiste em aprender com pesquisa de mercado quais foram as soluções encontradas para problemas semelhantes. Esse estudo possibilita diminuir o tempo de procura de soluções e aperfeiçoar as técnicas que já estão sendo aplicadas.

2.2.2.2. Measure (Medir)

Segunda etapa do processo, ela tem início ao definir qual será o objetivo do projeto. Nesta fase, a equipe define quais processos estão relacionados com o problema, quais são as variáveis desses processos que devem ser monitoradas e se elas podem ser controladas. Os dados do processo são então analisados para avaliar qual a situação real do processo e qual a sua capacidade de melhora (WATSON, 2004).

Para se certificar que a análise do processo foi feita corretamente, é necessário garantir que os dados coletados estão corretos. Muitas vezes os dados não estão sendo armazenados da forma que deveriam ou não estão sendo monitorados. Sendo assim, antes de começar a analisar os dados, pode ser que seja necessário criar novas formas de medição ou que as antigas sejam

melhoradas para garantir que os esforços sejam focados na área com maior potencial para melhorias (WATSON, 2004).

Uma vez que a coleta de dados está sendo feita de forma correta, utilizam-se algumas ferramentas para analisar os resultados encontrados e verificar qual a situação atual do processo.

Com os dados em mão é preciso definir quais são os principais indicadores do processo, *key performance indicator* (KPI), que serão usados para definir o sucesso do projeto. Para escolher o KPI adequado é necessário entender o que é importante para a organização. Diferentes áreas apresentam KPI diferentes e a escolha errada pode causar análises incorretas da situação. Portanto é importante definir quais são as áreas críticas para análise e os critérios de sucesso (HELDMAN, 2005).

Outro dado importante para se considerar é a capabilidade do processo, que pode ser definida como a capacidade inerente de produção dentro da especificação. Essa avaliação é feita através de índices de capacidade, que comparam os resultados do processo real com os limites de especificação para uma determinada característica. Ou seja, eles mostram a capacidade do processo para satisfazer as necessidades de projeto por meio de um estudo numérico padrão. Os indicadores mais utilizados são o Cp (capacidade de processo) e Cpk (índice de capacidade de processo) (COSTA et al. 2005).

O índice Cp é mais simples e é utilizado para avaliar a amplitude do processo em comparação a especificação. Ele não considera a centralização dos resultados do processo e não é sensível aos deslocamentos dos resultados devido às causas especiais. Já o índice Cpk foi criado para avaliar a centralização do processo. Ele é o ajuste do índice Cp para uma distribuição não centrada. O índice Cpk é sensível aos deslocamentos do processo por causas especiais.

Para calcular os índices é necessário definir qual a característica a ser medida e colher amostras de medições. Esses indicadores utilizam o Limite Superior de Especificação (LSE), Limite Inferior de Especificação (LIE), a média do processo ($\overline{\overline{X}}$) e o desvio padrão calculado ($\hat{\sigma}$) (COSTA et al. 2005). Onde:

$$\mathbf{Cp} = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \qquad \mathbf{Cpk} = MIN\left(\frac{LSE - \overline{\overline{x}}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\overline{\overline{x}} - LIE}{3\hat{\sigma}}\right)$$

Quanto maior os valores de Cp e Cpk mais capaz é o processo, ou seja, a curva de variação é menor, produzindo mais peças dentro da especificação. A figura 5 demonstra as possíveis representações gráficas de uma variação nos índices Cp e Cpk. Onde (A) representa um Cp baixo e Cpk baixo, (B) representa Cp e Cpk altos, (C) representa um Cp alto e Cpk baixo.

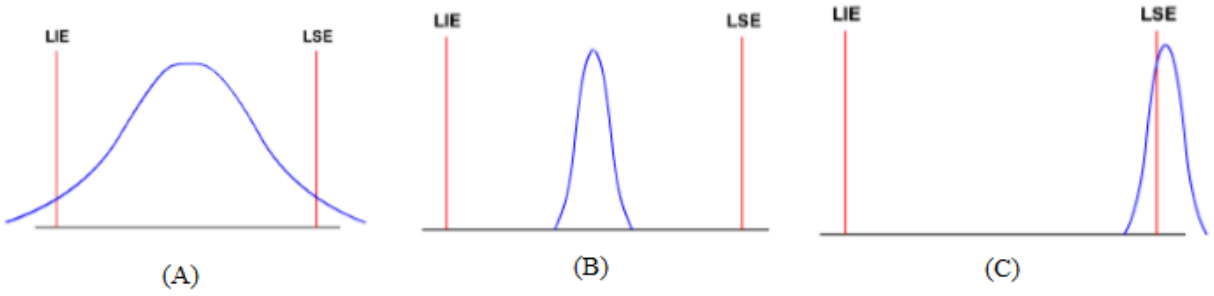

Figura 4 - Variações índices Cp e Cpk

Fonte: Costa et al. 2005. Adaptado

2.2.2.3. Analyze (Analisar)

Finalizado os dois primeiros passos, o problema já foi definido, os processos que o influenciam já foram determinados e a performance atual do processo já foi avaliada. O objetivo desta fase é identificar as variáveis com maior influência no processo, determinando quais são as oportunidades de melhora e as causas raízes do problema. Ou seja, agora que os *outputs* do processo são conhecidos pode-se focar nos *inputs* que influenciam em sua performance (WATSON, 2004).

Nesta etapa são usadas ferramentas para verificar as variações que cada fator adiciona ao resultado final. Isso ajuda a determinar quais *inputs* apresentam maior influência no processo e as possíveis relações entre eles (WATSON, 2004).

Uma ferramenta bastante utilizada nesta etapa é o diagrama de causa e efeito, também conhecido como Ishikawa. Esse diagrama organiza as informações que estabelecem e esclarecem as relações entre um efeito e suas principais causas. O diagrama ajuda a identificar as causas raízes do problema para que ações corretivas possam ser tomadas (HELDMAN, 2005).

Muitas vezes essa ferramenta é chamada de *fishbone* pela semelhança que possui com uma espinha de peixe.

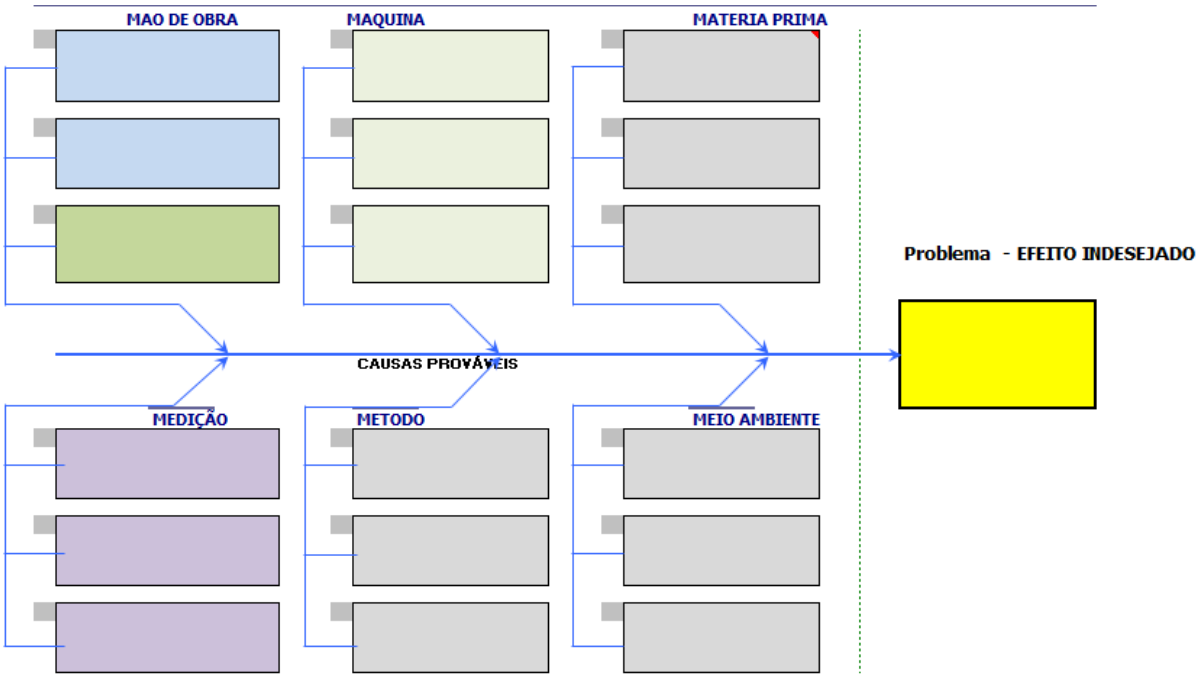

Figura 5 - Diagrama Causa e Efeito

Fonte: HELDMAN, 2005. Adaptado

Quando o fluxograma estiver pronto, o ideal é que para cada causa provável relatada um novo fluxograma seja criado, priorizando as principais categorias, repetindo este processo até chegar à causa raiz. A causa raiz é a ocorrência mais básica para a existência de um problema (HELDMAN, 2005).

