

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Fernando Dacanal Martins**  
**Julia Helena de Oliveira Santos**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA  
REDUÇÃO DE CUSTO DE MATERIAIS DE  
EMBALAGEM**

**Taubaté – SP**  
**2018**

**Fernando Dacanal Martins**  
**Julia Helena de Oliveira Santos**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA  
REDUÇÃO DE CUSTO DE MATERIAIS DE  
EMBALAGEM**

Trabalho de Graduação, modalidade de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté para obtenção do Título de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica. Orientador: Prof. Msc Ivair Alves dos Santos.

**Taubaté - SP**  
**2018**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

M386a Martins, Fernando Dacanal  
Aplicação da Metodologia DMAIC na redução de custos de materiais de  
embalagem. / Fernando Dacanal Martins; Júlia Helena de Oliveira Santos. --  
2018.

39 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Prof. M e. Ivair Alves dos Santos, Departamento de  
Engenharia Mecânica.

1. DMAIC. 2. Embalagem. 3. Materiais. 4. Seis sigma. I. Título.  
II. Santos, Júlia Helena de Oliveira. III. Graduação em Engenharia de  
Produção Mecânica.

CDD – 658.562

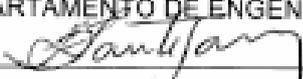
Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

Fernando Dacanal Martins  
Julia Helena de Oliveira Santos

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA REDUÇÃO DE CUSTO DE  
MATERIAIS DE EMBALAGEM**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Msc Fabio Henrique Santejani  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Mestre Ivair Alves dos Santos  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Mestre Antonio Carlos Tonini  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

10 de outubro de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradecemos a Deus, por se fazer presente em nossas vidas e nessa caminhada, em suas diversas formas, que certamente contribuíram para a realização desse sonho.

Às nossas famílias pela compreensão e suporte dado durante o desafio da graduação, importantes para o sucesso de qualquer desafio.

Ao Professor Msc Ivair Alves dos Santos, por todo apoio cedido num período laborioso, seus ensinamentos além de uma orientação de trabalho de graduação, foram ensinamentos para a vida.

À equipe do Setor de Embalagem da usina metalúrgica e siderúrgica, objeto de nosso estudo, que se mostrou interessada em fornecer dados para a consecução do presente trabalho.

E, finalmente, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dessa nossa graduação, nosso muito obrigado!

“O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos como algo separado do resto do universo - numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência. E essa ilusão é uma espécie de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto por pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá alcançar completamente esse objetivo, mas lutar pela sua realização já é por si só parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior” (Albert Einstein).

## RESUMO

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido com a aplicação da metodologia Seis Sigma, por meio da metodologia DMAIC, esta que se baseia em eliminar falhas de processo com a finalidade de proporcionar aos seus clientes serviço/produtos próximos a excelência.

A necessidade da redução de custos dentro da organização tem por finalidade a busca do aumento da margem de lucro, mas sem afetar o valor do produto final. Isto se deve à grande competitividade entre as indústrias nos dias atuais. Uma análise realizada nos vários setores apontou para o setor de embalagem, o qual era uma das áreas que mais aumentava o custo do produto acabado. Com isto, verificou-se a necessidade de um estudo detalhado do motivo pelo qual o custo era elevado nesse setor.

No desenvolvimento do trabalho, foi definido o processo a ser melhorado a fim de reduzir os custos dos materiais utilizados nas embalagens. Desta forma, foi identificado e mensurado o problema com o uso de indicadores e métodos estatísticos, a fim de se comprovar o valor inicial e o valor final dos gastos com embalagens, o qual foi medido em R\$/Ton. Os resultados obtidos foram obtidos por meio das ferramentas analíticas e estatísticas, e foram identificadas as causas dos obstáculos, dando-se prioridade às ações a serem realizadas. O próximo passo foi a execução e teste das soluções das causas dos problemas identificados. As mudanças que deram resultados foram implementadas e a sua monitoração foi realizada, a fim de garantir que as metas esperadas fossem alcançadas e se as medidas tomadas foram eficazes. Após a implementação e monitoramento, os documentos para o setor de embalagem foram padronizados e os colaboradores foram treinados de acordo com o novo modelo de trabalho. Pôde-se constatar que com esse estudo foi possível uma redução de 24,2% nos gastos do setor de embalagem, um melhor controle e padronização, pelo fato de estar focado na excelência com simplicidade e pelo emprego de melhorias de baixo ou nenhum custo.

**Palavras Chave:** DMAIC, Seis Sigma, Custos, Materiais, Embalagens.

## **ABSTRACT**

This research work was developed with the application of Six Sigma methodology, through the DMAIC methodology, which is based on eliminating process failures with the purpose of providing its clients with service / products close to excellence.

The need to reduce costs within the organization aims to increase the profit margin, but without affecting the value of the final product. This is due to the great competitiveness between the industries in the present days. An analysis conducted in the various sectors pointed to the packaging sector, which was one of the areas that most increased the cost of the finished product. This led to the need for a detailed study of why the cost was high in this sector.

In the development of the work, the process to be improved in order to reduce the costs of the materials used in the packaging was defined. In this way, the problem with the use of statistical indicators and methods was identified and measured, in order to prove the initial value and the final value of the expenses with packaging, which was measured in R \$ / Ton. The results obtained were obtained through the analytical and statistical tools, and the causes of the obstacles were identified, giving priority to the actions to be performed. The next step was to execute and test the solutions to the causes of the problems identified. The changes that gave results were implemented and monitored to ensure that the expected goals were met and whether the measures taken were effective. After the implementation and monitoring, the documents for the packaging sector were standardized and the employees were trained according to the new work model. It was possible to verify that with this study it was possible to reduce 24.2% in the expenses of the packaging sector, a better control and standardization, because it is focused on excellence with simplicity and the use of improvements of low or no cost.

**Keywords:** DMAIC, Six Sigma, Costs, Materials, Packaging.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desvio padrão e variância.....	21
Figura 2 - Função normal de distribuição de probabilidade.....	21
Figura 3 - Problema resolvido relacionado a distribuição lista normal de probabilidade .....	23
Figura 4 - Custo de materiais de embalagem no período de março a outubro de 2016. ....	34

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gasto no período base e o gasto esperado após o estudo. ....	16
Gráfico 2 - Curva de distribuição normal de probabilidade em função de x. ....	22
Gráfico 3 - Curva de distribuição normal de probabilidade em função de $\mu$ e $\sigma$ .....	22
Gráfico 4 - Materiais de embalagem.....	33
Gráfico 5 - Resultado da implementação do projeto.....	37

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo de ensaios não destrutivos.....	24
Quadro 2 - Capacidade do processo.....	25
Quadro 3 - Visão geral da sequência do DMAIC .....	26
Quadro 4 - EAP inicial do Projeto. ....	32
Quadro 5 - Cronograma de atividades previstas para o projeto.....	35
Quadro 6 - Custo de embalagem. ....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos de alto nível .....	18
Tabela 2 - Quantidade mínima de fitas por lote antes da implantação do projeto. ....	35
Tabela 3 - Redução de custo anual projetado. ....	36
Tabela 4 - Quantidade mínima de fitas por lote depois da implantação do projeto. ...	38

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CEP	Controle Estatístico de Processos.
DMAIC	Metodologia DMAIC(Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
LIE	Limite inferior de especificação.
LSE	Limite superior de especificação.
TAP	Termo de Aprovação de Projeto
WBS	Work Breakdown Structure

## LISTA DE SÍMBOLOS

$C_p$	Capacidade do processo.
$\mu$	Micro ou mi, no caso da média.
$e$	Número natural ( $\approx 2,72828$ ) .
$\sigma$	Sigma (desvio padrão).

