

UNESP

**Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá**

FELIPE CARDOSO CAVALCANTE

**LEAN SIX SIGMA APLICADO A UMA
EMPRESA DO SETOR DE EMBALAGENS**

Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

Guaratinguetá

2011

FELIPE CARDOSO CAVALCANTE

LEAN SIX SIGMA APLICADO A UMA EMPRESA DO SETOR DE
EMBALAGENS

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

Guaratinguetá

2011

C376l	Cavalcante, Felipe Cardoso Lean Six sigma aplicado a uma empresa do setor de embalagens /
	Felipe Cardoso Cavalcante – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 73 f : il.
	Bibliografia: f. 72-73
	Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva
	1. Controle de qualidade I. Título CDU 658.56



UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Guaratinguetá

LEAN SIX SIGMA APLICADO A UMA EMPRESA DO SETOR DE
EMBALAGENS

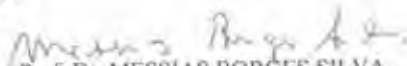
FELIPE CARDOSO CAVALCANTE

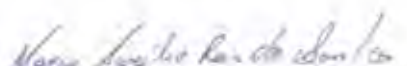
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MAURO HUGO MATHIAS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MESSIAS BORGES SILVA
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Msc. MARCO AURÉLIO REIS DOS SANTOS
UNESP-FEG


Prof. Msc. RICARDO BATISTA PENTEADO
UNESP-FEG

Guaratinguetá / SP
Dezembro de 2011

*À minha família que sempre esteve ao meu lado e aos
grandes amigos Diego Massakatsu Ueta e Thiago Ferraz que,
sem eles, este trabalho não seria possível.*

Agradecimentos

Agradeço meu pai Claudio, por ser companheiro, passar seus ensinamentos de forma sábia e por nunca deixar de estar ao meu lado.

À minha mãe Roselaine, por ser tão atenciosa, amiga e por amparar-me em momentos difíceis.

À minha irmã Thais, por ouvir e entender meus dias difíceis e compartilhar segredos.

À minha namorada Paula, por ser tão compreensiva, dedicada e acreditar no meu potencial.

Aos meus colegas de república e amigos por me acompanharem em momentos difíceis, por dividir grandes momentos e por serem pessoas incríveis que poderei contar por toda minha vida.

Epígrafe

“Nós somos aquilo que fazemos repetidamente. Excelência,
então, não é um modo de agir, mas um hábito.”

Aristóteles

CAVALCANTE, F. C., “**Lean Six Sigma**”. 2011.Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011

RESUMO

Com o advento da economia globalizada, o *Lean Six Sigma* supre a demanda de novos processos produtivos sem qualquer desperdício e criando produtos dentro da especificação do cliente. O objetivo deste trabalho é a utilização dos conceitos *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* paralelos para a minimização de custos, aumento da carteira de clientes, diminuição de tempo de entrega que implica no aumento da rotatividade dos produtos nas gôndolas em uma empresa de embalagem.

Utilizou-se o método DMAIC para prosseguir com o trabalho, através do mesmo indicaram-se os principais modos de falhas que foram corrigidos na etapa Melhorar. Nesta etapa as ferramentas do *Lean Manufacturing* ganham enorme valor otimizando os processos com defeitos.

As conclusões envolvem um aumento no faturamento mensal, uma reestruturação empresarial e, por fim, uma renovação no modo de conduzir o trabalho da gerência.

PALAVRAS-CHAVE: Lean Manufacturing, Six Sigma, Lean Six Sigma, Rotatividade.

CAVALCANTE, F. C., **Lean Six Sigma**. 2011. Monograph (Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

With the advent of a global economy, Lean Six Sigma meets the demand of new production process that creates products within the customer's specification without any wastage. The objectives of this work is to use the concepts Lean Manufacturing and Six Sigma parallel to minimize costs, increase the customer base, reduce the delivery time which implies an increase in the turnover of products on the shelves in a packaging company.

We used the DMAIC method to continue working. The method DMAIC indicated the main failure modes that were fixed in the step improve. At this stage the tools of Lean Manufacturing gain tremendous value by optimizing processes with defects.

The conclusion involves an increase in monthly billing, a corporate restructuring and, finally, a renewal in how to conduct the work of management.

KEY WORDS: Lean Manufacturing, Six Sigma, Lean Six Sigma, Turnover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Seqüência de projeto e obtenção de conhecimento teórico	18
Figura 2: A Metodologia da mudança através do DMAIC	21
Figura 3: Histograma e a construção de uma curva normal	22
Figura 4: Curva normal e seus limites dados pela voz do cliente	23
Figura 5: Modelo de mapa de fluxo de valor de uma empresa	26
Figura 6: Saco para presente de TNT	27
Figura 7: Saco para presente de Juta	27
Figura 8: Saco para presente de Organza	28
Figura 9: Laço fácil.....	28
Figura 10: Saco para presente de BOPP	28
Figura 11: Exemplo de diagrama de Pareto	31
Figura 12: Exemplo de histograma.....	32
Figura 13: Exemplo de Curva Normal ou de Gauss.....	33
Figura 14: Diagrama de Causa e Efeito.....	35
Figura 15: Fluxograma	36
Figura 16: Gráfico Pareto das médias de atraso por produto dentro da família TNT ...	41
Figura 17: Gráfico Pareto do impacto financeiro por produto dentro da família TNT .	42
Figura 18: Gráfico de Tendência do atraso de entrega do saco de TNT	43
Figura 19: Gráfico Sumário com estatística básica referente ao processo de entrega do saco de TNT, 2009 a 2011.....	44
Figura 20: Capabilidade do processo de entrega do saco de TNT, 2009 a 2011.	45
Figura 21: Pareto do número de pedidos de saco de TNT de 2009 a 2011.....	47
Figura 22: Capacidade do processo de entregas de saco de TNT em 2011.	48
Figura 23: Fluxograma do processo fabril completo do saco de TNT em 2011.....	49

