FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LAÍS VANESSA DOS SANTOS

APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

UBÁ/MG
2022

LAÍS VANESSA DOS SANTOS

APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia De Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção

Orientador: Me. Israel Iasbik

UBÁ/MG
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela dádiva da vida e pela inteligência. Por me dar força, coragem, discernimento e condições para superar todos os desafios a mim concedidos.

A minha família por me apoiar e acreditar em mim.

Aos meus pais, Laércio e Aparecida, que nunca mediram esforços para que eu tivesse acesso a melhor educação, sempre acreditando na minha capacidade para alcançar meus objetivos. Pelas orientações e pelo amor incondicional. Pelos exemplos de retidão de caráter, minha gratidão!

Aos professores da Faculdade de Engenharia de Produção que me deram apoio, acreditaram na minha capacidade e contribuíram para a minha formação profissional.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi durante os últimos anos, pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como profissional.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e por minha conquista tão valiosa, minha eterna gratidão!

APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

RESUMO

O constante avanço tecnológico tornou o mercado cada vez mais competitivo, fazendo com que as empresas agreguem medidas para se diferenciar e se destacar frente aos concorrentes ou consumidores. Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a metodologia Seis Sigma, conceitos, definições, ferramentas, responsabilidades e regras e compreender sua eficácia. Como metodologia foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando-se de textos retirados de livros, revistas, artigos acadêmicos, sites, cujos autores versam sobre o tema. A metodologia do Seis Sigma surgiu em 1980 e tem como objetivo alcançar a excelência competitiva, por meio da melhoria contínua de processos, uma estratégia de gestão que acelera a melhoria de processos, produtos e serviços. A expressão Sigma mede a capacidade que o processo possui em trabalhar livre de falhas. A contenção da variação no resultado cedido aos clientes em uma taxa de 3,4 imperfeições por milhão ou 99,99966% de perfeição define o Seis Sigma. O método torna-se único e extremamente eficiente, devido à sua estruturação e foco na redução da variabilidade do processo.

Palavras-chave: Metodologia Seis Sigma. Empresas. Mercado. Excelência Competitiva. Eficácia.

PRESENTATION OF THE SIX SIGMA METHODOLOGY

ABSTRACT

The constant technological advance has made the market increasingly competitive, leading companies to add measures to differentiate and stand out against competitors or consumers. This study aims to present the Six Sigma methodology, concepts, definitions, tools, responsibilities, and rules and understand its effectiveness. The methodology was based on bibliographical research through texts taken from books, magazines, papers, and websites, whose authors deal with the theme. The Six Sigma methodology emerged in 1980 and, aims to achieve competitive excellence through continuous process improvement, a management strategy that accelerates the enhancement of processes, products, and services. The term Sigma measures the ability of the process to work without failures. Containing the variation in the result given to customers at a rate of 3.4 imperfections per million or 99.99966% perfection defines Six Sigma. The method becomes unique and extremely efficient, due to its structure and focus on reducing process variability.

Keywords: Six-Sigma Methodology. Companies.Market. Competitive Excellence. Efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O constante avanço tecnológico vem tornando o mercado, cada vez mais competitivo, fazendo com que as empresas agreguem medidas para se diferenciar e se destacar frente aos concorrentes ou consumidores. Um dos principais fatores para conquistá-la é a qualidade. Por esse motivo as empresas encontram-se cada vez mais empenhadas em otimizar os recursos por meio da redução de falhas e defeitos.

O Seis Sigma é uma ferramenta utilizada para identificar e implementar as melhorias nos processos da empresa visando à diminuição de custos, otimização de produtos e processos, redução do tempo de entrega, incremento e satisfação do cliente. Foi criada pela Motorola em 1980 e posteriormente aplicado pela General Electric. A metodologia define a rotina e como vai implementar o trabalho no processo da empresa. Esse trabalho consiste em 5 fases abreviadas pela sigla DMAIC que pode ser traduzida e definida como: definir, medir, analisar, melhorar (improve) e controlar.

A metodologia DMAIC auxilia na determinação das principais necessidades das empresas, medindo o processo, avaliando seu desempenho, identificando a causa raiz e a melhor forma de solucioná-las, implementando assim as melhorias e monitorando os resultados obtidos visando o melhor desempenho tendo em vista as necessidades dos clientes.

A implementação da ferramenta Seis Sigma nas empresas, busca elevar o nível de qualidade, aumentar a satisfação do cliente, diminuir os custos e desperdícios de tempo e recursos possibilitando melhoria em seus processos, maior engajamento das equipes de trabalho e aumentar a satisfação do cliente.

O presente trabalho teve como objetivo apresentar a metodologia Seis Sigma, conceitos, definições, ferramentas, responsabilidades e regras. Como metodologia foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando-se de textos retirados de livros, revistas, artigos acadêmicos, sites, cujos autores versam sobre o tema.

Os problemas associados à qualidade necessitam de análises para obtenção de possíveis soluções. Problemas por falta de qualidade, como retrabalhos, refugos e perdas em geral do processo, podem impactar diretamente nos custos da empresa, e assim, em alguns casos, influenciar na satisfação dos clientes.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Histórico do Seis Sigma

O Seis Sigma foi desenvolvido pela Motorola em 1980, seu objetivo é reduzir a taxa de falhas em seus produtos. No início, consistia na contagem de defeitos nos produtos e na gestão da variabilidade e a melhoria organizacional dos processos. (CORONADO, 2002, p. 143).

A origem do Seis Sigma está relacionada à medição da qualidade e ao método de solução dos problemas de qualidade. Posteriormente, evoluiu para um método geral de melhoria de negócios (BARNEY, 2012, p. 41).

O Seis Sigma tornou-se popular em 1990 e, em 1997, o presidente da General Electric (GE), John Welch, atribuiu os resultados ao Seis Sigma, depois de anunciar a maior receita da empresa e lucros absurdos em décadas. Implementação do conceito de código de grade. A GE foi uma empresa notável que deu o exemplo para muitas outras, por isso, com este anúncio de John Welch, a abordagem teve uma grande repercussão no mundo dos negócios. Hoje, dificilmente, encontra-se uma empresa sem a ferramenta Seis Sigma (BARNEY, 2012, p. 41).

2.2 Conceito de seis sigma

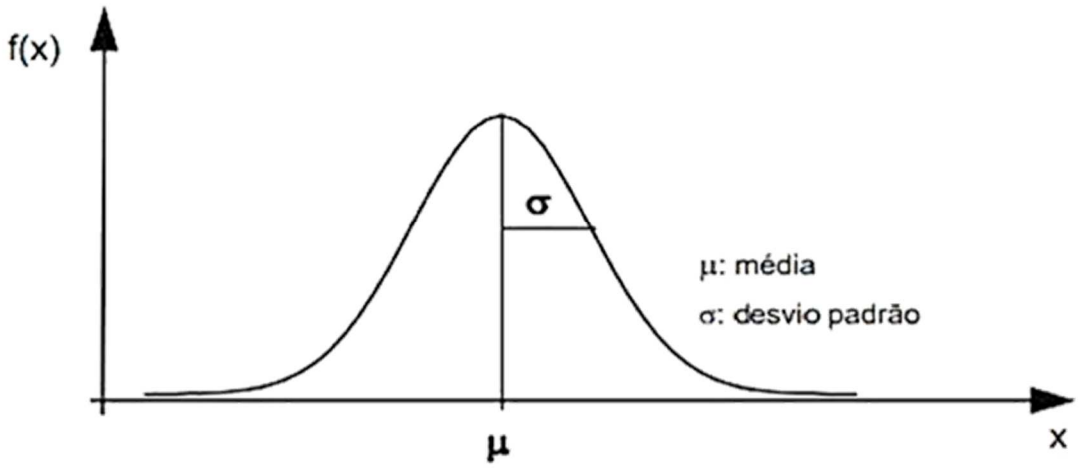
Para Werkema (2012a), Seis Sigma pode ser definido como:

> Uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa que tem por objetivo aumentar drasticamente a lucratividade da empresa, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e pelo aumento da satisfação dos clientes e consumidores.

Segundo Pande e Holpp (2001) o Seis Sigma concentra seus esforços em três áreas principais: melhorar a satisfação do cliente, reduzir o tempo de ciclo e reduzir os defeitos. Ainda de acordo com os mesmos autores, "o Seis Sigma é a maneira mais inteligente de gerenciar um negócio ou departamento. O Seis Sigma coloca o cliente em primeiro lugar e usa fatos e números para conduzir a melhor solução"(PANDE E HOLPP, 2001).

Sigma (σ) é uma letra do alfabeto grego utilizada para identificar o desvio padrão, em outras palavras, a dispersão dos dados quanto à média aritmética. Segue abaixo o gráfico de Correa (2003) a curva normal típica.

Figura 1- Gráfico de curva normal típica



Fonte: Correa, 2003, p. 88.

Em uma distribuição normal, quanto menor o desvio padrão (σ), menos dispersos são os resultados, estão concentrados na parte central do eixo x tornando assim a curva menos achatada. Isso significa que os valores estão mais próximos da média e, portanto, o processo é mais estável com menos dispersão ou variabilidade. (CORREA, 2003, p. 88).