Com as análises feitas e as causas raízes estruturadas é preciso verificar quais serão os impactos das mudanças necessárias. Para isso o uso da ferramenta FMEA (do inglês *Failure Modes and Effects Analysis*) ou Análise de Efeito e Modo de Falha que é uma abordagem sistemática para obter e organizar as maneiras que o processo ou o produto podem falhar, estimar o risco associado às causas específicas, organizar quais são as causas com maior impacto, definir e implementar planos de ação para reduzir os riscos (RODRIGUES, 2004).

A equipe responsável pelo projeto deve identificar os potenciais modos de falha para o processo, feito esta listagem a equipe deve avaliar a severidade de cada causa, a frequência com que elas ocorrem e a probabilidade de detectar essas falhas. Com base nesta avaliação são tomadas decisões sobre as ações necessárias para diminuir esses riscos, aumentando a confiabilidade do processo (RODRIGUES, 2004).

O formulário FMEA e as notas atribuídas a cada ocorrência seguem nas tabelas 2 e 3.

Etapa/ entrada do processo	Função	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Gravidade (G)	Causas potenciais	Ocorrência (O)	Prevenção de controles atuais	Detecção de controles atuais	Detecção (D)	Índice de Risco (GxOxD)	Ações Recomendadas	Ações tomadas
Qual a etapa do processo e entrada sendo investigada?	Qual a função desejada do item/etapa sendo inestigada	O que está errado?	Qual o impacto nas variáveis-chave?		O que fez com que as entradas-chave fossem erradas?		Quais são os controles e procedimentos existentes que evitam a causa ou o modo de falha?	Quais são os controle e procedimentos existentes que detectam as causas e o modo de falha?			Quais são as providências para reduzir a ocorrência da causa ou melhorar a detecção?	

Tabela 2 - Formulário FMEA

Fonte: Rodrigues, 2004. Adaptado

Ocorrência de Causa (O) e Gravidade do Efeito (G)									
Nunca	Raramente	Muito baixa	Baixa	Moderada para baixa	Moderada	Moderada para alta	Alta	Muito alta	Sempre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Detecção de Falha (D)									
Nunca	Raramente	Muito baixa	Baixa	Moderada para baixa	Moderada	Moderada para alta	Alta	Muito alta	Sempre
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tabela 3 - Escalas e pesos para análise FMEA

Fonte: RODRIGUES, 2004. Adaptado

2.2.2.4. *Improve (Melhorar)*

Durante esta etapa os fatores que levam o processo ao desempenho desejado são identificados e validados. Para validar a melhoria é necessário visualizar essas mudanças depois que as adaptações foram feitas. Essa validação é feita normalmente através de uma ferramenta chamada Planejamento de Experimentos (*Design of Experiments, DOE*). É importante lembrar que nem todas as mudanças trazem somente benefícios, por isso é necessário verificar os resultados de desempenho como um todo (WATSON, 2004).

O Planejamento de Experimentos é um método para analisar os efeitos que os *inputs* possuem sobre os *outputs* que estão sendo analisados. Seu propósito é identificar quais são os fatores de maior influência no processo. É baseado nas análises do desempenho do processo, na compreensão das relações entre as variáveis no desenvolvimento das hipóteses das causas raízes para planejar e coletar dados específicos confirmando teorias sobre o processo (MAGALHÃES, 2001).

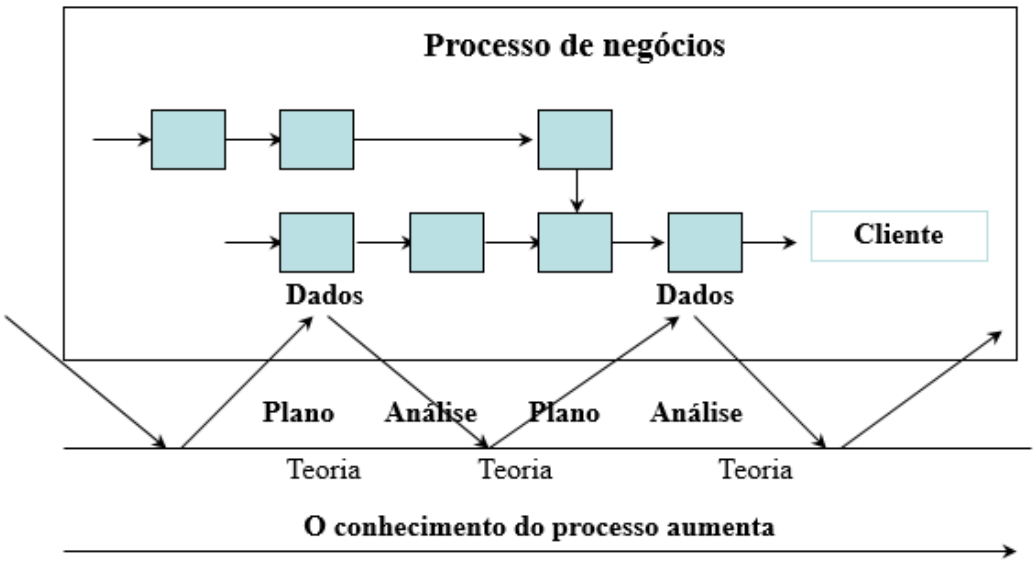

Figura 6 - Esquema de Planejamento de Experimentos

Fonte: Magalhães, 2001. Adaptado

Para quantificar essa influência o Planejamento de Experimento estuda as possíveis combinações de fatores e os resultados obtidos. Para calcular os efeitos que as variáveis possuem no processo, o método analisa os resultados obtidos enquanto uma delas está fixada. A média das variações encontradas é chamada de efeito principal da variável e deve ser calculada para todas (MAGALHÃES, 2001).

Definindo as relações entre as variações e os resultados obtidos é possível selecionar de forma sistemática quais são os melhores resultados do processo.

2.2.2.5. *Control* (Controlar)

Último passo do DMAIC, esta etapa é responsável por garantir que as melhorias encontradas e validadas nos passos anteriores serão implementadas e mantidas. Isso significa que os *inputs* principais precisam ser mantidos sobre controle e os *outputs* devem ser monitorados. Esse monitoramento previne que o processo não volte a ser como era (WATSON, 2004).

Esta etapa estará concluída quando as melhorias fizerem parte da rotina dos envolvidos e só deve ser modificada quando novas melhorias forem descobertas e validadas.

O gráfico de farol, mostrado nas figuras 7 e 8, é uma ferramenta simples que pode ser usada durante esta etapa. Se baseia nas tolerâncias estabelecidas para garantir que o processo permaneça sobre controle. Ao ser implementado o gráfico de farol, possibilita um estudo preliminar do comportamento do processo. Seu principal objetivo é prevenir a ocorrência de defeitos levando em consideração as especificações do produto (Mathias et al. 2004).