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	17
<b>1.1.1 Objetivos específicos</b> .....	<b>17</b>
1.2 PROBLEMA.....	17
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	18
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	18
2.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE .....	20
2.2 METODOLOGIA SEIS SIGMA .....	24
2.3 METODOLOGIA DMAIC.....	26
<b>2.3.1 Fase Definir</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3.2 Fase Medir</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3.3 Fase Analisar</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3.4 Fase Melhorar</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3.5 Fase Controlar</b> .....	<b>29</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>30</b>
3.1. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA .....	30
<b>3.1.1 Escopo do Projeto</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1.2 Análise antes da implantação do projeto</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.3 Estrutura analítica do Projeto</b> .....	<b>31</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>37</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>39</b>

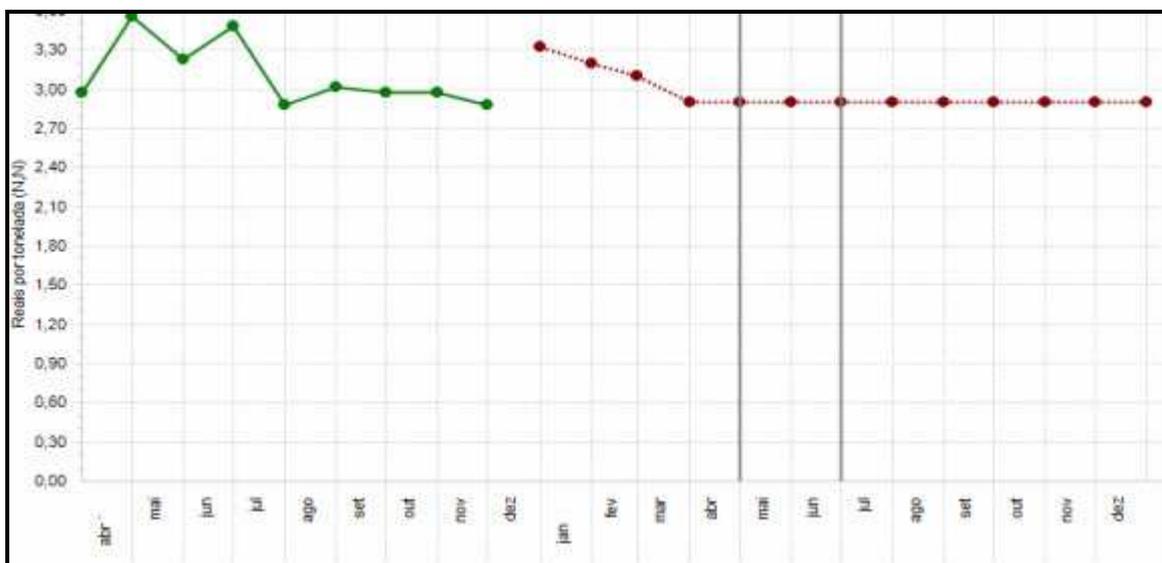
## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho foi elaborado com a finalidade de apresentar um projeto de implantação de um novo modelo de trabalho na área de embalagens de uma indústria metalúrgica e siderúrgica da região do Vale do Paraíba, com o objetivo de redução de gastos com os materiais utilizados para tal fim, além de uma melhor distribuição e estocagem dos materiais envolvidos.

A busca de produtos de alta qualidade de forma sustentável, segura e com excelência tem sido a regra em indústrias do ramo siderúrgico, atuante nos segmentos da área civil, automobilística e metalúrgica, e tal busca se deve à grande competitividade entre as indústrias desse ramo, as quais visam reduzir os custos e otimizar os processos para aproveitar melhor os recursos disponíveis, com finalidade de aumentar a margem de lucro sem, contudo, afetar o valor do produto final.

No Gráfico 1 é possível visualizar a linha verde, que se refere ao período base de observação e coletas de dados. Já a linha vermelha, refere-se do que esperamos atingir com a aplicação das metodologias do projeto.

**Gráfico 1 - Gasto no período base e o gasto esperado após o estudo.**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2018).**

A atribuição de administração e treinamento das atividades do projeto do setor de embalagem junto aos colaboradores com os objetivos definidos pelos desenvolvedores é de responsabilidade do coordenador do setor envolvido.

Portanto, de acordo com o que foi exposto sobre este projeto, propõe-se por meio dele uma mudança na utilização e distribuição de estocagem dos materiais, e fica sua execução sob a responsabilidade do coordenador do setor e da gerencia do departamento.

O projeto foi desenvolvido com a aprovação da diretoria, e foi realizado após a aprovação do termo de abertura do projeto, com os devidos documentos de declaração de escopo.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é reduzir o custo dos materiais utilizados no setor de embalagens de uma indústria metalúrgica e siderúrgica da região do Vale do Paraíba em um período de sessenta e cinco dias.

O Projeto Seis Sigma por meio da metodologia DMAIC tornou possível a realização do projeto em questão O processo para a realização das ações será acompanhado por um cronograma desenvolvido pelos autores do projeto.

### 1.1.1 Objetivos específicos

O presente trabalho foi proposto com o objetivo específico de padronizar a atividade embalagem de produtos metalúrgicos.

## 1.2 PROBLEMA

Esse trabalho identificou o alto custo nos processos envolvidos na embalagem de materiais produzidos por uma indústria metalúrgica e siderúrgica da região do Vale do Paraíba, em decorrência da falta de padronização para a execução desse processo.

## 1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Este trabalho se justifica por possibilitar a introdução de uma metodologia que se destina à melhoria dos processos de embalagem de produtos metalúrgicos, por meio da aplicação dos conceitos de DMAIC e de Seis Sigma, o que tornou possível identificar, qualificar e quantificar os problemas decorrentes dessa falta de

padronização.

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho se delimitou ao estudo e aplicação da metodologia DMAIC e da metodologia Seis Sigma em uma indústria empresa indústria metalúrgica e siderúrgica da região do Vale do Paraíba, com a finalidade de melhoria dos processos de embalagem de produtos metalúrgicos.

Os requisitos Iniciais do projeto foram estabelecidos pela equipe de elaboração, e podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Requisitos de alto nível**

IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE ALTO NÍVEL		
IDENTIFICAÇÃO DO REQUISITO	DESCRIÇÃO DO REQUISITO	CLASSIFICAÇÃO DO REQUISITO
1.0	O projeto somente será implantado no setor de embalagens.	Requisito do Projeto
2.0	Toda a mão de obra para as modificações será de responsabilidade interna sem contratação de prestadora de serviço.	Requisito do Projeto
3.0	O projeto somente será desenvolvido posteriormente a aprovação do termo de abertura do projeto pela diretoria.	Requisito do Projeto
4.0	O projeto deverá contemplar o treinamento da padronização dos procedimentos.	Requisito do Projeto
5.0	Toda a normatização será descrita em manuais e distribuída.	Requisito do Produto
6.0	Mudança de layout (para alteração do local dos produtos)	Requisito do Produto
7.0	Alteração na utilização e quantidade dos materiais de embalagens.	Requisito do Produto
8.0	Funcionários treinados na nova metodologia de trabalho.	Requisito do Produto

**Fonte: Elaborado pelo autor (2018).**

#### 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho foi organizado de forma que foi abordado como foco principal do trabalho a melhoria do processo de embalagem de produtos de uma indústria metalúrgica e siderúrgica da região do Vale do Paraíba

O Capítulo 2 apresentou os conceitos e definições sobre Controle Estatístico de Qualidade, além das metodologias Seis Sigma e DMAIC.