O Seis Sigma é um conjunto de procedimentos de qualidade que medem a insatisfação ou defeitos do cliente por meio da dispersão dos resultados. O processo que apresenta maior variabilidade é considerado menos estável e, portanto, o mais suscetível a defeitos (CORREA, 2003, p. 88).

Segundo Eckes (2001) Seis Sigma é um método com 99,999% de conformidade, desvio padrão mais ou menos seis vezes a média, em outras palavras, é um processo que possui apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades como mostra a tabela 1, a seguir:

Tabela 1- Tabela de níveis σ

Rendimiento (%)	Escala sigma	Defeitos (PPM)
30,900	1	691.462
69,146	2	308.537
93,319	3	66.807
99,379	4	6200
99,976	5	233
99,999	6	3,4

Fonte: Usevinicius, 2004.

Analisando a Tabela 1, é possível verificar que, quanto maior o valor na escala sigma menor o número defeitos. Cada ponto na escala sigma reduz os defeitos exponencialmente. Como resultado, a necessidade de testes e inspeções é reduzida, os custos são reduzidos, os tempos de ciclo são reduzidos e a satisfação do cliente é melhorada (HARRY; SCROEDER, 2000).

A qualidade do serviço torna-se cada vez mais importante para empresas que querem diferenciar seus serviços em um ambiente competitivo. Tem como objetivo melhorar a qualidade e prevenir defeitos que levam à insatisfação do cliente. Os defeitos podem ser descritos como desvios ou erros no processo que leva a uma diminuição na satisfação do cliente. Kotler (1997) apontou que "os clientes são escassos, sem eles, a empresa deixaria de existir", enquanto "os clientes devem ser o foco principal da organização serviço, define a qualidade".

Segundo Harry e Schroeder (2000), a aplicabilidade do Seis Sigma em serviços é mais simples que o processo de manufatura. O equívoco ocorre porque serviços não são acostumados a enxergar seu trabalho como uma sequência de processos que possuem entradas e saídas. Admitindo o conceito de processos interconectados, o produto final, ou seja, a saída desse processo, pode ser algo não físico, como uma informação, um pedido, um atendimento.

Kumi e Morrow (2006) relatam as várias definições e interpretações dadas para o programa Seis Sigma em relação a serviços, tais como uma métrica de comparação, um *benchmark* de comparação, uma filosofia, um método sistemático, uma meta entre outras e salientam que mais importante que a definição é o uso e benefício que a

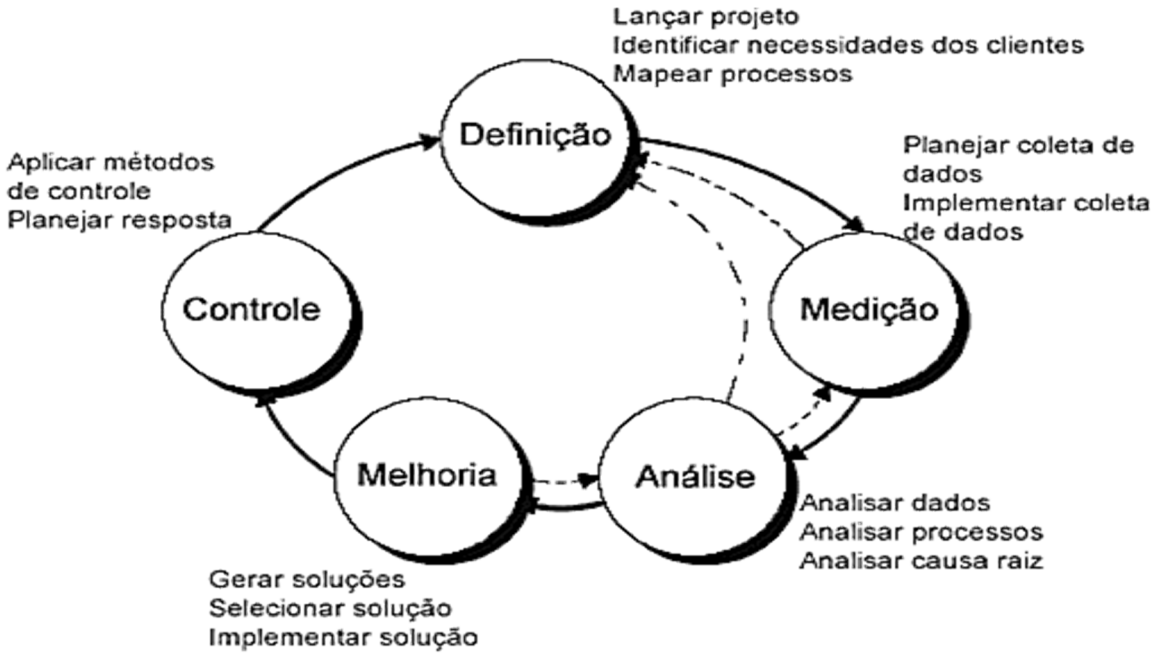
organização tem com a aplicação do programa. Goodman e Theuerkauf (2005) insistem que diferentes aspectos do programa podem ser usados desde que tragam benefícios para a organização.

A ferramenta Seis Sigma baseia-se na metodologia DMAIC para a realização de melhorias no desenvolvimento de um projeto. Rotondaro (2011) afirma que o modelo MAIC (Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) foi desenvolvido na Motorola, sendo uma evolução do ciclo PDCA que consiste em planejar, executar, verificar, atingir, utilizado para controle e melhoria contínua dos métodos e posteriormente adotado pela GE como DMAIC, acrescido da fase “D” de definir.

2.3 Metodologia do Seis Sigma

O objetivo do DMAIC é orientar as atividades requeridas e empregadas na metodologia Seis Sigma para melhorar o processo de execução dos produtos e serviços. O método consiste em cinco etapas definidas por cada letra de sua sigla, que são: *Define* (Definir), *Mesure* (Medir), *Analise* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar) (SANTOS; MARTINS, 2003). A figura 2, a seguir mostra as fases do ciclo DMAIC e suas principais atividades.

Figura 2 - Fases do ciclo DMAIC e as principais atividades



Fonte: Fases do método DMAIC (Eckes, 2001).

2.3.1 Etapas da metodologia Seis Sigma

2.3.1.1 Definir

A etapa Definir é responsável por definir de forma específica e objetiva os problemas do projeto. O que pretende ser eliminado ou melhorado do processo atual. (ROTONDARO, 2011).

O foco desta fase está na identificação de problemas e situações em processos organizacionais de qualquer natureza que exijam melhorias, sejam elas de fabricação ou de prestação de serviços. As melhorias identificadas por meio da análise de processos organizacionais devem ser o foco principal para atender às necessidades dos clientes da organização (STAMATIS, 2004).

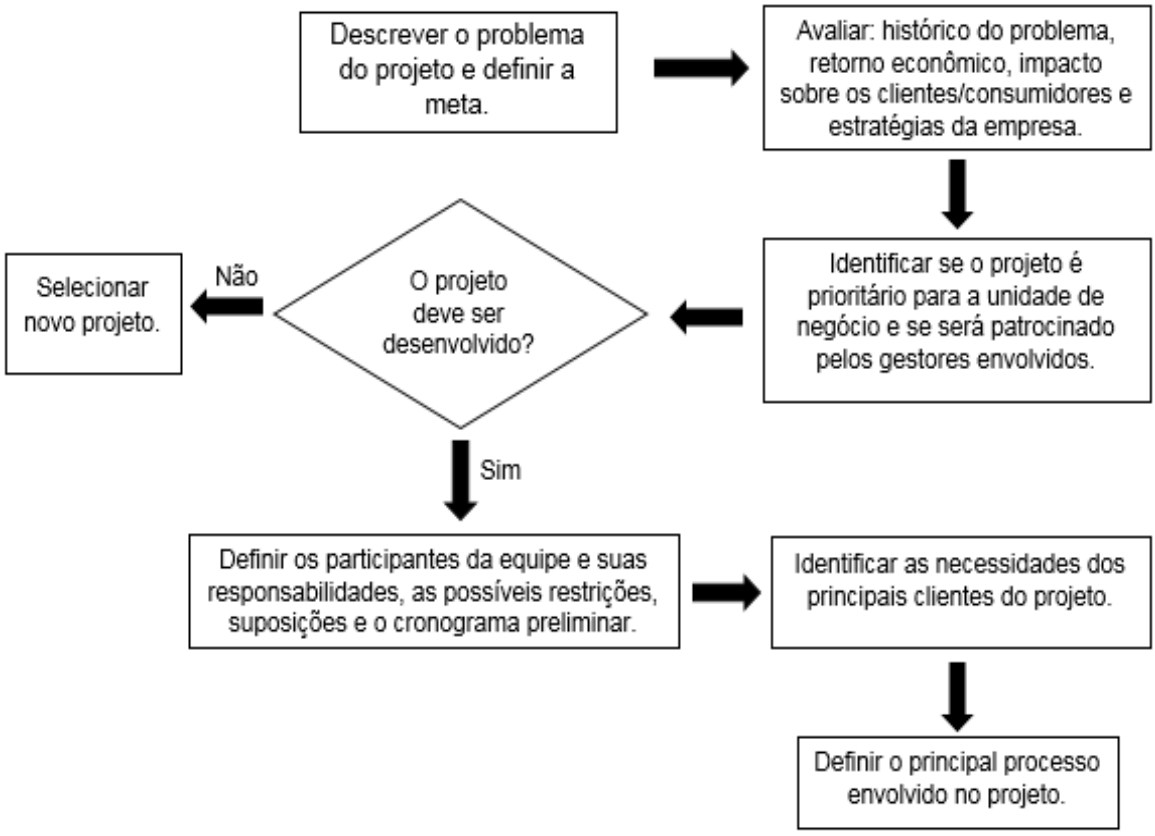
Os clientes de uma organização são todos aqueles que são afetados pela má qualidade do produto ou serviço entregue, incluindo departamentos internos, funcionários e principalmente clientes finais. O ponto de vista do cliente é uma das pré-condições fundamentais para analisar e direcionar todas as atividades que a equipe de trabalho realizará durante a fase de definição. A identificação de parâmetros relacionados ao cliente é uma entrada importante para a atividade de mapeamento de processos. Informações como o tempo de entrega do produto considerado aceitável pelo cliente final (ou seja, a qualidade do produto considerado pelo cliente), o tempo máximo de espera aceitável para o *call center* são parâmetros relevantes do processo, (STAMATIS, 2004).