O gráfico é divido em três regiões distintas, verde, amarela e vermelha. Pontos na região verde indicam que a condição do produto está próxima da ideal, na região amarela indicam a produção de produtos bons, porém próximos ao limite de qualidade do produto e se faz necessário um acompanhamento das causas, os pontos na região vermelha indicam produtos fora de especificação e requer uma intervenção. Os gráficos podem apresentar tolerâncias bilateral ou unilateral (Mathias et al. 2004).

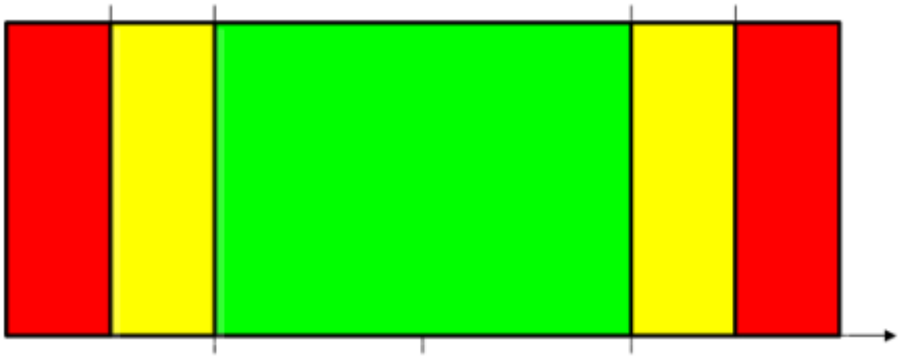

Figura 7 - Gráfico de Farol bilateral

Fonte: Mathias et al, 2004. Adaptado

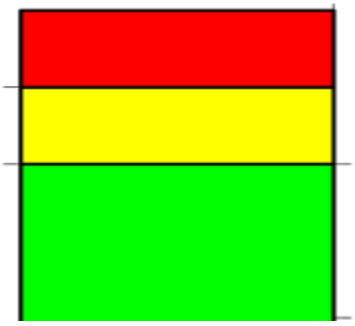

Figura 8 - Gráfico de Farol Unilateral

Fonte: Mathias et al. 2004. Adaptado

2.2.2.6. Ferramentas Seis Sigma

Existem outras ferramentas que podem ser utilizadas para facilitar a implementação da metodologia Seis Sigma. A escolha das ferramentas deve ser feita por aplicação e facilidade de utilização, não é esperado que um projeto utilize todas elas. Segue abaixo algumas das técnicas mais utilizadas.

O diagrama de Fluxo mostra graficamente o processo e suas etapas. Embora simples, é útil para entender o funcionamento do processo e esclarecer a ordem de suas etapas, facilitando a identificação de oportunidades de melhorias ou potenciais problemas.

A ferramenta Voz do Cliente (VOC) é usada para descrever as necessidades e percepções do cliente em relação ao produto ou serviço. Sua principal utilidade é identificar as expectativas do cliente. Complementada pela árvore CTQ que é utilizada para decompor os requisitos do cliente em elementos de fácil mensuração, explicitando quais são os indicadores mais importantes.

A técnica 5 *Why* ou 5 Por ques permite a fácil visualização de causas e efeitos de um problema. Ela consiste em responder perguntas "por que" até ser possível definir a causa raiz de um problema, garantindo melhoria do processo e evitando novas possíveis falhas.

A matriz SWOT organiza os pontos positivos e os negativos de uma oportunidade de melhoria, com ela é possível analisar se o investimento é justificável.

A matriz de Impacto e Esforço pode ser utilizada para visualizar o esforço necessário para manter ou implementar uma melhoria de processo, tornando possível destacar as melhorias que apresentarão um melhor resultado com o mínimo de esforço necessário.

2.3. Indústria do Café

De acordo com Neves, o café foi trazido ao Brasil em 1727 da Guiana Francesa por um militar chamado Francisco de Mello Palheta, que havia sido enviado para o país com este intuito. Francisco de Mello Palheta aproximou-se da esposa do governador da capital do país e trouxe uma muda para o Brasil clandestinamente. (NEVES, 1974)

As duas espécies de café mais conhecidas no mundo são a Coffea Arábica (café arábica) e a Coffea Canephora (café robusta ou conilon). O café arábica representa aproximadamente 70% do café produzido no Brasil, como mostra os dados, da tabela 4, obtidos pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). (CONAB, 2015)

UF	Café Beneficiado (em mil sacas/60,5Kg)			
	Produção Safra Dez/2014		Estoques finais em 31/03/2015	
	Arábica	Conilon	Arábica	Conilon
Minas Gerais	22347	297	9901,49	31,27
Espirito Santo	2857	9949	445,53	935,42
São Paulo	4589	0	1896,13	170,94
Paraná	559	0	390	173,56
Outros	1663	2790	349,88	74,84
Total	32013	13036	12983	1386,03
Total Brasil	45050		14369	

Tabela 4 - Produção de café no Brasil

Fonte: CONAB, 2015. Adaptado

Para comercialização o café arábica é separado em dois critérios, por tipo, que considera a quantidade de PVA (grãos Pretos, Verdes e Ardidos considerados defeitos), e pelo tipo de bebida. (CETCAF, 2014)

De acordo com o CETCAF, Centro de Desenvolvimento Tecnológico do Café, tabelas 5 e 6, a classificação por tipo se dá pela quantidade de PVA e a presença de outros materiais em uma amostra de 300 g retirada de forma a representar o lote todo.

CLASSIFICAÇÃO POR TIPO
(EM AMOSTRA DE 300 g)

TIPO	DEFEITOS
2	4
3	12
4	26
5	46
6	86
7	160
8	360

Tabela 5 - Classificação do café cru

Fonte: CETCAF, 2014

EQUIVALÊNCIA DE GRÃOS IMPERFEITOS

CARACTERÍSTICA	Nº DE DEFEITOS
1 grão preto	1
5 verdes	1
1 pedra, pau ou torrão grande	5
1 pedra, pau ou torrão regular	2
1 pedra, pau ou torrão pequeno	1
1 coco	1
1 casca grande	1
2 ardidos	1
2 marinheiros	1
2 / 3 cascas pequenas	1
2 / 5 brocados	1
3 conchas	1
5 chochos ou mal granados	1

Tabela 6 - Defeitos

Fonte: CETCAF 2014

Ainda de acordo com o CETCAF a classificação por tipo de bebida deve ser feita por degustadores. (CETCAF, 2014)

> "A amostra de café beneficiado é torrada, nos torradores do laboratório de classificação, moídas e colocadas em várias xícaras apropriadas onde recebem água quente (80ºC). Estas xícaras são dispostas em uma mesa circular giratória, onde o degustador faz a prova. Inicialmente ele procura sentir o aroma de cada xícara. A seguir coloca uma colherada de café na boca para sentir seu paladar sendo depois cuspido em uma cuspideira." (Apostila Curso Prático, CETCAF, 2008, p. 60).

Feita a prova, o degustador classifica o café nas categorias que podem ser vistas na tabela 7.

BEBIDA	SABOR
Estritamente Mole	Sabor muito suave e adocicado
Mole	Sabor suave, acentuado e adocicado
Apenas Mole	Sabor suave, porém com leve adstringência
Dura	Sabor adstringente, gosto áspero
Riada	Leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico
Rio	Sabor forte, lembrando iodofórmio ou ácido fênico
Rio Zona	Sabor e odor desagradável ao paladar e ao olfato

Tabela 7 - Classificação do café de acordo com a Bebida

Fonte: Apostila CETCAF, 2014

Garantindo uma matéria prima de qualidade o ponto de torra se torna o fator fundamental para conferir as características mais desejáveis ao produto acabado, que de acordo com a ABIC (Associação Brasileira da Indústria do Café) o ponto de torra ideal tem a cor de chocolate, liberando o aroma e sabor característicos do café.