O Capítulo 3 foi dedicado a relacionar o Projeto Seis Sigma, por meio do

DMAIC ao projeto de redução de custo das embalagens de produtos.

No Capítulo 4, foram apresentadas as melhorias advindas da aplicação do projeto em questão.

Finalmente, foram apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração deste trabalho de pesquisa.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura deste trabalho foi realizada para que fosse possível entender as definições e os conceitos de controle estatístico de qualidade, da metodologia DMAIC e da metodologia Seis Sigma.

Inicialmente, neste Capítulo, foram apresentados o controle estatístico da qualidade e a metodologia Seis Sigma.

Ainda, um breve histórico da metodologia DMAIC foi apresentado, além de suas definições e as etapas para o desenvolvimento do projeto, bem como os comentários sobre as fases definir, medir, analisar, implementar e controlar.

### 2.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

A ideia de se analisar dados de forma empírica pode induzir a inferências errôneas, o que torna necessária uma análise baseada em métodos estatísticos.

Em Estatística, são utilizadas ferramentas a exemplo da moda, mediana, média, variância e desvio padrão. Na distribuição normal de probabilidade, a média, a variância e o desvio padrão são utilizados para determinar a probabilidade de um determinado evento.

Rontodaro (2006, p. 80) afirma que a Estatística é a ciência que se preocupa com a organização, descrição, análise e interpretação dos dados experimentais, e que é um ramo da Matemática Aplicada.

Em relação à coleta de dados, Rontodaro (2006, p. 81) cita que o estudo de um fenômeno natural, social, econômico ou biológico exige a coleta e a análise de dados estatísticos, e que a coleta de dados é a fase inicial da pesquisa.

Existem alguns tipos de distribuições de probabilidade em Estatística, tais como a distribuição binomial, a distribuição de Poisson, de Weibull, a distribuição exponencial, a distribuição Gama, a distribuição hipergeométrica, a distribuição lognormal, a distribuição normal, entre outras.

Este trabalho de pesquisa se utilizou da distribuição normal de probabilidade, que se trata de uma distribuição contínua, em posição, por exemplo à distribuição binomial, a qual é do tipo discreta ou descontínua, para a aplicação no Projeto Seis Sigma.

A variância mede a dispersão, espalhamento ou variabilidade na distribuição,

e é expressa por  $\sigma^2$ , e corresponde à razão entre os quadrados dos desvios médios  $(x_i - \mu)^2$  e o número  $N$  de amostras. O desvio padrão  $\sigma$ , por sua vez, equivale numericamente à raiz quadrada da variância. Na Figura 1 pode-se visualizar as fórmulas que definem a variância e o desvio padrão.

**Figura 1 - Desvio padrão e variância**

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Fonte: Montgomery (2016, p. 57).

Montgomery (2016) disserta sobre a importância desta distribuição de probabilidade da seguinte forma: “A distribuição normal é, provavelmente, a mais importante distribuição, tanto na teoria quanto na prática de estatística. [...]” (MONTGOMERY, 2016, p. 61).

A função de distribuição normal possui  $x$  como a variável aleatória normal, sendo  $x$  definida no intervalo aberto de  $-\infty$  a  $+\infty$ , ou seja,  $-\infty < x < +\infty$ . A função da distribuição normal é apresentada na Figura 2.

A função  $f(x)$  da distribuição normal é uma função exponencial, na qual a constante é a razão  $1/\sigma\sqrt{2\pi}$  e base da função exponencial é a base natural  $e$ , que corresponde ao limite infinito  $\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + 1/n)^n$ , numericamente igual a  $e = 2,72828\dots$

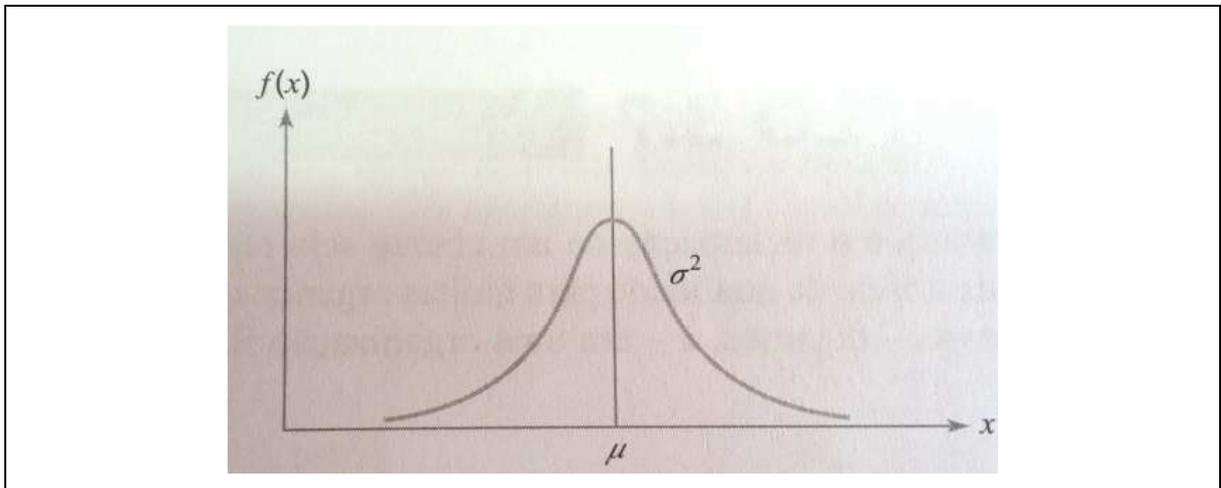
**Figura 2 - Função normal de distribuição de probabilidade**

<b>Definição</b>	
A distribuição normal é	
$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < x < \infty$	
A média da distribuição normal é $\mu$ ( $-\infty < \mu < \infty$ ) e a variância é $\sigma^2 > 0$ .	

Fonte: Montgomery (2016).

O Gráfico 2 apresenta a função de  $f(x)$  da distribuição normal de probabilidade, na qual a média  $\mu$  da amostra é o eixo de simetria da curva gaussiana, ou seja,  $x=\mu$  no eixo de simetria.

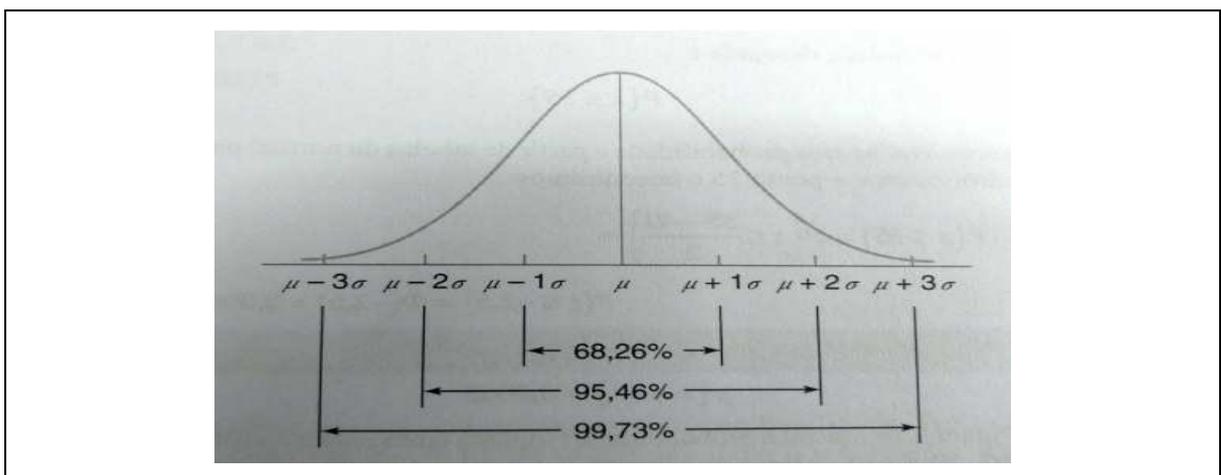
**Gráfico 2 - Curva de distribuição normal de probabilidade em função de  $x$ .**



Fonte: Montgomery (2016, p. 61).