Figura 24: Mapa da Cadeia de Valor para o processo fabril completo do saco de TNT em 2011.	50
Figura 25: Diagrama de Ishikawa para o efeito do Atraso na Entrega de Sacos de TNT.	52
Figura 26: Gráfico Pareto da Matriz Causa e Efeito.	54
Figura 27: Gráfico Pareto da Análise de Modos e Efeitos de Falhas.	56
Figura 28: Gráfico de estipulação de metas	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Manufatura Tradicional versus Manufatura Enxuta.....	24
Tabela 2: Teste de Hipótese	33
Tabela 3: : Reclamações dos Funcionários da área de TNT.	39
Tabela 4: Análise de oportunidades de melhoras da empresa Classe com Classe	40
Tabela 5: Principais reclamações do clientes.	40
Tabela 6: Defeito ou Problemas a Reduzir no processo de entregas de sacos de TNT.	46
Tabela 7: SIPOC do processo de sacos de TNT.....	51
Tabela 8: Matriz Causa e Efeito do processo de sacos de TNT.	53
Tabela 9: FMEA- Análise de Modos e Efeitos de Falha do processo de sacos de TNT.	55
Tabela 10: Situação do estoque no início do trabalho	62
Tabela 11: Situação do estoque no início do trabalho 2.....	63
Tabela 12: Situação do estoque no início do trabalho 3.....	64
Tabela 13: Situação do estoque no início do trabalho 4.....	65
Tabela 14: Ficha para rotular e organizar o estoque.	66
Tabela 15: Ficha de auditoria 5S.	67
Tabela 16: Cronograma de Produção.	68
Tabela 17: Faturamento Mensal da Família de TNT.	70

Lista de Abreviaturas e Siglas

VOC: Voz do cliente

VOP: Voz do processo

DMAIC: Definir (Define)- Medir (Measure)- Analisar (Analyze)- Melhorar (Improve)- Controlar (Control)

GE: General Motors

CPU: Capacidade potencial superior

CPL: Capacidade potencial inferior

LSE: Limite Superior de Especificação

LIE: Limite Inferior de Especificação

Xbb: Média das médias experimentais

FMEA: Análise dos Modos e Efeitos de Falhas

BOPP: Biorientado axialmente polipropileno

TNT: Tecido- não- tecido, feito de polipropileno.

DPMO: Defeitos por milhões de oportunidades

PPM: Partes por milhão

SIPOC: Fornecedores (Suppliers)- Entradas (Inputs)- Processo (Process)- Saídas (Outputs)- Clientes (Costumers)

VSM: Value Stream Mapping- Mapa de Fluxo de Valor

ERP: Enterprise Resources Planning- Planejamento de Recursos Empresariais

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo	17
1.1.1 Objetivo Específico	17
1.2 Justificativa	17
1.3 Método.....	18
1.4 Software de trabalho	19
1.5 Estrutura do Trabalho	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 Six Sigma.....	21
2.2 Six Sigma, seu histórico	22
2.3 Lean Manufacturing/ Manufatura Enxuta	23
2.4 Motivação: Manufatura enxuta e Seis sigmas trabalhando juntos.	26
3 VISÃO GERAL PRÉVIA DA EMPRESA.....	27
4 FERRAMENTAS PARA EXECUÇÃO DE UM PROJETO LEAN SIX SIGMA.....	30
4.1 Entrevistas e Brainstorm.....	30
4.2 Diagrama de Pareto	30
4.3 Gráfico de Tendência.....	31
4.2 Histograma	31
4.3 Distribuição Normal	32
4.4 Capabilidade (Cpk).....	34
4.5 Diagrama de Causa e Efeito	34
4.6 Matriz Causa e Efeito	35
4.7 Fluxograma do Processo.....	36
4.8 FMEA- Análise de Modos e Efeitos de Falha.....	37