3 METODOLOGIA

3.1 Apresentação da Empresa (Estudo de Caso)

O Café Canecão é uma indústria alimentícia de médio porte especializada em torrefação, moagem e comercialização de café. Fundada em 1962 é uma companhia cem por cento brasileira, com 120 funcionários e sua matriz é localizada na cidade de Campinas-SP.

No último ano a empresa veio aumentando sua área de atuação, passando a disponibilizar seu produto em quase todo o estado de São Paulo, significando um aumento de produção de aproximadamente dobrou.

Esse novo ritmo de produção fez com que houvesse um maior número de reclamações dos clientes, prejudicando a imagem da empresa e aumentando os custos com reembolso.

Tendo esse novo cenário em mente, identificou-se a necessidade de aplicar técnicas estatísticas de melhoria contínua para aprimorar o processo, aumentando a qualidade do produto ofertado e evitando desperdícios.

O método utilizado foi o Seis Sigma, uma vez que introduzida com sucesso, a metodologia pode ser disseminada em toda a cadeia produtiva, possibilitando uma melhora de toda a estrutura e não somente um processo especifico.

Por se tratar de uma empresa de médio porte, a contratação de um profissional com certificado na metodologia Seis Sigma foi desconsiderada devido a seu alto custo. A diretoria acreditava que por possuir o selo de qualidade ISO 9001 a equipe responsável pela qualidade era suficiente para implementar e melhorar os índices desejados.

3.2 Materiais e Métodos

O principal produto da empresa é o café tradicional torrado e moído, ele representa setenta por cento das vendas da empresa em todo o estado. Até se tornar o produto acabado, o café passa por quatro etapas.

A primeira etapa é a limpeza. O café passa por um sistema de limpeza para garantir que seja comercializado seguindo as normas, apresentando somente um por cento de impurezas. Essa etapa retira pedras, paus e outros tipos de contaminantes.

O café limpo passa então para a segunda etapa, onde será torrado. O torrador é constituído por dois fornos giratórios com capacidade para 120 kg cada, funcionando simultaneamente. Depois de torrado ele é armazenado para resfriar antes da próxima etapa.

Na terceira etapa o café passar por um moedor de rolos, onde é ajustada sua granulometria de acordo com os parâmetros desejados. Este tipo de moinho mói somente o café, garantindo que as impurezas que chegaram até aqui sejam retiradas antes da última etapa.

Na última etapa o café é empacotado em embalagens especiais que garantem a preservação das suas características durante todo o período de validade.

Esse estudo aborda a aplicação da metodologia Seis Sigma na torrefação de café destacando os pontos positivos e negativos de implementá-la em uma empresa de médio porte.

3.2.1. Formação da equipe

Para a formação da equipe responsável não foram contratados novos profissionais ou ajuda especializada para a realização do serviço. A diretoria decidiu que seria melhor testar a metodologia antes de efetivamente investir nesses profissionais. Sendo assim, a equipe foi formada por dois técnicos de qualidade, um supervisor geral da planta, três operadores do torrador, um estagiário e um diretor. Nenhum deles com formação na metodologia Seis Sigma.

As responsabilidades foram divididas das seguintes formas: o diretor receberia as obrigações do *Champion* sendo o responsável pela equipe, tomando as decisões de implementação e investimentos e garantindo que a equipe tivesse condições de continuar com o trabalho.

Os técnicos de qualidade seriam os Green Belts sendo responsáveis por garantir a veracidade dos dados coletados e organizá-los de forma clara e precisa.

O supervisor e os operadores seriam os *Yellow Belts*, responsáveis pela coleta dos dados e a condução do processo durante as mudanças, relatando o andamento do processo e suas mudanças.

O estagiário agiria como o *Black Belt* definindo as técnicas usadas em cada etapa, aplicando os conhecimentos estatísticos, descrevendo e organizando as informações necessárias para que a diretoria tomasse as decisões.

Por ser uma indústria de médio porte com somente uma linha de produção que alterna os produtos fabricados, a formação da equipe se mostrou bem simples. Como o grupo de funcionários é pequeno, as opções para a montagem da equipe eram limitadas. Em empresas com mais funcionários e diferentes linhas de produção é aconselhável escolher participantes chave na implementação, para somente depois que a etapa de definição estiver em andamento decidir quem formará a equipe responsável e quais seus papeis.

3.2.2. Etapa: Define (Definir)

Com a equipe formada, deu-se início a primeira etapa da metodologia que consistiu em definir quais seriam as novas diretrizes de qualidade da empresa, sempre analisando qual o impacto para os consumidores finais. A coloração do café foi escolhida como parâmetro de estudo,baseada na influência que ela apresenta no produto final. Analisando um mesmo café, um indicador de coloração mais baixo indica um café mais escuro, com um gosto característico mais acentuado, já um indicador de coloração mais alta indica um café mais claro e um sabor mais suave, sendo assim importante controlar esse indicador para manter o padrão.

A política de qualidade da empresa já se preocupava com esse indicador, que estabelecia que o produto deveria estar entre os números 65 e 85 de coloração, com o ideal sendo 75. A análise dos dados de 2014 mostrou que todas as torras feitas estavam entre 66 e 77, indicando um processo com nível 6 na escala Seis Sigma. Ao observar essa primeira classificação ficou claro que os limites estipulados não estavam condizentes com a realidade e os consumidores notavam diferenças entre produtos mais próximos do limite do intervalo. Portanto, ficou estabelecido que os novos limites de qualidade seriam 70 e 80. Analisando os mesmos dados com os novos limites estabelecidos, o nível do processo foi classificado como 3.

Um estudo feito com as empresas locais mostrou que nenhuma possuía um controle sobre essa etapa do processo, não se preocupando com os resultados obtidos no processo de torra. Tendo isso em mente a equipe definiu o problema como “a variação de coloração está afetando a padronização do sabor característico da marca, sendo necessárias intervenções para identificar e diminuir esta variação”. Com essa análise, o diretor decidiu como objetivo para equipe, “identificar quais são os fatores que afetam a coloração finale colocar o processo em nível 4 na escala seis sigma com os novos limites estabelecidos até 25 de dezembro de 2016”.

Com o objetivo de nivelar o conhecimento de toda a equipe sobre o processo de torrefação e já identificar as possíveis influências do mesmo na coloração final, foi montado uma tabela SIPOC, apresentada na tabela 8, descrevendo os *inputs e outputs* de todo o processo.

SIPOC				
Fornecedores	**Entrada**	**Processo**	**Saida**	**Clientes**
Produtores	Café	Industrialização do café	Café torrado, moído e embalado	Consumidor final
Industrias	Embalagens			
Postos de combustível	Óleo Diesel			

Etapas do processo				
Limpar	Torrar	Moer	Empacotar	Distribuir

Tabela 8 - SIPOC de todo o processo

O conhecimento prévio dos operadores e as análises do SIPOC indicaram que a etapa que mais influenciava a coloração final é a etapa de torra, por isso foi feita uma análise SIPOC, apresentada na tabela 9, para esta etapa em especial.

SIPOC				
Fornecedores	Entrada	Processo	Saída	Clientes
Depósito	Café	Torra do café	Café torrado	Etapa de moagem
Tanque	Óleo Diesel			
Operador	Temperatura		Gases da queima	Atmosfera
Operador	Umidade			
Operador	Tempo de torra		Impurezas	Descarte

Etapas do processo				
Entrada	Aquecer	Queimar	Resfriar	Armazenagem

Tabela 9 - SIPOC para o processo de torra

Com as entradas e o objetivo definidos a segunda etapa do processo DMAIC pode começar.

Em alguns projetos a formação da equipe deverá ser feita durante a etapa definir, por isso é importante a definição de um objetivo claro e livre de outras interpretações. Vale lembrar que a nivelação de conhecimentos nesta etapa é fundamental e deverá ser feita da forma mais clara e abrangente possível.