Os valores de  $f(x)$  podem ser expressos em função da média  $\mu$  e do desvio padrão  $\sigma$ . No Gráfico 3, é possível a visualização das probabilidades acumuladas entre intervalos com extremos equidistantes ao eixo de simetria.

**Gráfico 3 - Curva de distribuição normal de probabilidade em função de  $\mu$  e  $\sigma$ .**



Fonte: Montgomery (2016, p. 61).

Por exemplo, para o intervalo compreendido entre  $\mu - 3\sigma$  e  $\mu + 3\sigma$  a probabilidade de ocorrer um determinado evento é de 99,73%, e se refere à probabilidade determinada para o  $6\sigma$  (Seis sigma). Cabe ressaltar que somente para

o intervalo  $-\infty < x < +\infty$  a probabilidade acumulada será de 100%.

A razão  $Z = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$  é utilizada para se obter as probabilidades em problemas que envolvam esta razão. A Figura 3 apresenta um problema resolvido do Exemplo 3.7 referente a reclamações de clientes. No anexo A deste trabalho de pesquisa, é apresentada a tabela de distribuição normal de probabilidade em função de Z.

Para o problema resolvido, apresentado na Figura 3, é possível observar que  $x$  deve ser menor que 35 horas, que a média para solução dos problemas é de 40 horas e que o desvio padrão das amostras é de 2 horas. A solução é gráfica e retorna uma probabilidade de 0,0062 ou 0,62%, ou seja, a probabilidade de que tal problema seja resolvido em 35 horas ou menos é baixa, e equivalente a 0,62%.

**Figura 3 - Problema resolvido relacionado a distribuição lista normal de probabilidade**

#### **Exemplo 3.7** Tempo para Resolver Reclamações de Clientes

O tempo para que a reclamação de um cliente seja resolvida é uma característica crítica da qualidade para muitas organizações. Suponha que esse tempo – digamos,  $x$  – em uma organização financeira, seja normalmente distribuindo com média  $\mu = 40$  horas e desvio-padrão  $\sigma = 2$  horas, denotada por  $x \sim N(40; 2^2)$ , Qual é a probabilidade de que u, cliente seja resolvida em menos de 35 horas?

**Solução:**

A probabilidade desejada é

$$P\{x \leq 35\}$$

Para se avaliar essa probabilidade a partir de tabelas da normal padrão, padronizamos o ponto 35 e encontramos

$$P\{x \leq 35\} = P\left\{z \leq \frac{35 - 40}{2}\right\} = P\{z \leq -2,5\} = \Phi(-2,5) = 0,0062$$

Conseqüentemente, a probabilidade desejada é

$$P\{x \geq 35\} = 0,0062$$

Fonte: Montgomery (2016).

## 2.2 METODOLOGIA SEIS SIGMA

Moraes (2018), em relação ao programa Seis Sigma, afirma que:

[...] é uma metodologia revolucionária para a melhoria de processos por toda empresa, desde sua área de manufatura até a área comercial (marketing, finanças, jurídico, etc.) que visa atingir melhorias na qualidade e ganhos de produtividade drásticos, com consequente redução de custos. Esta metodologia foi, originalmente, desenvolvida pela Motorola e, depois, aperfeiçoada por diversas outras empresas que também a adotaram, tal como General Electric, Allied Signal, Citicorp, etc. (MORAES, 2018).

Ainda, em relação à divisão das etapas da metodologia Seis Sigma, Ramos (2018) afirma que: “[...] está dividida em cinco etapas básicas: definição, medição, análise, melhoria e controle. Cada uma destas tem uma função bem específica, conforme apresentado a seguir.” O Quadro 1 apresenta um resumo das fases da metodologia DMAIC do programa Seis Sigma.

Quadro 1 - Comparativo de ensaios não destrutivos

<b>Etapa</b>	<b>Finalidade</b>
Definição	Seleção do projeto a ser desenvolvido pela equipe e definição de seu líder ( <i>belt</i> ). Levantamento das necessidades e expectativas do cliente.
Medição	Mapear o processo que tem impacto direto na característica crítica de qualidade (CTQ) do cliente e determinar a sua capacidade de gerar produtos que a atendam (capabilidade).
Análise	Determinar as principais fontes de variação do processo (materiais, mão de obra, métodos, máquinas, etc.), mediante o uso de técnicas estatísticas para analisar dados do processo.
Melhoria	Eliminar (ou reduzir) as principais fontes de variação, obtendo um processo com menor variabilidade, mais produtivo e simples que o anterior, com maior capabilidade.
Controle	Monitorar o desempenho do processo, de forma a assegurar que os ganhos de qualidade e produtividade obtidos se perpetuem ao longo do tempo.

Fonte: Ramos (2018).

Em relação ao programa Seis Sigma e aos conceitos de outras metodologias

incorporados para a melhoria da qualidade, Ramos (2018) cita alguns daqueles incorporados a esse programa:

[...] gerenciamento de processos, controle estatístico de processo (CEP), manufatura enxuta, simulação, benchmarking e delineamento de experimentos. Conseqüentemente, emprega os conhecimentos do campo da Engenharia de Produção em larga escala (Ramos, 2018).

A criação do conceito Sigma a partir da década de 80 descreveu uma forma de desenvolver uma métrica universal de qualidade para mensurar a capacidade do processo independente de sua complexidade (HARRY; SCHROEDER, 2000).

A maioria das melhores empresas apresenta níveis abaixo de 4 (quatro) Sigma, o que representa uma probabilidade de falhas de 4,54% nos produtos que fabrica, ao passo que o nível de 6 (seis) Sigma reduz tais falhas a uma probabilidade de 0,27%. Em outras palavras, quando a metodologia DMAIC é aplicada para reduzir a variabilidade intrínseca dos processos, aumenta-se a confiança em atingir o desempenho da qualidade de classe mundial em tudo que se produz ou se processa.

A capacidade do processo ( $C_p$ ) pode ser medida em função do LSE (limite superior de especificação), do LIE (limite inferior de especificação), da média e do desvio padrão ( $\sigma$ ). O Quadro 2 apresenta o conteúdo sobre a capacidade do processo.

**Quadro 2 - Capacidade do processo.**

#### **Cálculo da Capacidade de Processo**

A Capacidade de Processo é definida a partir das especificações e variabilidade. Considera-se a amplitude “natural do processo” (ver Capítulo 1), correspondendo a seis desvios padrão –  $6\sigma$ .

$$C_p = \frac{\text{Amplitude de Especificação}}{\text{Amplitude do Processo}} = \frac{LSE - LIE}{(\bar{x} + 3\sigma) - (\bar{x} - 3\sigma)} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

LIE – Limite Inferior de Especificação  
LSE – Limite Superior de Especificação  
 $\sigma$  – Desvio Padrão

Atenção:

- $C_p < 1$  → *Capacidade do Processo inadequada.*
- $1 \leq C_p \leq 1,33$  → *Capacidade do Processo na diferença entre as especificações.*
- $C_p > 1,33$  → *Capacidade do Processo na diferença entre as especificações.*

**Autor: Adaptado de Rodrigues (2006).**

É possível visualizar pelo Quadro 2 que, se a capacidade do processo for maior que 1,33, a execução do processo está adequada.