Na fase de definição, são mapeados os processos internos que afetam os clientes da organização e identificadas as entradas e saídas dos processos e sua relação com os demais processos da organização. O mapeamento de processos é uma das principais atividades na definição de etapas, portanto, mapear os resultados, áreas de retrabalho, atividades que não agregam valor ao resultado final, questões de tempo e uso de recursos para atividades que estão além dos padrões de mercado e mão de obra específica no processo podem ser identificados problemas de recursos. (STAMATIS, 2004).

Para problemas identificados em discussões com o grupo de trabalho, deve haver evidência de que o problema ocorreu. Fatos não podem ser presumidos baseados em uma compreensão particular de um membro ou grupo. Com base nos resultados obtidos, a equipe de trabalho deve identificar parte do escopo de trabalho

e priorizar os problemas encontrados. Os resultados alcançados podem ser amplos e detalhados, porém, é importante priorizar e definir um escopo inicial de trabalho para que o projeto não se expanda no curto prazo e demore muito para atingir os resultados. Dentre os pontos prioritários no escopo de trabalho, soluções alternativas devem ser detalhadas, sempre focando no valor que a organização pode agregar aos seus clientes (STAMATIS, 2004). A figura 3, a seguir representa as atividades a serem realizadas na etapa definir.

Figura 3 - Atividades a serem realizadas na etapa definir



Fonte: Adaptado de Duarte (2011).

2.3.1.2 – Medir

De acordo com Werkema (2004, p. 76), nessa fase são realizados os levantamentos dos resultados a serem avaliados e a causa raiz dos problemas. São estudados procedimentos para coleta de informações dos processos mapeados na

fase de análise. Desse modo os problemas são divididos em problemas menores e menos complexos.

> A partir desta análise, deve-se desdobrar a meta estabelecida para o problema inicial em metas específicas para os focos definidos. Essas metas específicas podem ou não ser delegáveis, sendo delegável no caso de o tratamento não pertencer à área, a qual o projeto está atrelado, devendo, portanto, ser tomada como meta inicial de um novo projeto, atribuído a área responsável (WERKEMA, 2004, p. 47).

Através da aplicação desses procedimentos podem ser determinadas informações sobre o desempenho atual do processo. Essas informações são valiosas para o desenvolvimento de um plano de coleta, que por sua vez prepara uma estrutura de avaliação de desempenho do processo (STAMATIS, 2004). A avaliação tem a função de monitorar e medir o andamento do processo, permitindo que melhorias sejam implementadas com base nos resultados obtidos. As variações encontradas durante a medição podem ser apresentadas de diversas formas, dentre as quais são utilizadas: Gráficos de Pareto e histogramas.

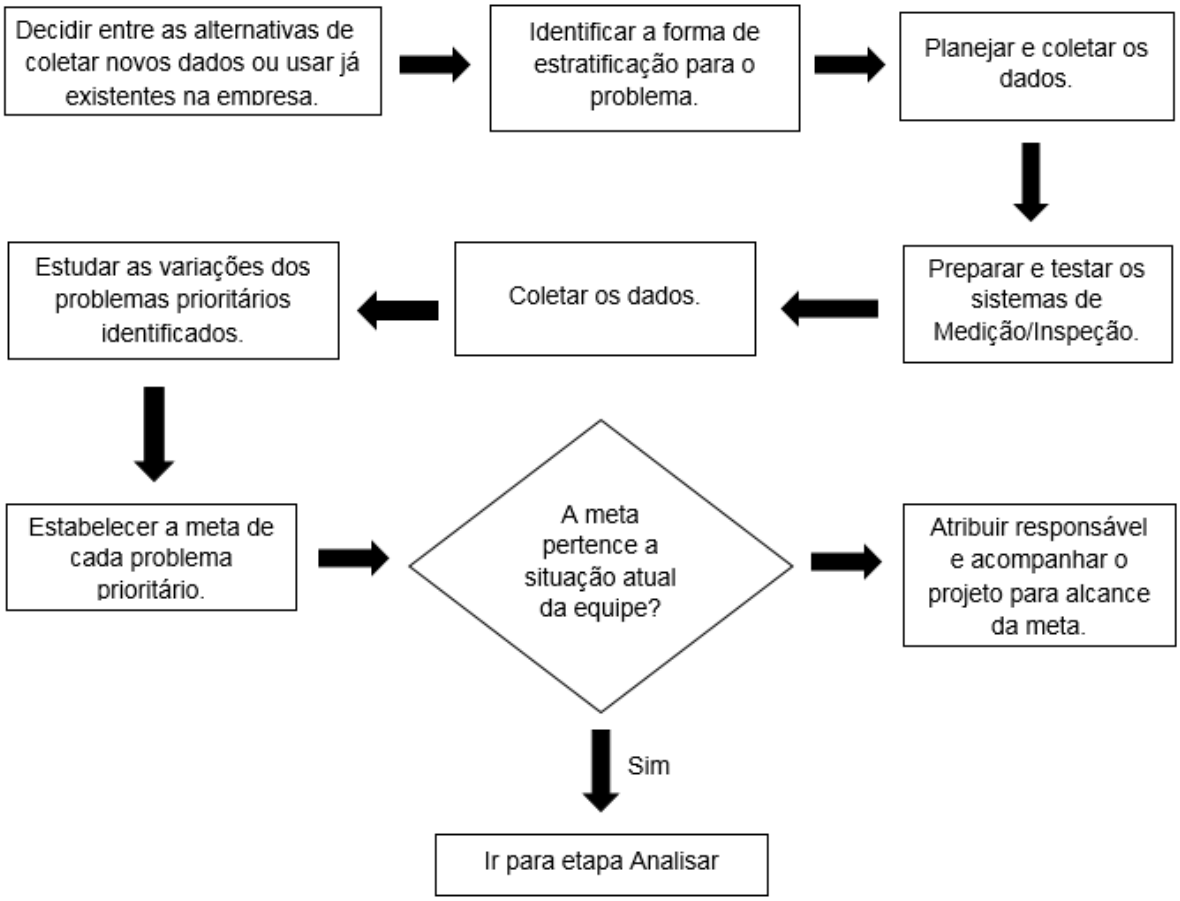
Essas tabelas gráficas ajudam as equipes de trabalho e patrocinadores de projetos a visualizar facilmente o desempenho do processo, tendo como base as mesmas medições realizadas no período anterior. Durante as atividades de medição do processo, é importante que a equipe de trabalho entenda os motivos das mudanças que podem ocorrer no processo de medição. Existem algumas variantes que podem ser divididas em variantes normais e variantes especiais (STAMATIS, 2004).

As variações comuns- ou normais- são aquelas que envolvem instabilidades de determinados fatores, como: recursos humanos, máquinas, procedimentos, materiais e até mesmo o meio ambiente. São instabilidades que podem ocorrer, por exemplo, falha de máquina por falta de manutenção, trabalhadores com dificuldade de operar a máquina por questões emocionais, ou mesmo questões ambientais (como mudança de disposição da máquina levando a provocar acidentes). Uma mudança comum é uma oportunidade de melhoria dentro do processo (STAMATIS, 2004).

Segundo Stamatis (2004) as variações especiais ocorrem de forma imprevisível, como tempestades que ocorrem em horários não convencionais e inundam todo um parque de máquinas. É difícil prever e se preparar para tais mudanças. Uma vez identificadas as mudanças, o plano de coleta de informações deve reunir todas as informações coletadas pela equipe de trabalho, os procedimentos

discutidos para a coleta de informações e as mudanças identificadas no processo. A figura 4, a seguir representa as atividades a serem realizadas na etapa medir.

Figura 4 - Atividades a serem realizadas na etapa medir



Fonte: Adaptado de Duarte (2011).