Durante esta etapa existem outras ferramentas que podem ajudar a organizar os pensamentos e definição do plano de ação; são elas: VOC (*voice of customer)*, diagrama de fluxo, árvore de CTQs, diagrama Ishikawa. A utilização delas depende do nível de sofisticação do processo e das dificuldades para visualizar os problemas a serem enfrentados. No presente estudo de caso, a linha de produção de café se mostrou bem simples e com o estudo realizado não foram necessárias outras análises para complementar a etapa definir.

3.2.3. Etapa: Measure (Medir)

No início da etapa medir, foi necessário decidir quais seriam os *inputs* que seriam monitorados. Como as entradas do processo não foram muitas e a equipe tinha condições de acompanhar todas elas, somente o óleo diesel foi descartado, uma vez que sua única função era garantir temperatura suficiente na fornalha para que a etapa de torra pudesse ser feita. A temperatura já seria devidamente estudada e se constatada que a baixa temperatura era um dos problemas do processo o óleo diesel seria reintroduzido na análise.

Tendo isso em mente foi necessário garantir que os dados coletados estavam corretos e armazenados de forma compreensível. Portanto foi necessária uma análise de como os dados eram coletados, quais os instrumentos utilizados e qual a confiabilidades dos dados obtidos. O torrador é totalmente automatizado, sendo necessária calibração do resultado esperado somente no início da torra, e é ele que fornece as informações durante o processo, como temperatura do forno, umidade do café e o tempo de torra. Essa calibração é feita de forma manual pelos operadores responsáveis. As manutenções no sistema de medição e no programa do torrador são feitas por técnicos autorizados da fabricante. Já o *output* analisado foi a coloração do café e o equipamento que faz essa medição apresenta registros de calibração toda segunda-feira feita pela equipe de qualidade de produto acabado, com as manutenções preventivas feitas pelos mesmos técnicos do torrador, uma vez que são fabricados pela mesma empresa.

O levantamento de dados antigos indicou um problema logo no início, o histórico de temperaturas de torra não era registrado e sua escolha era feita de acordo com o operador e as observações que ele fazia no início da torra, portanto, os dados obtidos anteriores não poderiam ser considerados, pois o processo não estava padronizado. A grande margem de coloração do passado permitiu que o processo se mantivesse de forma irregular e aleatória sem que fossem percebidas alterações pelo setor de qualidade. Outro dado relevante foi que o indicador que os operadores mais utilizavam como parâmetro foi a umidade do café cru. Esse indicador não tinha sido destacado pela equipe no começo da análise e as análises de umidade eram feitas somente no café já torrado.

Para a obtenção de dados significativos era necessário registrar a umidade com que o café entrava no processo e para isso a equipe de qualidade ficou responsável de registrar esse novo dado. Outro problema enfrentado foi a falta de padronização observada. Os dados anteriores não

poderiam ser analisados de forma correta, pois cada dia representava um processo diferente, sem registros de como havia sido feito. Portanto para dar sequência a metodologia Seis Sigma era necessário padronizar o processo e assegurar que todos os dados fossem obtidos e registrados de forma correta.

Com isso em mente a equipe concentrou seus esforços em padronizar o processo, registrando os resultados obtidos. Essa etapa de padronização foi baseada no conhecimento prévio dos operadores e nas análises dos resultados, onde foram feitos testes com as temperaturas inicias e finais dos fornos e o tempo de permanência no torrador.

Para verificar a situação do processo foram feitos dois cálculos de Cp e Cpk utilizando os resultados obtidos neste ano, um com os limites superiores e inferiores antigos (65 e 85) e outro com os novos limites (70 e 80), obtendo resultados muito diferentes. Utilizando os limites antigos obtêm-se Cp = 1,10 e Cpk = 0,92, números que indicam que o processo está sob controle, dado que não condiz com a situação atual. Já utilizando os novos limites estipulados obtêm-se Cp = 0,55 e Cpk = 0,29, o que condiz com a realidade do processo, confirmando as suspeitas da fase definir, onde o primeiro cálculo do nível sigma indicou limites de engenharia defasados com a realidade.

Para o cálculo desses índices foram utilizados dados anteriores ao início da implementação, portanto, para dar continuidade à metodologia e seguir para a próxima etapa, a equipe decidiu coletar mais informações do processo para se certificar da qualidade dos dados analisados. Assim a implementação entrou em um período de nova coleta de informações para garantir que se obtivesse informações confiáveis.

Durante esta etapa a quantidade de ferramentas que podem ser utilizadas para armazenar, disponibilizar e estudar os processos são muitas e cada empresa deve adaptar seu conhecimento para aperfeiçoar a etapa. No estudo de caso em questão a equipe estava acostumada a trabalhar com gráficos em linha e a escolha dos índices Cp e Cpk foi feita pela facilidade de cálculo e interpretação.

3.2.4. Etapa: Analyse (Análise)

Para a etapa analisar pretende-se utilizar um diagrama de causa e efeito para garantir que todos os possíveis problemas sejam estudados. A utilização do diagrama permite identificar e separar as possíveis causas em diferentes blocos, possibilitando um estudo mais direcionado e específico, diminuindo as chances de deixar algum detalhe de lado.

A figura 16 mostra o diagrama parcial montado pela equipe durante o período de coleta de dados. Espera-se que, com a análise dos dados, seja possível identificar os pontos chaves a serem estudados, aqueles que mais influenciam o processo, garantindo uma otimização das melhorias. Esse diagrama poderá sofrer alterações se outras causas prováveis forem descobertas durante esta etapa.