### 2.3 METODOLOGIA DMAIC

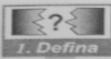
Os gestores das empresas acompanham com grande atenção os níveis de confiabilidade na produção de determinado item nas empresas, o que se reflete diretamente no faturamento global da empresa. Scatolin (2005) afirma que a correta aplicação da metodologia DMAIC gera retorno várias vezes maior do que os investimentos necessários para sua implementação.

Bisgaard e Freiesleben (2001) afirmam que grande parte do sucesso desta metodologia está baseada na redução de custos e melhoria da produtividade por meio do levantamento e controle de defeitos e maior estabilidade do sistema produtivo.

Sanders e Hild (2001) mencionam que o DMAIC considera o fato de que a variação na qualidade dos produtos e no desempenho dos processos exerce influência nos tempos e nos custos de fabricação, interferindo de forma direta na satisfação dos clientes.

As fases do DMAIC são divididas em cinco etapas que foram abordadas nas cinco subseções a seguir. O Quadro 3 mostra uma visão geral da sequência das atividades executadas na metodologia DMAIC de melhoria de processo e projeto/reprojeto do processo.

#### **Quadro 3 - Visão geral da sequência do**

Processos de Melhoria Seis Sigma		
	Melhoria de Processo	Projeto/Reprojeto de Processo
 <b>1. Defina</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identifique o problema</li> <li>✓ Defina requisitos</li> <li>✓ Estabeleça meta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identifique problemas específicos ou amplos</li> <li>✓ Defina objetivo/Mude a visão</li> <li>✓ Esclareça o escopo e as exigências do cliente</li> </ul>
 <b>2. Meça</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Valide problema/processo</li> <li>✓ Redefina problema/objetivo</li> <li>✓ Meça passos-chave/entradas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Meça desempenho em relação às exigências</li> <li>✓ Colete dados sobre eficiência do processo</li> </ul>
 <b>3. Analise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desenvolva hipóteses causais</li> <li>✓ Identifique causas-raiz "poucas e vitais"</li> <li>✓ Valide hipóteses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identifique "melhores práticas"</li> <li>✓ Avalie projeto do processo <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Com/sem valor agregado</li> <li>◆ Gargalo de processo/desconexões</li> <li>◆ Caminhos alternativos</li> </ul> </li> <li>✓ Redefina exigências</li> </ul>
 <b>4. Melhore</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desenvolva idéias para remover causas-raiz</li> <li>✓ Teste soluções</li> <li>✓ Padronize solução/meça resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Projete novo processo <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Desafie suposições</li> <li>◆ Aplique criatividade</li> <li>◆ Princípios de fluxo de trabalho</li> </ul> </li> <li>✓ Implemente novos processos</li> </ul>
 <b>5. Controle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estabeleça medidas-padrão para manter desempenho</li> <li>✓ Corrija problema quando necessário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estabeleça medidas e revisões para manter desempenho</li> <li>✓ Corrija problema quando necessário</li> </ul>

DMAIC

Fonte: PANDE; NEUMAN; CAVANAGH (2001, p. 41).

De acordo com Dambhare *et al* (2013) o Seis Sigma é uma das metodologias populares usadas pelas empresas para melhorar a qualidade e produtividade. É aplicada uma detalhada análise do processo para determinar as causas do problema e propõe um melhoramento bem sucedido.

### 2.3.1 Fase Definir

A equipe do projeto deve trabalhar na aplicação da metodologia DMAIC depois de realizadas as fases anteriores do Projeto Seis Sigma e, estabelecida a distribuição de responsabilidades entre os participantes, um processo de entendimento em relação ao problema deverá ser discutido até sua perfeita compreensão por todos os envolvidos no projeto de melhoria. Segundo Santos (2014, p. 28) todos os envolvidos deverão estar completamente a par do significado e dos conceitos do DMAIC.

As metas a serem atingidas deverão estar bem definidas, além do cronograma para que sejam estabelecidos os prazos para desenvolvimento dos trabalhos.

### 2.3.2 Fase Medir

Em relação à fase Medir, Santos (2014, p. 29) afirma que “o objetivo desta fase é estabelecer técnicas para coleta de dados sobre o desempenho atual do setor em análise.”

Os dados coletados devem ser relevantes para a melhoria do processo e, por consequência, trazer informações que realcem as oportunidades de melhorias. É possível que novas variáveis sejam percebidas no decorrer do processo e necessitem de ser inseridas no processo de coleta e tratamento dos dados, para que seja possível o entendimento dos problemas existentes no processo.

Nesta etapa, a coleta de dados é essencial para validar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, objetivando a definição de prioridades e a tomada de decisões sobre os critérios que são necessários (SANTOS, 2014, p. 29 apud LIN et al., 2013).

### **2.3.3 Fase Analisar**

Santos (2014, p. 29) afirma que na fase Analisar os dados levantados devem passar por um processamento para serem transformados em informações valiosas para a análise de todo o processo do setor em análise.

As informações processadas serão utilizadas para identificar os problemas existentes.

LIN et al. (2013) citam que nesta etapa é realizada a identificação das variáveis que afetam o processo, sendo necessário encontrar as causas do problema para que se aprofundar nos detalhes, identificando as suas atividades críticas.

### **2.3.4 Fase Melhorar**

Santos (2014, p. 30) afirma que a equipe precisa realizar ações que permitam corrigir tais problemas introduzindo, assim, as melhorias desejadas, após finalizada a análise das informações e identificados os problemas.

Os fatores que são relevantes no desempenho do processo são os geradores de ideias sobre como introduzir as melhorias.

Os projetos pilotos podem se fazer necessários para, depois, os procedimentos de melhorias possam ser implementados, e tais procedimentos serem validados e colocados em prática.

### 2.3.5 Fase Controlar

Não existem processos que sigam sempre mesma rotina e, como consequência, apresentam variações que afetam seus resultados finais. Santos (2014, p. 30) cita que objetivo da fase controlar é institucionalizar as melhorias e monitorar o desempenho dos procedimentos novos posteriormente à implantação das melhorias, corrigindo sempre que necessário e, assim, garantindo a menor variação possível dos resultados.

Ainda, Santos (2014, p. 30) assevera que “a sustentabilidade da melhoria introduzida precisa de um sistema de controle para mantê-la dentro de intervalo de tolerância do processo.”

Em relação à fase Controlar, Matos (2003) afirma que:

[...] são confirmadas a implantação da melhoria, a resolução do problema, a validação dos benefícios alcançados, as alterações necessárias aos procedimentos e às instruções de trabalho, a implementação de ferramentas de controle e, por fim, a auditoria do processo e o monitoramento do desempenho (MATOS, 2003).

Para esta etapa, recomenda-se a utilização de CEP, histograma, técnicas de coleta de dados (SATOLO *et al.*, 2009).

### **3 DESENVOLVIMENTO**

Este Capítulo se destina a apresentar as melhorias realizadas por conta da aplicação da metodologia Seis Sigma por meio da metodologia DMAIC. Sobre isto, Rodrigues (2006) afirma que:

A metodologia Seis Sigma trata a qualidade de forma sistêmica, considerando toda, ações internas, externas e setores de uma organização, e não somente as não conformidades de processos isolados. O Projeto Seis Sigma, através do DMAIC, é o instrumento utilizado por esta metodologia, para fazer ajustes de margens de aceitação inadequadas (LIE e LSE) com a devida aprovação e participação do cliente, remover instabilidade dos fornecedores do processo anterior e modificar processos com insuficiência de capacidade. O fruto desta metodologia é uma melhoria acelerada na qualidade percebida pelo cliente (RODRIGUES, 2006, p. 21).