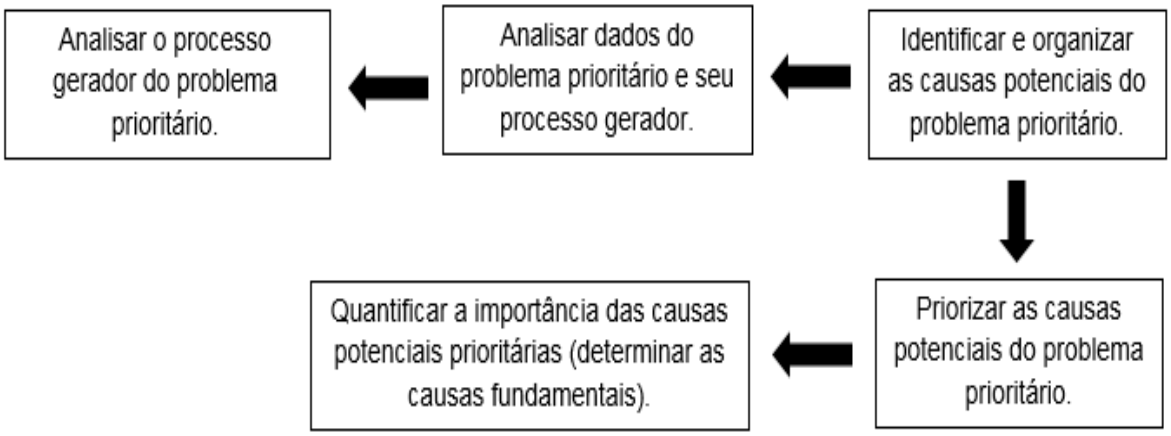
2.3.1.3 – Analisar

Na terceira fase do DMAIC, o objetivo é identificar a causa raiz do problema e consolidar os planos de coleta de informações e oportunidades de melhoria identificados na fase Definir e Medir. A partir dessas análises, as equipes de trabalho podem determinar quais melhorias devem priorizar, quais são as reais necessidades do processo e quais são os benefícios de implementar tais melhorias (STAMATIS, 2004).

A ferramenta básica da fase "Analisar" é o diagrama de causa e efeito, pois a principal análise nesta fase é a relação entre o problema e a causa. Essa relação foi testada por técnicas estatísticas (CARPINETTI, 2012).

Ao final desta fase, espera-se obter o problema, identificar oportunidades de melhoria e possíveis soluções. A causa raiz deve ser identificada e medidas para eliminar ou minimizar o problema devem ser propostas (CARPINETTI, 2012). A figura 5, a seguir mostra as atividades a serem realizadas nessa etapa.

Figura 5 - Atividades a serem realizadas na etapa analisar



Fonte: Adaptado de Duarte (2011).

2.3.1.4 – Improve (melhorar)

Os objetivos desta fase, segundo Werkema (2004), são gerar ideias, desenhar melhorias, conduzir projetos pilotos de adaptação de processos e implementá-los. É por meio da análise dos resultados obtidos nas etapas de definição, medição e análise que a etapa de melhoria tem subsídios para propor mudanças e pensar constantemente em melhorias.

> Inicialmente, deve-se realizar um *Brainstormig* para a geração de ideias de soluções potenciais com a finalidade de eliminar as causas fundamentais dos problemas identificados anteriormente, e eliminar as causas de variação destes problemas. As ideias listadas devem ser refinadas e combinadas para darem origem às soluções potenciais para o alcance da meta prioritária (WERKEMA, 2004, p. 64).

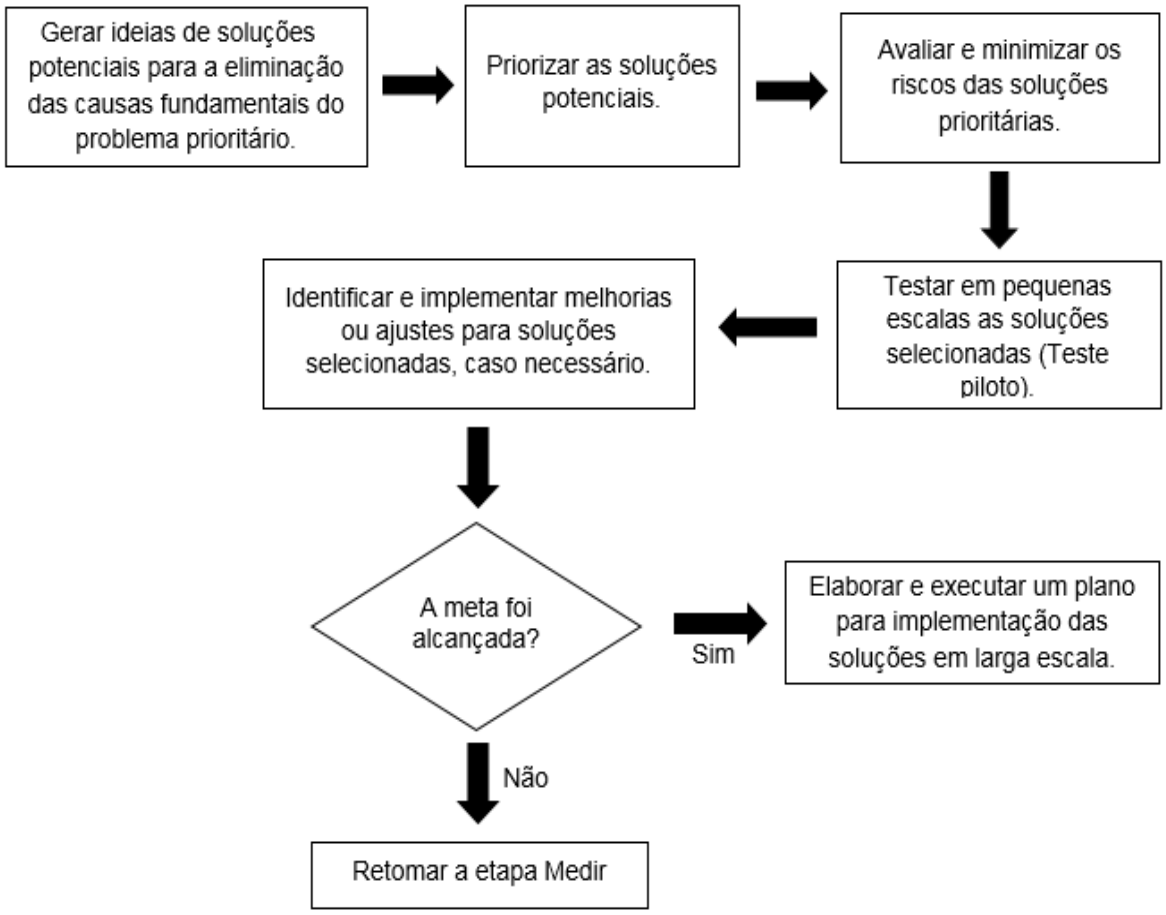
Reunir informações de satisfação do cliente e dados de desempenho do processo ajuda as equipes de trabalho a recomendar mudanças e, em alguns casos, fazer ajustes (STAMATIS, 2004). Deve ser realizada a análise cuidadosa do custo-

benefício da mudança para determinar se o impacto da mudança é realmente benéfico na redução de custos e na entrega de benefícios aos clientes da organização.

Cada proposta de melhoria deve ser apoiada pela implementação de um piloto inicial, que é um projeto menor com uma equipe reduzida para verificar se os benefícios propostos estão realmente sendo realizados. A comprovação dos benefícios em projetos pilotos são um forte indicativo de que o resultado pode ser propagado se implementado na área ou em um processo como um todo (STAMATIS, 2004).

Com a implementação realizada e em andamento, o processo de validação desta nova implementação deve ser constante, validando se ocorreu melhoria no desempenho do processo ao ser comparado com a medição anterior à mudança. (STAMATIS, 2004). A figura 5, a seguir mostra as atividades a serem realizadas nessa etapa.