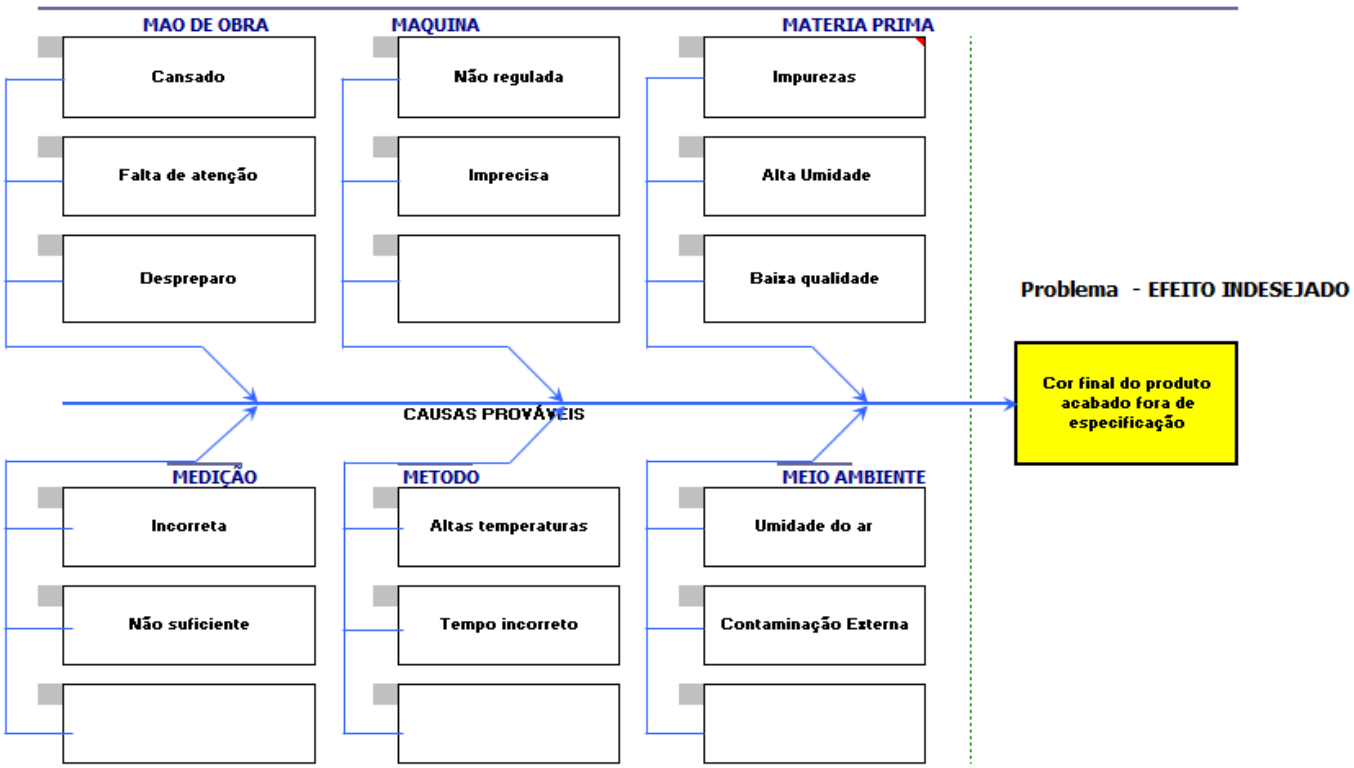

Figura 9 - Diagrama de causa e efeito

Com os pontos chaves identificados novos diagramas serão criados para aprofundarmos as análises e verificarmos se as causas destacadas são o início do problema ou se elas apresentam outras causas prováveis. Uma vez identificada as causas raízes poderão ser propostas soluções de melhoria do processo.

Essas soluções serão organizadas e analisadas utilizando o método FMEA, onde os riscos e benefícios serão mensurados. O formulário possibilitará que as soluções encontradas sejam comparadas umas com as outras e com todas as informações em mãos o diretor poderá decidir quais soluções serão aprovadas e devem ser testadas na próxima etapa.

Em processos mais complexos pode ser necessária a utilização de outras técnicas para achar as possíveis causas raízes de um problema e analisar os dados coletados. O diagrama de causa e efeito juntamente com o formulário FMEA podem ser complementados com outras técnicas como o diagrama de relações “5 porques”, que ajuda a equipe a relacionar as causas do problema e evidenciar que o evento não é resultado de uma única causa, ou a matriz SWOT que organiza os pontos positivos e negativos, as oportunidades e ameaças para facilitar uma tomada de decisão.

3.2.5. Etapa: Improve (Melhorar)

Com as melhores teorias selecionadas na fase analisar, a penúltima etapa da metodologia DMAIC, tem como objetivo testar essas hipóteses e selecionar a melhor solução encontrada para o problema. Para ajudar nesse processo o método DOE foi selecionado previamente para quantificar a melhoria apresentada por cada variável.

O método de Planejamento de Experimentos foi selecionado pela equipe por acreditar que a coloração final do produto é resultado da combinação de três fatores, umidade relativa do café cru, temperatura da torra e tempo de permanência desta etapa. Se a intuição da equipe estiver correta, o método possibilita quantificar essa influência e destacar a relação que os parâmetros apresentam entre si. Relacionando os resultados obtidos com as variações de cada parâmetro.

Para quantificar essa influência o Planejamento de Experimento estuda as possíveis combinações de fatores e os resultados obtidos. Quanto maior a quantidade de fatores mais complexa é a tabela de resultados. Pensando em uma combinação de três fatores, podem-se estabelecer dois níveis de intensidade para cada fator e estudar os resultados obtidos ao fixar uma variável como resposta. A tabela 10 foi usada para verificar a influência do fator fixado, onde os sinais (+) e (-) são utilizados para representar os valores máximos e mínimos.

Umidade (U)	Temperatura (T)	Coloração no tempo minimo (t -)	Coloraçao no tempo máximo (t +)	Efeito
U +	T +	x	x'	x'-x
U +	T -	y	y'	y'-y
U -	T +	z	z'	z'-z
U -	T -	a	a'	a'-a

Tabela 10 - Efeito do tempo no experimento

A média desses efeitos é chamada de efeito principal e deve ser calculada para todas as variáveis. Desse modo podemos estabelecer quais fatores mais influenciam o processo.

Uma possível ferramenta complementar ao Planejamento de Experimentos é a matriz de Impacto e Esforço, que compara os resultados obtidos no método DOE com a dificuldade de implementação da melhoria. Ajuda a visualizar quais são as melhorias que proporcionarão melhor resultado com o menor esforço.

3.2.6. Etapa: Control (Controle)

Última etapa do processo, responsável por garantir que todo o trabalho desenvolvido até o presente momento seja aproveitado. Durante esta etapa o acompanhamento do processo precisa ser intensificado para garantir que os métodos antigos não retornem. Para isso a empresa pretende utilizar um gráfico de farol para acompanhar os resultados obtidos e poder observar o funcionamento do processo.

O acompanhamento com o gráfico de farol permite uma interpretação rápida dos dados, garantindo que os problemas possam ser descobertos logo no início. Ele também possibilita visualizar se um produto fora da especificação foi uma causa especial ou se o processo apresenta uma falha que precisa ser controlada. Por dividir as regiões em cores sua interpretação é muito simples, sendo possível treinar todos os funcionários para serem capazes de verificar se o processo apresenta algum problema. Se necessário durante esta etapa poderá haver escolhas de novos KPI para o acompanhamento.

Para complementar o controle do processo é indicado acompanhar os indicadores de Cp e Cpk, atualizando-os sempre que novos dados forem disponíveis. Uma grande diferença nos indicadores significa que o processo está saindo do controle.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A implementação da metodologia apresentou resultados positivos logo na etapa *medir*. A atenção necessária para garantir que os dados estavam sendo coletados de forma correta e a padronização do processo para poder avaliar a relação das variáveis nos resultados obtidos garantiu um processo mais estabilizado e com resultados mais próximos do esperado.

As figuras 10 e 11 comparam graficamente a frequências das colorações nos resultados obtidos durante o ano de 2015 até o mês de agosto com o mesmo período do ano anterior.

De acordo com as políticas de qualidade da empresa o valor ideal para o pronto de torra é 75. Como é possível observar houve uma mudança significativa do comportamento dos resultados obtidos nesse quesito, no ano anterior durante o período estudado a média ficou em torno de 72, já durante a aplicação da metodologia Seis Sigma a média dos resultados mudou para 74. Isso indica uma maior centralização dos resultados, sinalizando um melhor controle sobre o processo. Que é confirmado calculando o Cpk de cada ano, obtendo 0,42 para 2015 e 0,24 no ano anterior. O Cp calculado em 2015 foi de 0,46 resultado ainda longe do ideal indicando que o processo tem muito a ser melhorado.

O cálculo do nível Sigma indica que houve uma melhoria significativa no processo. No ano de 2014 com os novos limites estabelecidos pela equipe o processo apresentava 10,6% de resultados fora de especificação, se encaixando no nível 2 da escala sigma. Com o início da aplicação da metodologia o processo já apresenta uma melhoria de 35% produzindo somente 6,9% de produtos fora da especificação, resultado que ainda é considerado nível 2 na escala sigma, mas que necessita somente de uma pequena melhora para entrar no nível 3 apresentando no máximo 6,6% de produtos fora da especificação.