Antes da aplicação da metodologia Seis Sigma, o processo de embalagem da indústria metalúrgica e siderúrgica citada neste trabalho era realizado de forma sem um padrão pré-determinado, o que tornava tal processo mais dispendioso que o necessário.

#### **3.1. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Nesta subseção foram apresentadas as melhorias provenientes da aplicação das ferramentas da metodologia Seis Sigma no processo de embalagem.

##### **3.1.1 Escopo do Projeto**

O projeto tem por objetivo realizar a reestruturação da sistemática de reserva, compra e estocagem de materiais, e controle dos materiais lançados no centro de custo do setor de embalagem de uma indústria metalúrgica e siderúrgica da região do Vale do Paraíba.

O local onde serão estocados os materiais e o colaborador responsável pelo controle dos materiais. O projeto será difundido para os envolvidos, a fim de que as atividades listadas sejam cumpridas, e a sistemática de gestão e controle dos

custos seja implantada, a fim de diminuir os gastos com materiais de embalagem.

### **3.1.2 Análise antes da implantação do projeto**

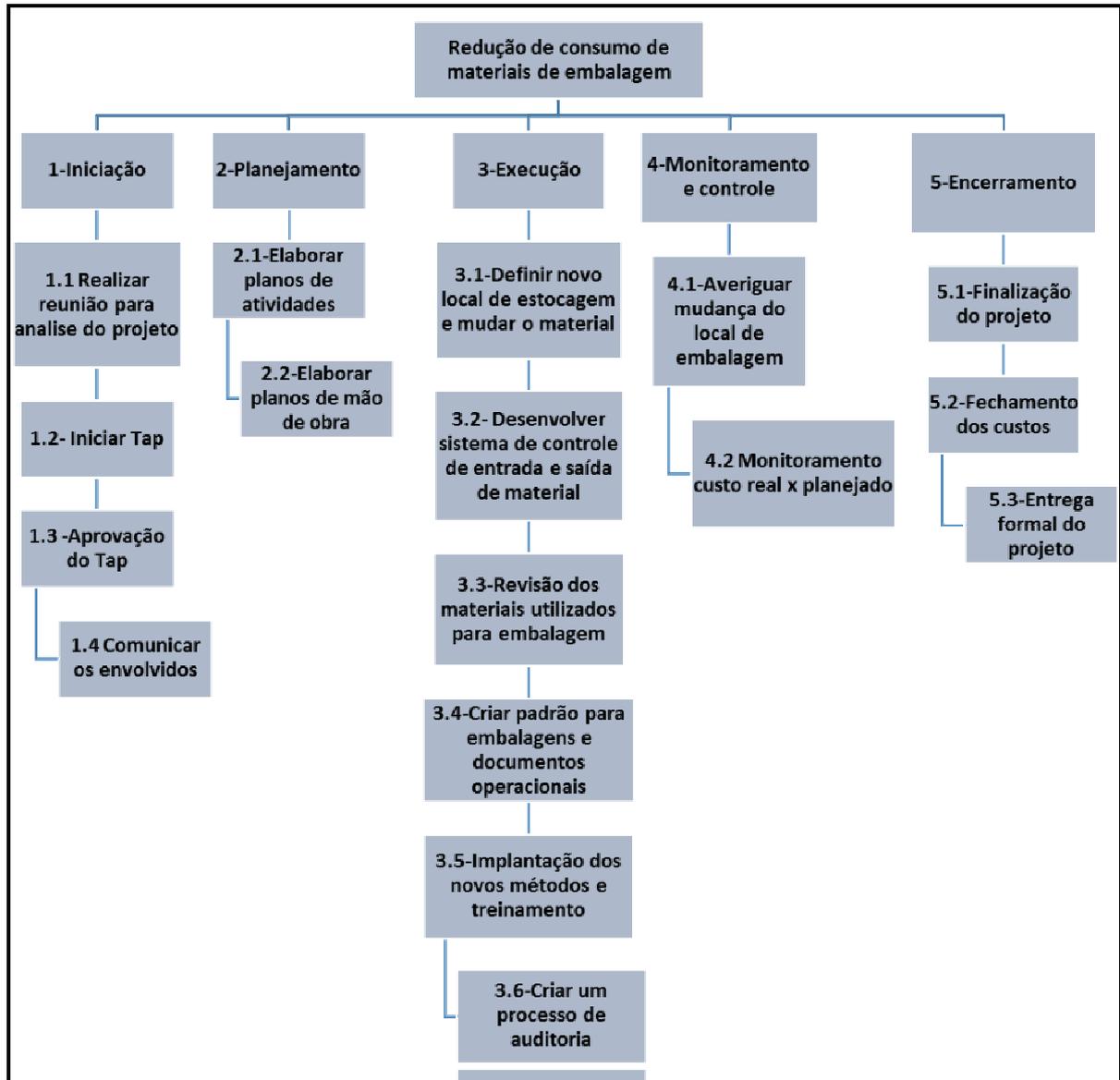
Alguns pontos nos quais foram verificadas a possibilidade de melhoria foram levantados:

- a. Alterar o local da área de estocagem do setor de embalagem foi considerada de extrema importância;
- b. Realizar o treinamento de colaboradores para fazer o uso do controle de custos e estoque de materiais;
- c. Realizar uma ação para a definição do local para armazenamento e mão-de-obra para que seja pintado o local, demarcado a localização de cada material a ser estocado e a alocação do material que está na nova área de armazenamento;
- d. Realizar o treinamento para os colaboradores responsáveis pelo ferramental a ser utilizado;
- e. Definir a melhor maneira de estocagem e os estoques mínimo e máximo para gerar um novo pedido de material;
- f. Documentar e catalogar as modificações realizadas nos materiais que passaram pelo setor de embalagens.

### **3.1.3 Estrutura analítica do Projeto**

A EAP (Estrutura Analítica de Projeto) ou WBS (Work Breakdown Structure) define a decomposição das etapas de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento das ações previamente descritas, para alinhar o entendimento do projeto e integrar todas as áreas envolvidas. O Quadro 4 apresenta a EAP inicial do projeto.

Quadro 4 - EAP inicial do Projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

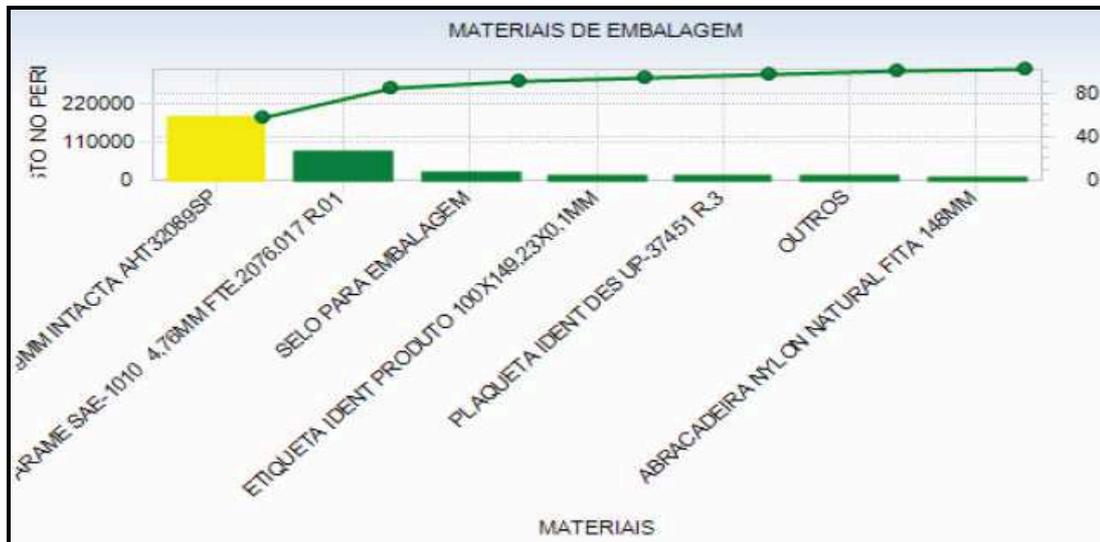
Na fase Definir do DMAIC, foi realizada a reunião inicial para a apresentação do projeto, assinatura do Termo de Aprovação de Projeto (TAP) e a difusão do projeto de melhoria do processo de embalagem dos materiais fabricados, com a finalidade de redução de consumo dos materiais de embalagem. Ainda, nesta fase, foram elaborados os planos de atividades e os planos de mão-de-obra, ou seja, definidos os responsáveis pela execução das atividades.