Figura 6 - Atividades a serem realizadas na etapa melhorar



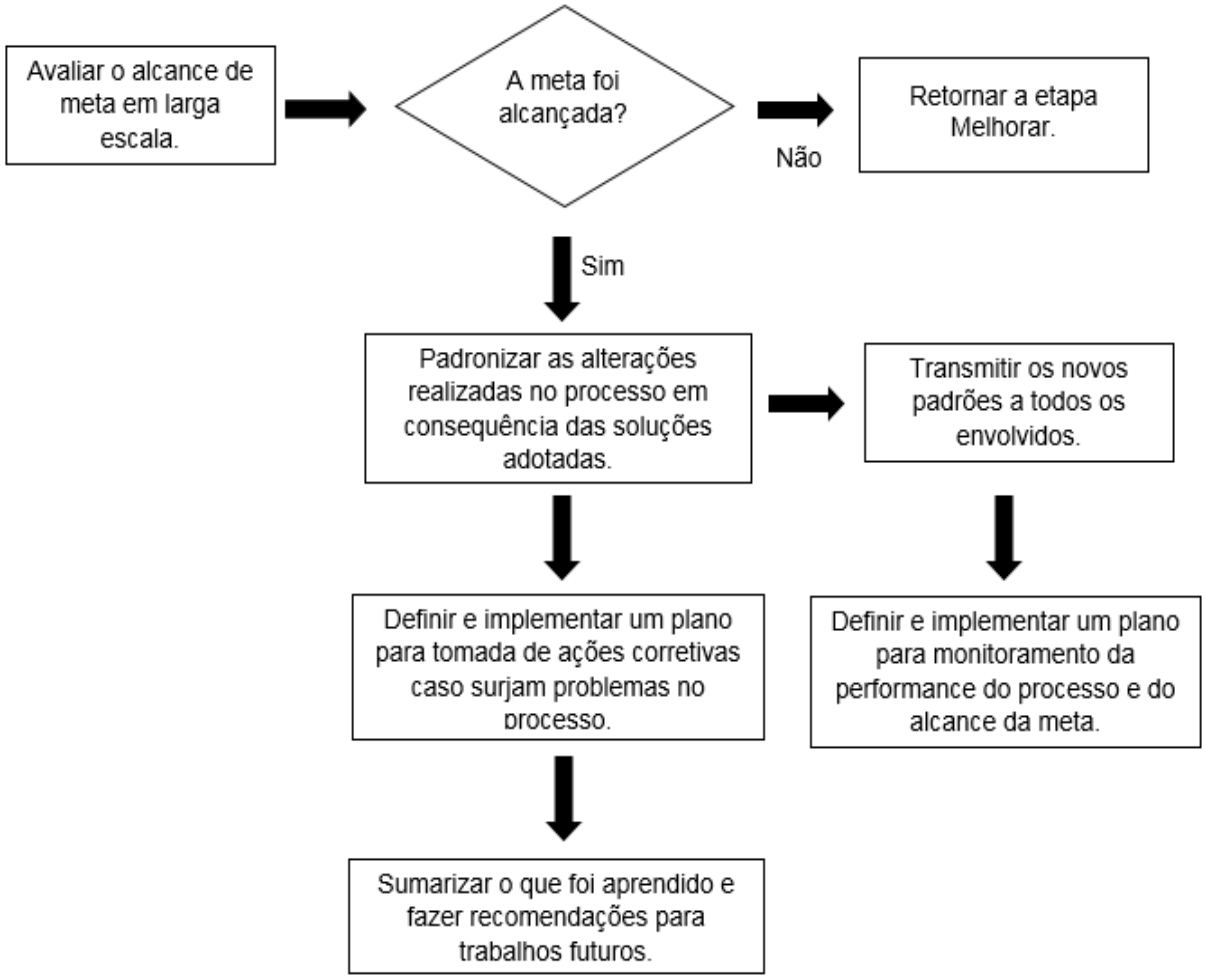
Fonte: Adaptado de Duarte (2011).

2.3.1.5 – Control (Controlar)

O objetivo desta fase é controlar o processo existente, aplicar medições para monitorar o andamento do processo; prever ações corretivas e evitar desvios. As melhorias devem ser institucionalizadas por meio de mudanças nos sistemas, estruturas e processos, tudo isso acompanhado de planos de controle que documentam quem é responsável? - o que é medido? -, parâmetros de desempenho e ações corretivas aplicadas (STAMATIS,2004).

> Deve-se definir e implementar um plano para tomada de ações corretivas caso surjam problemas no processo, pois a agilidade na detecção de mudanças no comportamento do processo é importante para que ações corretivas apropriadas sejam tomadas e o processo seja corrigido sem causar grandes transtornos (WERKEMA, 2004, p. 71).

Figura 7 - Atividades a serem realizadas na etapa controlar



Fonte: Adaptado de Duarte (2011).

2.4- Ferramentas do Seis Sigma

Segundo Werkema (2004), a metodologia Seis Sigma é marcada pela utilização ordenada de diversas ferramentas, que trazem, de maneira simples e direta, as informações que são buscadas em cada fase do projeto. O quadro abaixo relaciona as ferramentas com as fases do DMAIC, onde é possível visualizar a etapa que cada ferramenta pode ser aplicada. Na sequência serão citadas as principais ferramentas.

Quadro 1 – Ferramentas utilizadas no Seis Sigma

FERRAMENTA	D	M	A	I	C
Brainstorming			X	X	
Diagrama de Causa e Efeito			X	X	
Estratificação		X	X		
Fluxograma			X		
FMEA			X	X	
Gráfico de Pareto		X			X
Histograma		X	X		X
Matriz de Priorização GUT			X		
R&R		X			
SIPOC	X				

Fonte: Werkema, 2004 (Adaptado).

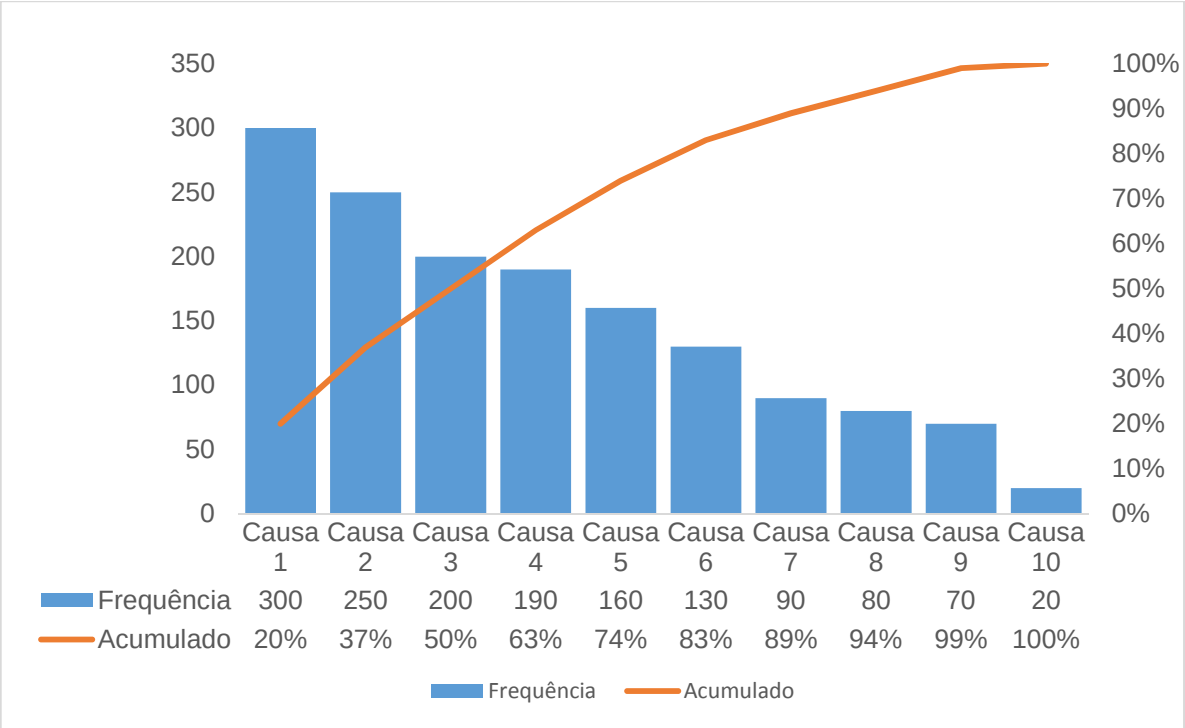
2.4.1 Gráfico de Pareto

Consiste em um gráfico de barras com dados categóricos cujo objetivo principal é ajudar a priorizar o problema ou a causa do tema em estudo como apresentado na figura 8. Além disso, as informações no gráfico são assim organizadas e permitem o estabelecimento de metas numéricas acionáveis (FINAMORE JUNIOR, 2008).

Segundo Werkema (1995, p. 31) “o gráfico de Pareto dispõe a informação de forma a permitir a concentração dos esforços para melhoria nas áreas nas quais podem ser obtidos maiores ganhos.”

> O princípio de Pareto foi inicialmente estabelecido por J.M. Juran, o qual adaptou aos problemas da qualidade a teoria para modelar a distribuição de renda desenvolvida pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto. Este mostrou que a distribuição de renda é muito desigual, com a maior parte da riqueza pertencendo a muito poucas pessoas. Foi quando Juran notou que esta ideia poderia ser aplicada aos problemas da qualidade, uma vez que a distribuição dos problemas e de suas causas é desigual, logo as melhorias mais significativas poderão ser obtidas se nossa atenção for concentrada, primeiramente, na direção dos poucos problemas vitais e logo a seguir na direção das poucas causas vitais destes problemas (WERKEMA, 1995, p. 32).

Figura 8 – Gráfico de Pareto



Fonte: Própria Autora.

2.4.2- Histograma

De acordo com Werkema (1995, p. 17) o histograma consiste em um gráfico de barras em que os dados são distribuídos em intervalos, permitindo visualizar como a variável se comporta em um determinado momento. Além disso, o histograma tem a característica de mostrar a distribuição de probabilidade do ajuste aos dados.