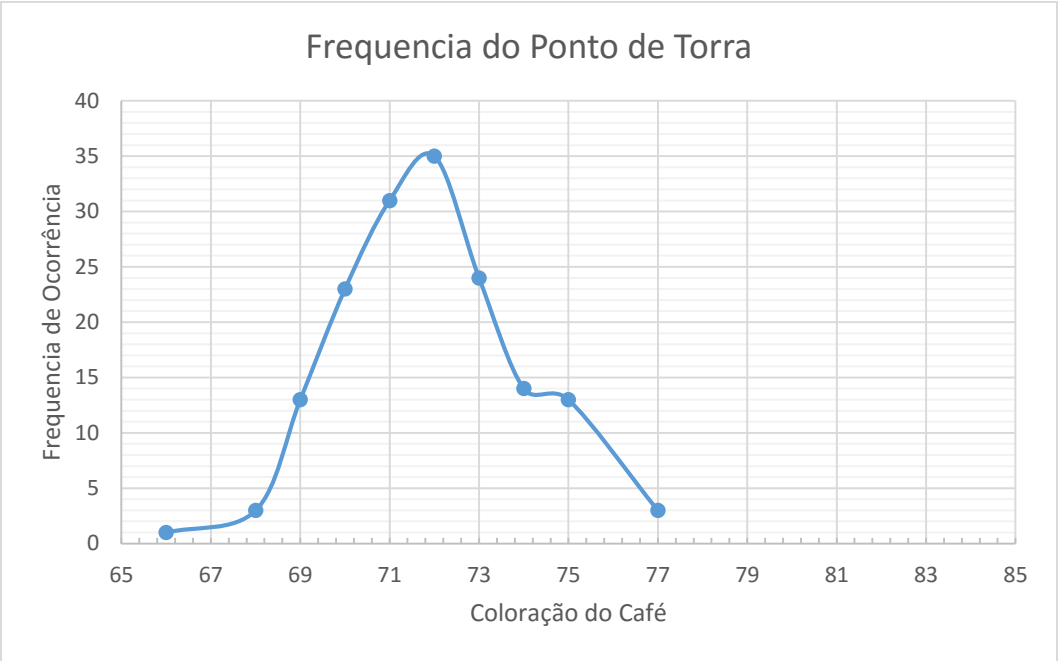

Figura 10 – Controle ponto de torra 2014 sem a metodologia Seis Sigma

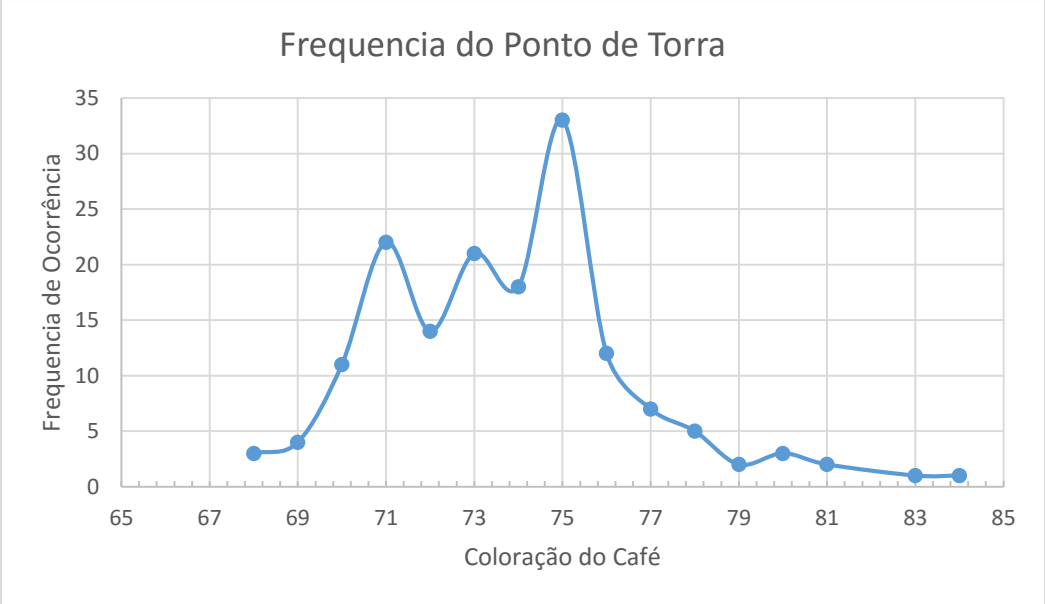

Figura 11 – Controle do ponto de torra 2015 com a metodologia Seis Sigma

5 DIRETRIZES

Para implementar a metodologia Seis Sigma com sucesso em uma empresa do setor alimentício produtora de café torrado e moído é recomendado seguir os seguintes passos. Essas diretrizes foram baseadas nas dificuldades encontradas na empresa, além das cinco etapas que a metodologia já apresenta foram adicionadas mais quatro com o intuito de facilitar essa implementação.

1º Passo: Identificação de uma necessidade

O primeiro passo para a implementação da metodologia Seis Sigma é a identificação de uma necessidade de melhoria. A metodologia Seis Sigma é uma estratégia de melhoria que pode ser utilizada em todos os setores e uma vez implementada pode ser aplicada em outras áreas mudando a dinâmica da empresa.

2º Passo: Obter a participação da alta gerência

A participação da alta gerência na implementação da metodologia Seis Sigma é fundamental. São eles os responsáveis por garantir um ambiente favorável à metodologia e garantir as condições necessárias para a mudança. Sem a participação da alta gerência a metodologia perde força e é esquecida com o passar do tempo.

3º Passo: Obter conhecimentos necessários

Para a implementação da metodologia é necessário que os funcionários sejam capacitados e instruídos. A contratação de funcionários com certificado Seis Sigma ou obter ajuda especializada através de consultorias é indicado se a empresa necessita de uma implementação mais rápida. Porém se a empresa possui tempo para o estudo ou não possuiu o capital necessário para contratar novos serviços, o responsável pela implementação terá que estudar a metodologia minuciosamente para que ela seja empregada de forma correta. O conhecimento básico de estatística facilita este processo.

4º Passo: Etapa Definir

Nesta etapa é necessário definir quais são os pontos onde a metodologia pode ser aplicada, portanto a participação de uma pessoa que conheça todas as áreas da empresa é recomendada. Sem o acompanhamento adequado a escolha do processo onde será aplicada a metodologia deve ser feita pela facilidade de obtenção de dados e a possibilidade de quantificar a melhoria com facilidade. Aplicar a metodologia em uma linha de produção onde os *inputs* e *outputs* são conhecidos e facilmente mensuráveis pode ser feita com maior facilidade do que aplicar em processos administrativos onde nem sempre os resultados são de fácil visualização.

Com o processo escolhido é necessário organizar todas as informações que se tem sobre ele. Para isso o formulário SIPOC ajuda a organizar essas informações destacando quem são os fornecedores, quais são as entradas do processo, quais as etapas desse processo, quais são as saídas e quem são os clientes interessados. Se for necessário pode-se montar um formulário SIPOC para cada etapa do processo destacando as mesmas informações: fornecedores, entradas, etapas, saídas e clientes. Repetindo esse processo quantas vezes forem necessárias até selecionar onde será feita a melhoria e suas informações disponíveis.

Se a utilização do formulário SIPOC não for suficiente para definir qual o plano de ação, outras ferramentas como VOC (*voice of customer*), diagrama de fluxo, árvore de CTQs devem ser utilizadas para garantir que o processo seja estudado devidamente e deixar claro quais os problemas que precisam ser melhorados.

Com o processo detalhado, o critério S.M.A.R.T ajuda a definir claramente qual o objetivo da implementação da metodologia Seis Sigma e garante que não restem dúvidas para as etapas seguintes. A formação da equipe será feita no próximo passo, por isso é importante a definição de um objetivo claro e livre de outras interpretações.

5º Passo: Formação da Equipe

A equipe deve ser formada por pessoas envolvidas no processo a ser melhorado. Em uma empresa de pequeno e médio porte muitas vezes não há pessoal suficiente para a implementação,

portanto a formação da equipe poderá ser feita antes da etapa definir. Com a equipe formada antes da etapa definir, a escolha da área de aplicação da metodologia deve ser feita considerando os conhecimentos de cada um.

O trabalho e as obrigações de cada integrante precisam ser bem definidos. A metodologia Seis Sigma separa os integrantes das equipes em diferentes categorias, deixando claro qual o papel de cada um. A quantidade de participantes nas equipes depende da dificuldade do processo e da disponibilidade de cada empresa, mas é recomendado que as equipes apresentem pelo menos um integrante para as seguintes categorias: *Champion, Black Belt e Green Belt.*

6º Passo: Etapa Medir

Com a equipe formada e o processo a ser melhorado já definido, dá-se início a etapa medir. Nesta etapa, as variáveis presentes no processo deverão ser destacadas e monitoradas. Durante esta etapa o KPI deverá ser definido e monitorado. Se ele já costumava ser monitorado calcula-se os índices Cp e Cpk para analisar a situação atual do processo. Caso o KPI definido ou as variáveis não apresentem informações antes da implementação, é necessário um período de coleta de dados para que os índices possam ser calculados.