O problema inicial identificado pela equipe de embalagem foi o custo elevado dos insumos para embalagem. As causas detectadas para esse problema foram:

- a. Custo elevado para a realização das embalagens;
- b. Falta de padronização das embalagens;
- c. Falta de controle dos produtos a embalar e a serem embalados;
- d. Moral baixa da equipe devido aos resultados ruins em relação ao custo das embalagens em relação à tonelada de material embalado.

Os materiais de embalagem são as fitas metálicas, as etiquetas adesivas, selos para embalagem, arames e abraçadeiras de nylon. A maior quantidade de material de embalagem se deve à fita de aço de 0,89 mm e a menor quantidade à abraçadeira de nylon de 148 mm. O Gráfico 4 mostra o diagrama de Pareto referente à distribuição dos materiais gastos em embalagem.

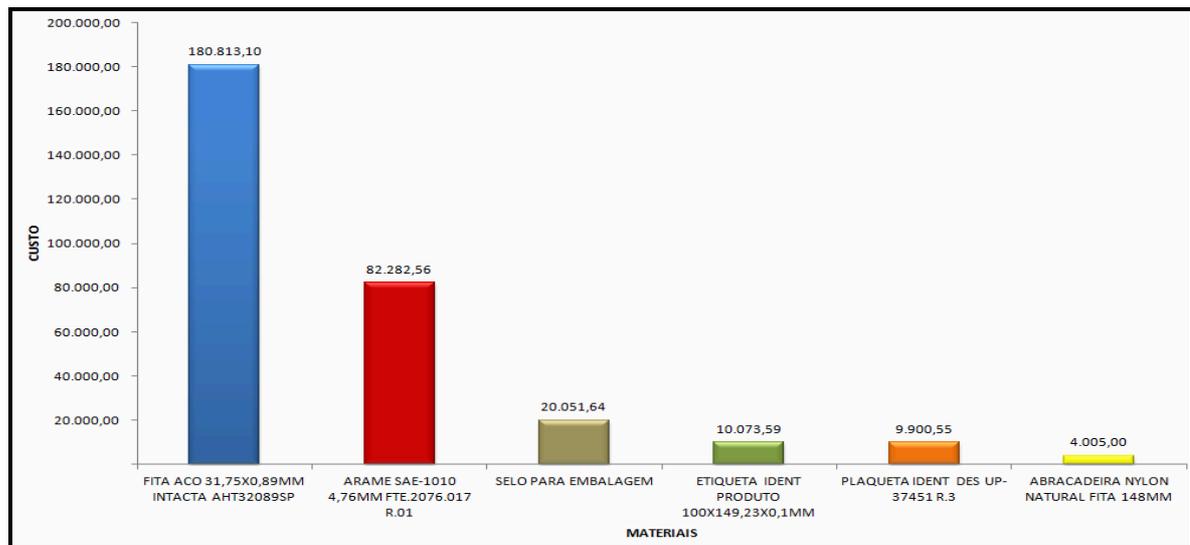
**Gráfico 4 - Materiais de embalagem**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2017).**

A Figura 4 mostra os custos em reais com material para embalagem no período de março a outubro de 2016, antes a implantação do projeto.

**Figura 4 - Custo de materiais de embalagem no período de março a outubro de 2016.**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2016).**

Na fase Medir, foi alterado o local de armazenagem do material e implantado um sistema para entrada e saída do material a ser embalado e já embalado, respectivamente; uma revisão do material necessário para a embalagem e a posterior criação de um padrão de material necessário para a embalagem; foram, ainda, realizados treinamentos para o novo método de trabalho e criada uma equipe de auditoria para realizar as medições em relação ao material de embalagem consumido e à quantidade de embalagens realizadas pela equipe.

Na fase Analisar, a equipe de auditoria realizou o monitoramento da evolução do custo real em relação ao custo planejado para a embalagem do material.

Na fase Melhorar foi analisado o layout do novo local de armazenamento dos produtos a ser embalado e os produtos já embalados.

As plaquetas de identificação de metal foram substituídas por etiquetas adesivas, o que proporcionou uma diminuição do custo em relação a este item. A Tabela 2 apresenta a quantidade mínima de fitas por tonelada em relação ao metro linear das barras para o mercado consumidor interno e externo antes da implantação do projeto.

Tabela 2 - Quantidade mínima de fitas por lote antes da implantação do projeto.

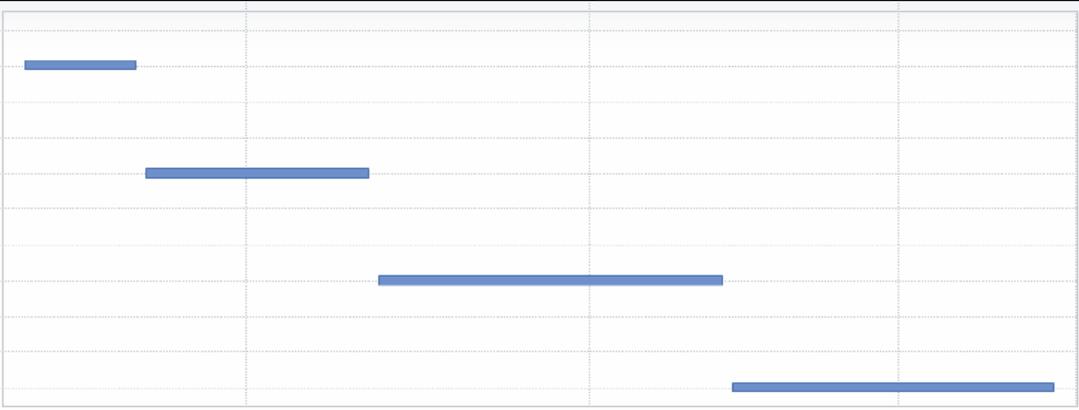
COMPRIMENTO (MM)		NÚMERO DE FITAS	
ACIMA DE:	ATÉ:	MERCADO INTERNO	MERCADO EXTERNO
1500	3000	4	5*
3000	5000	5	7
5000	7000	5	7
7000	8000	5	7
8000	10000	6	8
ACIMA DE 10000		7	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na fase Controlar, foi realizado o trabalho de manter o padrão para embalagem dos produtos, a partir da implantação do projeto, de acordo com a Tabela 3 (p. 37).