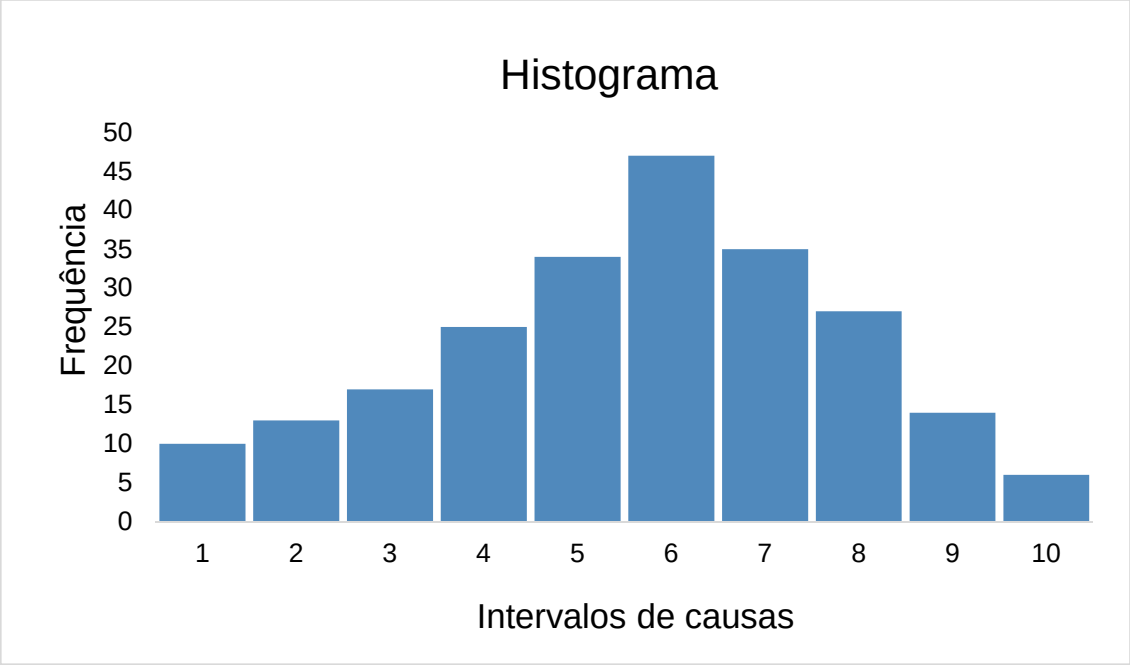
"Distribuição probabilística é um modelo estatístico para o padrão de ocorrência dos valores de uma determinada população" (WERKEMA, 1995, p. 17).

> O histograma é um gráfico no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de

> interesse. Para cada um destes intervalos é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente (WERKEMA, 1995, p.20).

Na figura 9, são observados que os dados possuem, aproximadamente, uma distribuição probabilística Normal.

Figura 9 – Modelo de Histograma



Fonte: Werkema, 1995 (Adaptado).

2.4.3 Brainstorming

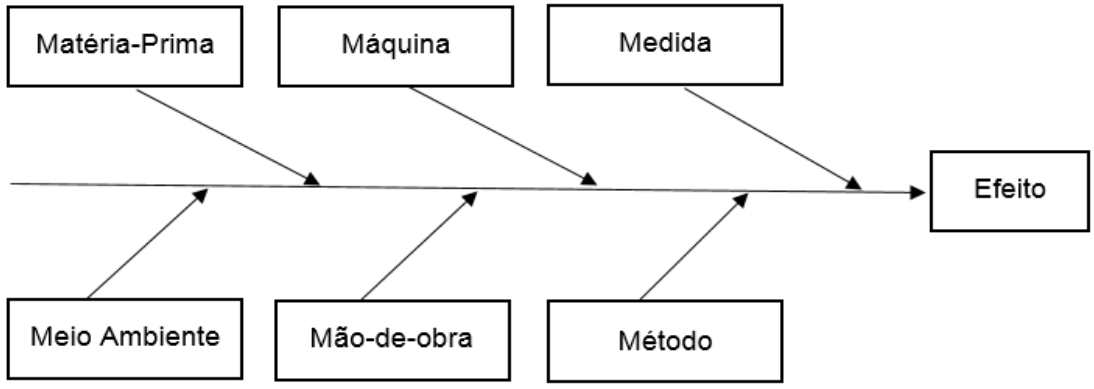
Brainstorming é uma ferramenta que utiliza as ideias de cada membro de um grupo de discussão para listar problemas e encontrar soluções, aberta a sugestões sem restrições e democraticamente, por todos os componentes. Quanto mais membros de diferentes áreas e conhecimentos, melhor será a aplicação desta ferramenta. Ele pode e deve ser usado em diferentes etapas de um projeto porque leva em consideração a contribuição de especialistas do processo (CARPINETTI, 2012).

2.4.4 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

Diagramas de Causa e efeito são conhecidos por efetivamente estudar e analisar processos para encontrar a causa raiz dos problemas. Também conhecido como "diagrama de espinha de peixe" ou diagrama de Ishikawa, refere-se a uma ferramenta esquemática que fornece informações sobre as prováveis causas de um determinado efeito. O diagrama de causa e efeito é dividido em 3 categorias: causa principal (acne), subcausa (ramos da acne) e efeito. (SLACK, 2009).

O diagrama consiste em seis causas gerais de efeitos, também conhecidas como 6Ms: Materiais, Métodos, Medidas, Ambiente, Mão de Obra e Máquinas, conforme demonstrado na figura 10, a seguir:

Figura 10 – Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Campos, 1992, Slack *et al.,* 2002.

2.4.5 Estratificação

Estratificação é uma ferramenta utilizada para separar um conjunto de dados para facilitar a percepção de padrões e quando identificados, problemas e suas causas podem ser descobertos. A estratificação ajuda a verificar o impacto de uma determinada causa e a identificar problemas. Ele começa com a coleta e os dados e, em seguida, considera características idênticas ou muito semelhantes em grupos com base em fatores apropriados (fatores de estratificação). Esses padrões estão relacionados ao tempo ou ordem, examinando diferenças sistemáticas entre os dados. (MAGRI, 2009).

2.4.6 Matriz de Priorização GUT

A sigla GUT significa Gravidade, Urgência e Tendência. Essa ferramenta prioriza a eliminação de problemas, principalmente quando são numerosos e inter-relacionados (MANDARINI, 2005). A gravidade avalia a magnitude, urgência de um problema em relação às ações a serem tomadas e tendências que surgiriam se nenhuma ação fosse tomada (FREITAS, 2012).

Segundo Mandarini (2005), para formar uma matriz, é preciso listar as diferentes causas do problema e atribuir a elas uma criticidade, ou seja, dar uma nota que varia de 1 a 5 referente ao impacto que a ação tem em relação ao resultado final do processo conforme o gráfico abaixo.

Quadro 2 – Matriz GUT

Valor	Gravidade	Urgência	Tendência	GxTxU
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Nada piora	(1) x (1) x (1) = 1
2	Pouco Grave	Pode esperar um pouco	Piora em longo prazo	(2) x (2) x (2) = 8
3	Grave	Pouco urgente	Piora em médio prazo	(3) x (3) x (3) = 27
4	Muito grave	Urgente	Piora em pouco tempo	(4) x (4) x (4) = 64
5	Extremamente grave	Muito Urgente (necessita de ação imediata)	A situação piora rapidamente	(5) x (5) x (5) = 125

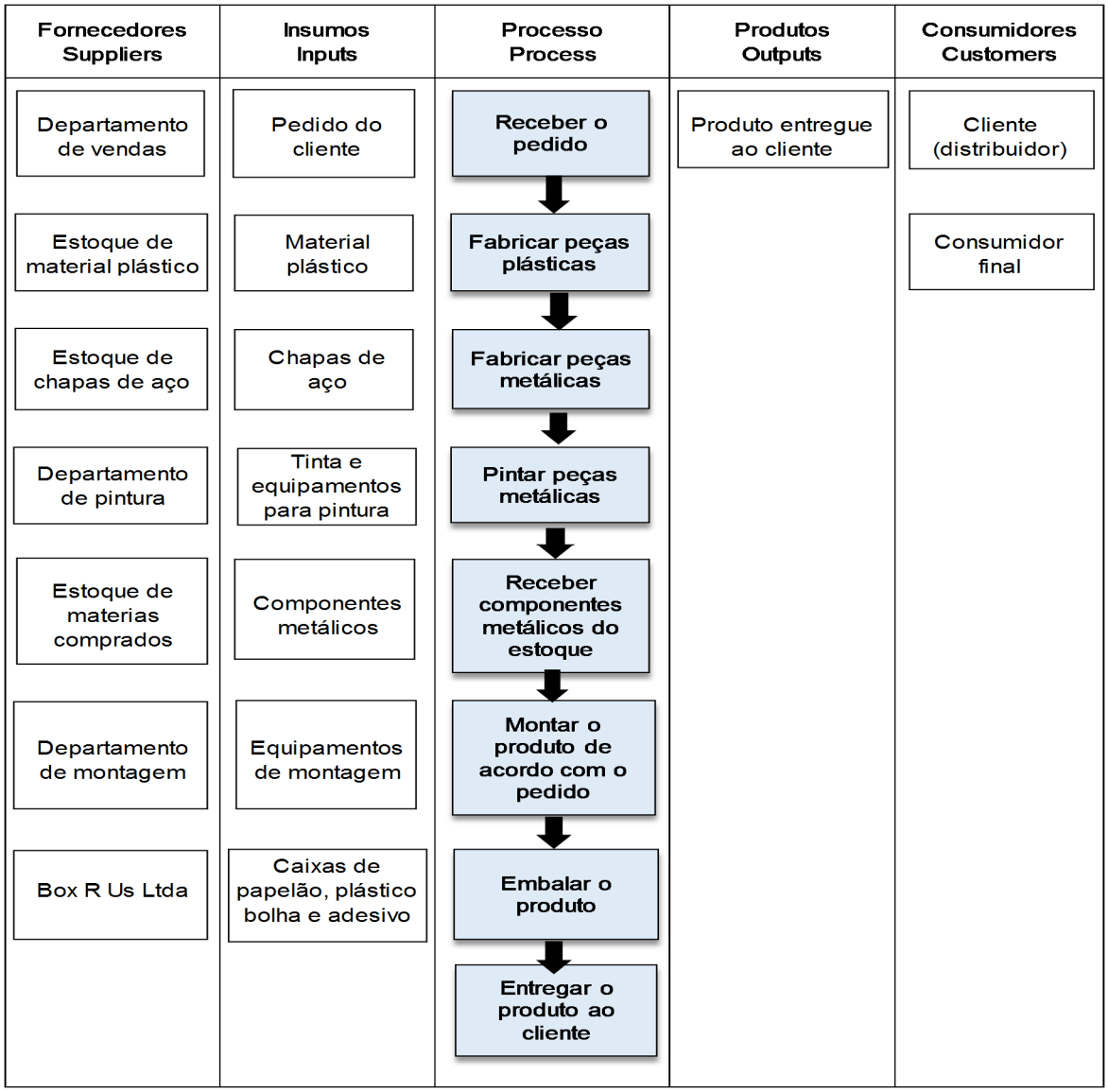
Fonte: Adaptado de Grimaldi (1994).