Nesta etapa a padronização do processo é essencial para que nas próximas etapas as relações entre as variáveis destacadas e o resultado obtido possam ser estudadas. Se o processo não for padronizado será necessário treinar os funcionários para padronizá-lo de modo que somente as variáveis do processo interfiram nos resultados.

A validação das informações do processo é muito importante, por isso é necessário garantir que elas estão sendo monitoradas de forma correta e que os instrumentos utilizados estão devidamente calibrados. Se as variáveis não estão sendo acompanhados de forma correta, é necessário um período para coleta de dados confiáveis. Esse período depende do tempo necessário para coletar dados suficientes. Antes de iniciar este período de coleta de dados, deve-se certificar de que todas as variáveis estão sendo monitoradas e devidamente armazenadas.

7º Passo: Etapa Analisar

Com a obtenção de dados suficientes se tem início a etapa analisar. Nesta etapa deverão ser destacadas as variáveis com maior influência no processo, determinando quais são as oportunidades de melhora e as causas raízes do problema. Para isso a utilização do diagrama de Ishikawa é indicado por ser uma ferramenta simples de ser usada e que relaciona de forma clara o problema estudado com suas possíveis causas. Ele deve ser repetido para cada causa provável encontrada no primeiro diagrama de modo a buscar as causas raízes do problema. Se a utilização do diagrama não for suficiente a utilização do diagrama de relações "5 porques" é indicada para complementar a busca.

Com as causas raízes destacadas, é nesta etapa que se propõe melhorias para solucionar essas causas raízes. O formulário FMEA deverá ser usado para organizar os problemas encontrados, avaliando seu índice de risco e recomendando ações para solucionar o problema. Estas soluções deverão passar pelo formulário para que sejam analisados os riscos que elas trazem, de forma a prever quais poderão ser os problemas futuros e como preveni-los antes mesmo que ocorram. A matriz SWOT pode ajudar a organizar as informações necessárias para a tomada de decisão, destacando os pontos positivos e negativos das soluções propostas.

8º Passo: Etapa Melhorar

Nesta etapa as soluções encontradas na etapa anterior devem ser testadas para selecionar a melhor solução para o problema. Com a utilização do método de Planejamento de Experimentos é possível quantificar os efeitos que as variações dos inputs exercem sobre o KPI. Esse estudo permite que a escolha da melhor solução seja feita baseada em dados empíricos e testados pelo método. É importante lembrar que as mudanças podem trazer outros resultados negativos como consequência, que podem ou não terem sido previstos na etapa anterior. Por isso o processo precisa ser acompanhado como um todo, não somente a melhoria do KPI.

O uso do Planejamento de Experimentos pode ser complementado pela matriz de Impacto e Esforço, que compara os resultados obtidos com a dificuldade de se implementar ou manter a melhoria planejada. Sendo possível analisar quais serão as melhorias que proporcionarão melhor resultado com menor esforço.

9º Passo: Etapa Controlar

Durante a etapa controlar todo o processo precisa ser acompanhado para garantir que as condições de melhoria sejam mantidas no longo prazo. O acompanhamento do processo deve ser feito regularmente com intervalos pequenos. Se necessário os funcionários deverão passar por treinamentos específicos para garantir que todos possuam o conhecimento necessário para manter o novo padrão de qualidade.

O acompanhamento do KPI pode ser feito pelo gráfico de farol, uma ferramenta simples que pode ser atualizada diariamente se necessário. Ele possibilita uma visualização rápida da situação do processo, permitindo intervenções antes que o processo deixe de ser satisfatório. Por apresentar três áreas distintas o gráfico de farol permite que qualquer funcionário acompanhe a situação do processo.

6 CONCLUSÕES

No início do projeto o pensamento de aplicar a metodologia Seis Sigma em uma empresa de médio porte sem ajuda de profissionais especializados parecia uma ideia não apropriada. Mas analisando as informações apresentadas neste trabalho podemos verificar que esta aplicação pode ser mais simples do que se espera e o conhecimento estatístico básico já é suficiente para garantir uma análise dos indicadores.

Apesar de ser uma metodologia utilizada comumente em grandes empresas, ela não possui uma estrutura rígida com ferramentas específicas e pode ser adaptada para a realidade de pequenas e médias empresas apresentando grandes oportunidades de melhoria. O comprometimento da equipe e a participação da alta gerência são os fatores principais para o sucesso do programa, fatores esses que em pequenas e médias empresas se torna mais fácil, pois o contato entre a alta gerencia e os operadores apresenta menos burocracia.

Contudo, a implementação da metodologia necessita de alguns cuidados especiais. Sendo necessário garantir que toda a informação do processo possa ser coletada e garantir que essa informação seja confiável. Muitas vezes isso implica em investimentos em equipamentos novos, criação de novas rotinas para a coleta de dados e treinamentos para os funcionários envolvidos. Todos esses cuidados geram despesas e consomem o tempo das pessoas responsáveis, por isso é importante planejar todos os passos para que o projeto não seja implementado de forma corrida e desorganizada ou que seja interrompido por falta de investimentos.

Empresas que possuem certificado de qualidade como o ISO 9001 apresentam uma maior facilidade para a implementação da metodologia Seis Sigma, uma vez que já possuem uma filosofia de qualidade enraizada em seus princípios e um conhecimento profundo do processo produtivo.

7 REFERÊNCIAS

BELEM, A. C. V. et al. **Apostila para o Curso de Formação de Green Belts Administrativos**. Belo Horizonte: Fundação do Desenvolvimento Gerencial, 2001.

CETCAF, **Curso Prático de Cafeicultura Sustentável,** 2014

CONAB, **Levantamento de Estoque Privados Café**, vol 12, 2015

CONE, G. **6-Sigma, um programa em ascensão**. HSM Management, São Paulo. HSM do Brasil, n. 4, jan.fev. 2001

CORONADO, A. **Modelo para estruturas Seis Sigma nas organizações**. Gestão & Produção. São Carlos, jan.-abr.2008, v. 15, n. 1,

COSTA, A. F. B.; Epprecht, E. K.; Carpinetti, L. C. R. (2005), **Controle Estatístico de Qualidade**. São Paulo: Atlas

DELLARETTI FILHO, O. D.; DRUMOND, F. B. **Itens de controle e avaliação de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994

HARRY, M. & SCHROEDER, R. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability**. Nova York: Quality Progress, mai./98

HELDMAN, Kim. **Gerência de Projetos – fundamentos: um guia prático para quem quer certificação em gerência de projetos**, Rio de Janeiro: Elsevier, 2005

MAGALHÃES, M. N. & Lima, A. C. P. **Noções de Probabilidade e Estatística**, Editora USP: São Paulo, 2001

MATHIAS, D. B & Rebelato, M. G. **Aplicação da Carta de Farol no monitoramento de torque de parafusos numa linha de montagem: estudo de caso.** ENEGEP, 2004

NEVES, C. - **A estória do café**. Rio de janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1974. 52 p

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

PINHO, A. L. S; VIVACQUA, C. A; GODEIRO, D. P. O; MORAIS, V. M. **Cultura seis sigma em pequenas e médias empresas.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26, 2006. Fortaleza: ABEPRO, 2006. p. 01-08.

.

PRAVEEN, G. **Seis Sigma – Virtualmente sem Estatísica**. Vida Econômica, 2012

RODRIGUES, M. V. **Ações para a qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004

WASAGE, C. 2012. **Measuring the Effectiveness of Six Sigma Implementation in Fortune 500 Companies: An Empirical Study**. Wilmington University.

WATSON, G. 2004. **Six Sigma for Business Leaders.** GOAL/QPC. Salem.