A execução do projeto foi precedida da elaboração de um cronograma, no qual foi definido o período de oito meses, de dezembro de 2017 a julho de 2018, para a implantação do projeto, sua aplicação e a finalização com o atingimento da meta de redução do custo de materiais de embalagem. O Quadro 5 mostra as quatro primeiras fases do DMAIC a serem cumpridas no cronograma proposto para a realização do projeto.

Quadro 5 - Cronograma de atividades previstas para o projeto.

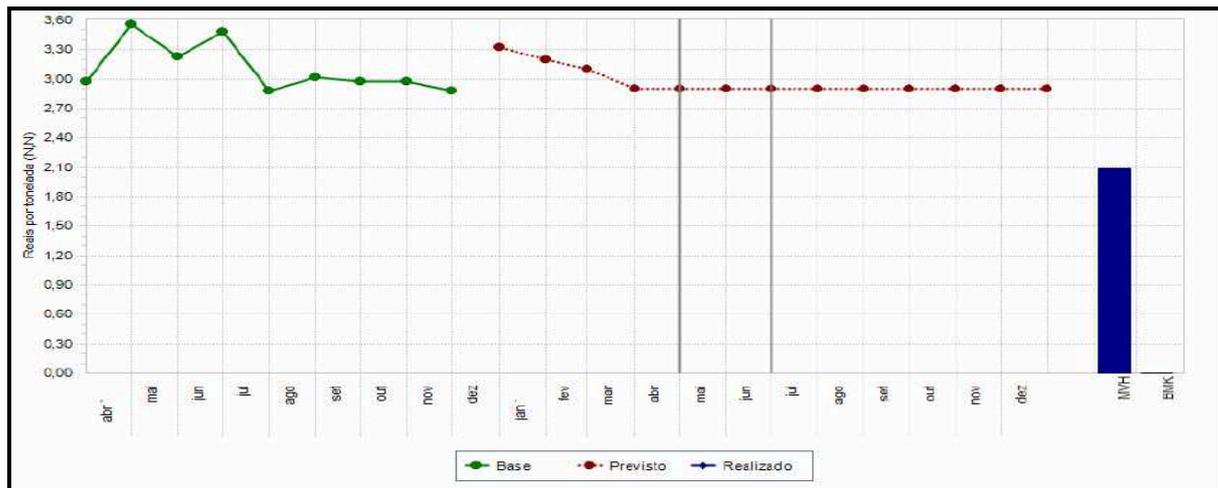
ATIVIDADE	DEZEMBRO/2017	JANEIRO/2018	FEV/2018	MAR/2018
DEFINIR				
MEDIR				
ANALISAR				
MELHORAR				

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Inicialmente, o custo médio para embalagem de produto por tonelada de produto embalado era de R\$ 3,12. A meta estipulada após a implantação de execução do projeto, no período de 12 meses foi de R\$ 2,90, o que representa um

percentual de economia de 7,05%. O Quadro 6 ilustra a variação do custo de embalagem em função do tempo, nos anos de 2017 (histórico em função do tempo representado pela linha verde) e 2018 (meta definida em função do tempo e representada na linha vermelha).

**Quadro 6 - Custo de embalagem.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A redução projetada para redução do custo anual variável com embalagem dos produtos com a implantação do projeto foi de R\$ 33.474,88. A Tabela 3 mostra esta projeção para o período de março a outubro de 2017.

**Tabela 3 - Redução de custo anual projetado.**

Período base	De:	Mar/2017	A:	Out/2017
Período verif.	De:	Mês/Ano	A:	Mês/Ano
Área	Selecionar			
Tipo de custo	Materiais de embalagem			
Custo base (R\$/t)	3,12			
Custo referência (R\$/t)	2,90			
Produção ref. (t/mês)	12.680			
Ganho (R\$/ano)	R\$ 33.474,88			

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da implantação e execução do projeto de redução de custos de embalagem se reverteram em benefícios para os clientes, para a empresa e para a equipe de embalagem de produtos.

A empresa se beneficiou com a redução do custo de material para embalagem e a padronização da embalagem em relação às outras unidades da empresa, enquanto os clientes se beneficiaram com a menor quantidade de tipos de embalagem. A equipe de embalagem se beneficiou com a evolução do software para controle do material, com a maior integração entre áreas produtivas e áreas de apoio e houve um aumento da prática de replicação do software de análise de dados, o qual se destina à metodologia Seis Sigma.

O valor projetado de R\$ 2,90 por tonelada de embalagem de produtos superado em sete meses, ou seja, em junho de 2018, pelo valor de R\$ 2,35 por tonelada de embalagem de produtos metalúrgicos, o que corresponde a uma redução de 24,68%. O Gráfico 5 apresenta o resultado da implementação no período de dezembro de 2017 a junho de 2018.

**Gráfico 5 - Resultado da implementação do projeto.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A padronização quantidade de fitas utilizadas após a implantação do projeto se refletiu diretamente na economia de material para embalagem e na diminuição do custo com essa atividade. A Tabela 4 apresenta a padronização para a quantidade

de fitas por lote após a implantação do projeto, no qual passou a se considerar o comprimento e o peso das barras metálicas.

**Tabela 4 - Quantidade mínima de fitas por lote depois da implantação do projeto.**

COMPRIMENTO (mm)		Peso do		NÚMERO DE FITAS
ACIMA DE:	ATÉ:	De (Kg)	Até (Kg)	
1500	5000	0	2000	5
		2001	3000	
		3001	4700	
5000	8000	0	2000	5
		2001	3000	
		3001	4700	
8001	9500	0	2000	5
		2001	3000	6
		3001	4700	
ACIMA DE 9500		0	2000	6
		2001	3000	7
		3001	4700	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Pode-se visualizar que a quantidade das faixas de metragem linear era pequena antes da implantação do projeto, o que pode ser visto na Tabela 2 (p. 36), o que encarecia a embalagem dos produtos.

A análise da implantação do referido projeto apontou para a eficiência da aplicação da metodologia Seis Sigma, por meio da metodologia DMAIC.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BISGAARD, S; FREIESLEBEN, J. **Economics of Six Sigma**. Quality Engineering. Monticello. New York: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.325-331. 2000-01.
- DAMBHARE, SUNIL **Productivity Improvement of a Special Purpose Machine Using DMAIC Principles: A Case Study** Journal of Quality and Reliability Engineering, 2013.
- HARRY, M. E SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. New York: 2000.
- LIN, C. *et al.* **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology**. Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.
- MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2003.
- MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- 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**. Tradução de Bazán Tecnologia e Linguística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 442 p.
- RAMOS, Alberto Wunderler. **Metodologia Seis Sigma**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.vanzolini.org.br/download/Metodologia%20Seis%20Sigma.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2018.
- RODRIGUES, M. V. C. **Entendendo, Aprendendo, Desenvolvendo Qualidade Padrão Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006. 112 p.
- RONTODARO, R. G (Coord.). **Seis Sigma: estratégia para a melhoria de processos, produtos e serviços**. 1. ed. 4. reimpr. São Paulo: Atlas, 2006. 375 p.
- SANDERS, D.; HILD, C. R. **Common myths About Six Sigma**. Quality Engineering. Monticello. N.Y.: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.269-276, 2000-01.
- SANTOS, Ivar Alves dos. **DMAIC aplicado à utilização racional de ferramentas para o setor de usinagem em indústria de grande porte**. 2014. 104f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante de Engenharia Mecânica). Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté, São Paulo.
- SATOLO, E. G. *et al.* **Análise da utilização de técnicas e ferramentas no programa Seis Sigma a partir de um levantamento tipo survey**. Produção, v.19, n.2, p.400-416, 2009.
- SCATOLIN, A. C. **Aplicação da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura**. São Paulo: [s.n.], 2005.