2.4.7 Sipoc

Segundo Taghizadegan (2006), as ferramentas SIPOC, fornecedor, entrada, processo, saída, cliente, são técnicas úteis para definir projetos de melhoria de processos. Refere-se a diagramas que permitem um mapeamento macroscópico de processos relacionados, especificando seus limites e interações - valor dos fornecedores e valor agregado aos clientes. Dessa forma, todos os elementos relevantes do processo podem ser identificados, antes mesmo de se tornarem alvo de

ações de melhoria. Os detalhes do processo não devem ser exibidos no SIPOC, pois os detalhes devem ser feitos por meio de ferramentas como fluxogramas, conforme mostrado na figura 11, a seguir:

Figura 11 – Mapeamento de processos no SIPOC utilizando fluxogramas



Fonte: Werkema, 2012ª (Adaptado).

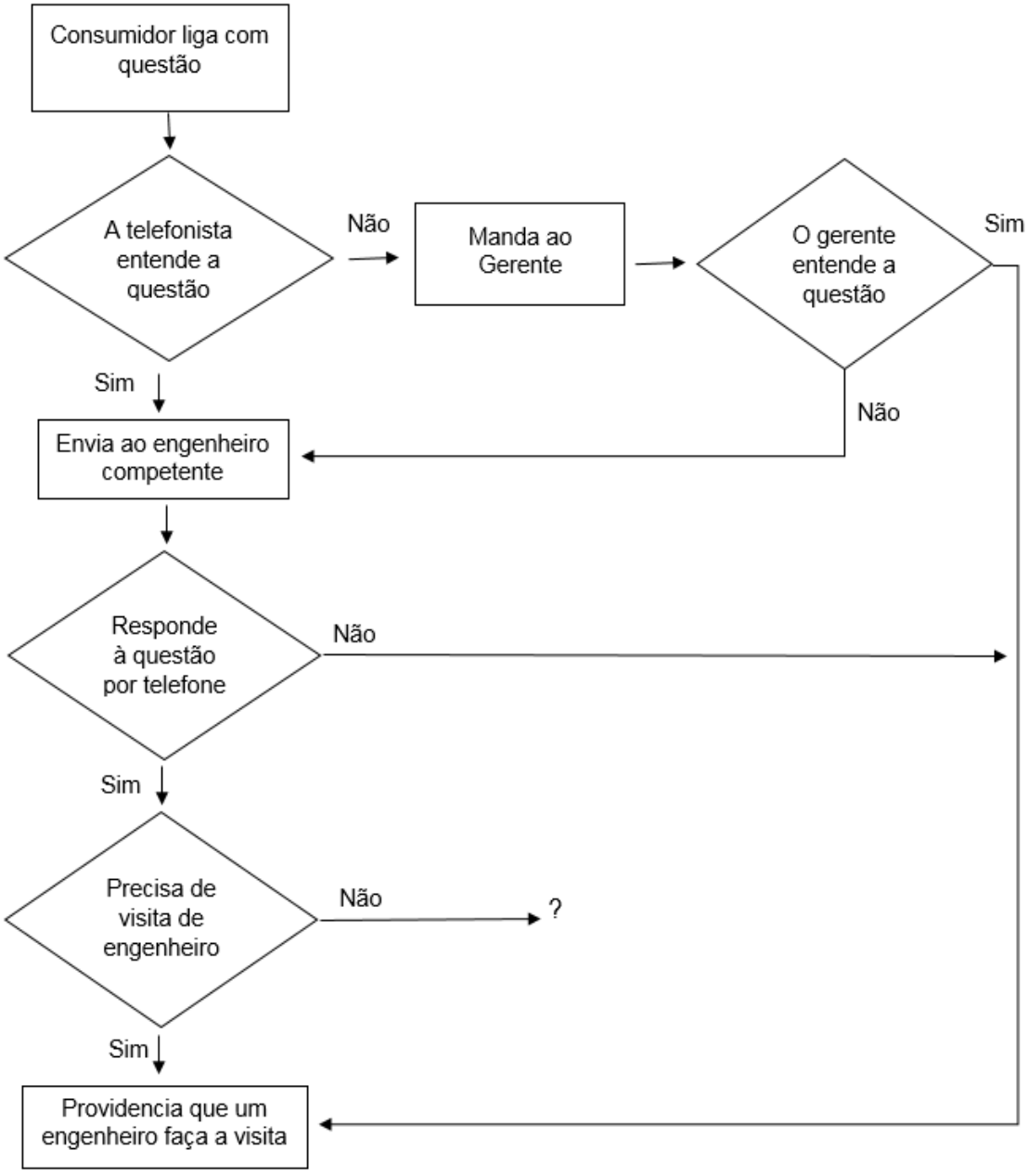
2.4.8 Fluxograma

A correta identificação dos processos é realizada por meio de ferramentas como fluxogramas, que permitem compreender o processo, identificar atividades, fluxos de informações, departamentos envolvidos, produtos intermediários,

trabalhadores ou consumidores (SLACK, 2009). A ferramenta é projetada para identificar oportunidades para melhorar a eficiência do processo.

O fluxograma representa o fluxo do processo através de símbolos gráficos e a sequência de etapas da operação para facilitar sua análise, conforme se verifica na figura 12, a seguir.

Figura 12 – Modelo de Fluxograma



Fonte: Slack, 2009 (Adaptado).

2.4.9 FMEA

FMEA, em inglês é a sigla para *Failure Mode and Effects Analysis*, e o português pode ser resumido como Análise de Modos de Falha e seus Efeitos. Segundo Helman e Andery (1995), FMEA é um sistema de produto ou processo, abordagem industrial e/ou administrativos, utilizado para apontar as possíveis falhas e determinar, por meio de raciocínio dedutivo, o efeito de cada modo de falha no desempenho do sistema. De acordo com Stamatis (1995), é um método analítico padronizado para analisar um produto ou processo para identificar todos os possíveis modos de falhas potenciais e determinar o impacto de cada modo de falha no desempenho do sistema e eliminar problemas potenciais de maneira sistemática e completa.

Para Stamatis (1995), os principais benefícios da utilização do FMEA são melhorar a qualidade, a segurança dos produtos e serviços, melhorar a imagem e a competitividade da empresa, ajudar a aumentar a satisfação do cliente, reduzir o custo e o tempo de desenvolvimento do produto, auxilia no diagnóstico dos processos para implantação de ações corretivas.

2.4.10 Ferramenta R & R

As ferramentas de R&R representam repetitividade e reprodutibilidade e são usadas para validar sistemas de medição. O objetivo era minimizar os fatores controláveis que poderiam causar muita variação e, para isso, uma série de tentativas foram feitas para identificar vários operadores que poderiam fazer várias medições, repetidamente, e sempre encontrar o mesmo resultado (FINAMORE JUNIOR, 2008).

> A repetitividade corresponde à faixa dentro da qual as indicações do processo de medição são esperadas quando é envolvido um mesmo operador, medindo uma mesma característica do produto e em condições operacionais idênticas. A reprodutibilidade corresponde à faixa dentro da qual as indicações do processo de medição são esperadas, quando envolvidos diferentes operadores, medindo uma mesma característica do produto nas condições naturais do processo de medição (ALBERTAZI, 2008 p.344).

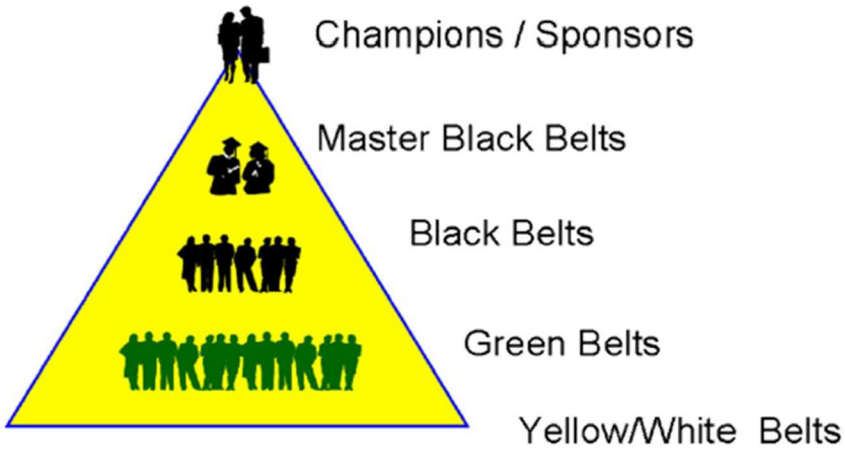
2.5 Responsabilidades e regras

Em qualquer tipo de projeto, seja desenvolvimento de *software*, construção civil ou projetos automotivos, existe uma relação direta entre as habilidades das pessoas envolvidas no projeto e o sucesso alcançado (DOMINGUES, 2005 *apud* FINAMORE JUNIOR, 2008).

Segundo Domingues (2005), *apud* Finamore Junior (2008) os processos e métodos que as empresas utilizam para gerenciar projetos são importantes para aumentar a probabilidade de sucesso, mas por si só não garantem o sucesso, processos e métodos só fazem sentido se executados por terceiros. Aquele que decide seu sucesso ou fracasso.

Também não é diferente de outros projetos no método Seis Sigma. Ao longo do ciclo de melhoria do DMAIC, existem diferentes funções e funcionários responsáveis que ajudam a gerenciar e implementar as atividades. A figura 13, a seguir mostra a pirâmide de responsabilidade cujos papéis ativos na metodologia Seis Sigma são: *Sponsors, Champions, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt* (DOMINGUES, 2005 *apud* FINAMORE JUNIOR, 2008).

Figura 13 – Pirâmide de responsabilidade



Fonte: Finamore Junior, 2008.

2.5.1 Sponsors

Eles são membros da equipe de gerenciamento de uma empresa responsável por desenvolver a estratégia, garantir recursos, direcionar o pessoal organizacional

para participar das atividades do projeto, direcionar projetos alinhados com a estratégia da empresa, apoiar a mudança da cultura da empresa, eliminar conflitos internos e monitorar os resultados do projeto (FINAMORE JUNIOR, 2008).

2.5.2 Champions

Segundo Werkema (2004) os *champion* são membros da alta administração responsáveis por facilitar a identificação e priorização de projetos, visualizar projetos em relação à estratégia de negócios, estender os benefícios dos projetos em toda a empresa e comunicar planos sobre estratégia e progresso (FINAMORE JUNIOR, 2008).

2.5.3 Master Black Belt

São professores e mentores de *Black Belts*, auxiliam campeões, são especialistas em ferramentas e técnicas *Six Sigma*, desenvolvem e certificam *black belts,* participam de revisões de projetos e apontam suas opiniões técnicas, compartilham as melhores práticas e entendem o elo entre a estratégia de negócios e os projetos Seis Sigma (FINAMORE JUNIOR, 2008).

2.5.4 Black Belt

São considerados líderes de equipe responsáveis por acompanhar a evolução das fases Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar do processo que afetam a satisfação do cliente.

As atividades do *Black Belt* incluem: preparar avaliações iniciais do projeto e validar benefícios, liderar e treinar equipes para executar projetos, determinar quais ferramentas usar, identificar contribuidores do projeto e apresentar dados de oportunidades (FINAMORE JUNIOR, 2008).

2.5.5 Green Belt

Encontram-se envolvidos no projeto Seis Sigma, ajudam na implementação de ferramentas e na aplicação de tecnologia. As atividades desempenhadas pelos *Green*

Belts podem variar de organização para organização, podendo até ser líderes de projetos específicos ou de menor impacto financeiro (FINAMORE JUNIOR, 2008).

2.5.6 White Belt

Dedicam-se parcialmente aos projetos, trabalham com a equipe de resolução de problemas, possuem conhecimento básico, porém sólido sobre a metodologia Seis Sigma (OLIVEIRA, 2010).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado ao longo do trabalho a ferramenta Seis Sigma é utilizada para identificar e implementar as melhorias nos processos da empresa visando à redução de custos, otimização de produtos e processos, redução do tempo de entrega, incremento e satisfação do cliente.

A metodologia auxilia na determinação das principais necessidades das empresas, medindo o processo, avaliando seu desempenho, permite identificar a causa raiz e a melhor forma de solucioná-las, além de implementar as melhorias e monitorar os resultados alcançados visando ao melhor desempenho baseando-se nas necessidades dos clientes.

Entretanto o método Seis Sigma apresenta algumas dificuldades relacionadas à compreensão e manuseio das ferramentas, disponibilidade de mão de obra qualificada, custo elevado e resultados a médio e longo prazo.

Contudo, apesar das dificuldades mencionadas, o Seis Sigma permite uma mudança na cultura organizacional em prol do desenvolvimento sustentável de uma empresa, visando a melhoria contínua e gestão de processos para garantir a máxima eficiência e qualidade.

REFERÊNCIAS

ALBERTAZZI, Armando. **Fundamentos da metrologia científica e industrial.** Barueri, SP: Manole, 2008.

BARNEY, M. *Motorola's second generation*. **Six Sigma Forum Magazine**. Milwaukee, v. 1, n. 3, p.13-16, May 2002. Qualidade: Conceitos e Técnicas. 2.ed., São Paulo, 2012.

CAMPOS, V.F.; **TQC:** controle da qualidade total (no estilo japonês). 7. ed. Belo Horizonte: Bloch, 1992.

CARPINETTI, L. **Gestão da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORONADO, R.B., Antony, J. *Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations*. **The TQM Magazine**, v.14, pp. 92-99, no.2, 2002.

CORREA, Sonia M. B. Barbosa. **Probabilidade e estatística.** PUC Minas, 2003.

DUARTE, Douglas Reis. **Aplicação da metodologia seis sigma – modelo DMAIC** - na operação de uma empresa do setor ferroviário. 2011. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

ECKES, George. **A revolução seis sigma**: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. 3 ed., Rio de Janeiro. Campus: 2001.

FINAMORE JÚNIOR, W**. Aplicação do modelo six sigma na administração de operações.** Estudo de caso no tempo de entrada de materiais importados. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

FREITAS, P.R.C. **Proposta e aplicação de um modelo de ferramentas da qualidade para solução de problemas de uma metalúrgica de pequeno porte**. 2012. 47f. Disponível em: https://fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2012/Paulo_Roberto_Castro_de_Freitas.pdf. Acesso em: 10 nov.2022.

GOODMAN, J.; THEUERKAUF, J, *What's wrong with six sigma*?. **Quality Progress,** v.38, n. 1, p. 37-42, jan. 2005.

GRIMALDI, R. & MANCUSO, J.H. Qualidade total. **Folha de SP e SEBRAE**, 6º e 7º fascículos, 1994.

HARRY, Michel; SCHROEDER, Richard. **Six sigma**: *the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations.* New York: Currency, 2000.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA – FTA).** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

KOTLER, Philip. ***Marketing management****: analysis, planning, implementation and control.* Prentice Hall International, 9th edition, 1997.

KUMI, S. E MORROW, J. **Melhorando o autoatendimento da maneira seis sigma**. Newcastle, 2006.

MAGRI, J.M. **Aplicação do método QFD no setor de serviços**: Estudo de caso em um restaurante. 2009. 44f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

MANDARINI, M. **Segurança corporativa estratégica**: fundamentos. São Paulo: Manoele, 2005.

OLIVEIRA, Rodrigo. **A utilização do programa seis sigma em gerenciamento de projetos**. Rio de Janeiro, 2010.

PANDE, P., HOLPP, L. *What is Six Sigma*?. **ASQ Quality Press**. Milwaukee, 2001.

ROTONDARO, R. **Seis Sigma-** estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2011.

SANTOS, B. ADRIANA; MARTINS F. MANOEL. A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, n.1, p. 1-14, dez.2003.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed., São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 2.ed., São Paulo: Atlas, 2002.

STAMATIS, D. H. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. Wisconsin:* **ASQ Quality Press**, 1995. 494 p.

STAMATIS, H. DEAN, "**Six Sigma Fundamentals**: *a complete guide to the system, methods and tools*", New York, Productivity Press, 2004.

TAGHIZADEGAN, S. ***Essentials of Lean Six Sigma***. Burlington: Elsevier, 2006.

USEVINICIUS, A. L, **Implantação da metodologia Seis Sigma e aplicação da técnica estatística de projeto de experimentos na resolução de problemas e otimização dos processos de fabricação.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, p.36, 2004.

WERKEMA, C. **Criando a cultura *lean* seis sigma**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012ª
WERKEMA, M.C.C. **Criando a cultura seis sigma**. Belo Horizonte: Werkema Editora. Série Seis Sigma. vol. 1, 2004.

WERKEMA, Maria Cristina C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** 4 ed., Belo Horizonte: QFCO. 1995.