5 DESENVOLVIMENTO- ESTUDO DE CASO	38
5.1 Definir.....	38
5.1.1 Descrição do Problema	38
5.1.2 Dados Históricos dos Pedidos	41
5.1.3 Capacidade do Processo	43
5.1.4 Direcionamento do projeto.....	45
5.1.5 Meta e Resultado Financeiro.....	46
5.2 Medir	46
5.2.1 Plano de Medição	46
5.2.2 Utilização das Ferramentas de Medição.....	48
5.3 Analisar.....	56
5.3.1 Plano de Análise.....	56
5.3.2 Síntese das informações apresentadas no Medir.	57
5.3.3 Análise das Potenciais Causas Raízes.....	58
5.3.4 Quantificar as Oportunidades de Melhorias.....	58
5.4. Melhorar	61
5.5 Controlar	68
6 IMPACTOS FINANCEIROS A PARTIR DA APLICAÇÃO DO DMAIC	70
7 CONCLUSÃO.....	71
8 REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

O mundo, atualmente, se enquadra num contexto altamente competitivo e a busca por qualidade, característica inerente do ser humano, é maior do que nunca. Portanto empresas, de modo geral, buscam por processos que atendem as especificações de seus clientes ou nicho de mercado. O nascimento da metodologia Six Sigma, segundo Yang e El-Haik (2008) em seu livro “Projeto para Seis Sigmas”, provê aos negócios as ferramentas para melhorar a capacidade de seus processos. Para o Seis Sigma, um processo é unidade básica para melhoria, sendo ele de produto ou serviço para cliente externos ou internos (áreas internas da própria empresa).

O intuito do Seis Sigma é aumentar o desempenho e diminuir a variação nos processos, os enquadrando em limites de especificações precisos e propostos pelos clientes das empresas através de uma pesquisa de satisfação, o que levará, por Yang e El-Haik (2008) à redução de defeitos e melhoria nos lucros, à moral dos funcionários e à qualidade do produto e, conseqüentemente, à excelência no negócio.

O Seis Sigma não somente se aplica a qualidade do produto como também a todos os aspectos de condução do negócio. Serviços ou produção são ambientes de utilização da metodologia que viabiliza segundo Yang e El-Haik (2008) sistemas bem projetados, altamente confiáveis e consistentes, até mesmo de cobrança de clientes, de controle de custos e de gestão de projetos.

Medição e estatística são ferramentas extremamente importantes para a metodologia Six Sigma. Seu nome é proveniente da terminologia estatística; Sigma (σ) que significa desvio padrão. Dada a distribuição normal, a probabilidade de um dado estar 4,5 Sigma distante da média de um só lado é de 3,4 partes por milhão e, este dado representa o nível 6σ , ou seja, um grau extremamente alto de precisão e baixa variabilidade do processo produtivo.

É um abrangente esforço de mudança cultural e proporciona a criação de novas sequências organizacionais, bordando a sequencia: cliente/processos/medições.

A forma de execução do Six Sigma se dá através do DMAIC (Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar) que divide em etapas menores a metodologia, criando uma estrutura cronológica de execução das tarefas desde a identificação do processo crítico até a resolução do mesmo.

O DMAIC se extratifica em:

- Definir: Declarar o problema conforme desagrado do cliente;
- Medir: Verificar e desenvolver estatisticamente o desempenho do processo atual;
- Analisar: Correlacionar as entradas(X) com as saídas(Y) estatisticamente;
- Melhorar: Experimentar sistematicamente com as entradas para achar a combinação que dá a saída ótima e
- Controlar: Utilizar recursos estatísticos para fixar as entradas para rotineiramente gerar a saída ótima.

Segundo Buchaim e Neto¹ acredita-se que a letra “R” deve ser acrescentada no DMAIC significando “Replicar”, pois o modelo estrutural e do início do trabalho já está pronto após o primeiro projeto e deve ser utilizado como base em outros processos da mesma empresa.

Paralelamente a metodologia Six Sigma, o estudo a ser realizado neste trabalho aborda a metodologia do Lean Manufacturing. As duas juntas se completam em um ciclo produtivo sem desperdícios e sem variabilidade, o tornando altamente competitivo, rentável e estruturado para mudanças em seu processo produtivo e mercado.

O Lean Manufacturing ou Manufatura Enxuta é um trabalho de identificar desperdícios em qualquer processo e elimina-los criando valor ao sistema². É uma abordagem sistemática para a manufatura que é baseada na premissa de que, em qualquer lugar que se faz trabalho, desperdício esta sendo gerado.

¹ Buchaim, José e Neto, Pedro **em seu curso de formação de Black Belt na empresa QPB Consultoria e treinamento.**

² Earll Murman, Thomas Allen, Kirkor Bozdogan, Cutcher-Gershenfed, Hugh McManus, Deborah Nghtingale, Eric Rebentisch, Tom Shields, Fred Stahl, Myles Walton, Joyce Warmkessel, Stanley Weiss, Shela Wdnall, **(Palgrave 2002) of Lean Enterprise Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative]**

1.1 Objetivo

O presente trabalho visa identificar os principais pontos de melhoria dentro de uma empresa de embalagens.

1.1.1 Objetivo Específico

Utilizar a método DMAIC para o processo mais crítico e viabilizar a melhoria através da metodologia do Lean Manufacturing.

O presente trabalho também desenvolve um trabalho de gestão de pessoas, pois as pessoas são as “engrenagens” do sistema produtivo e, caso o trabalho não desenvolva uma mudança de cultura e pensamento, seus resultados serão pontuais e não progressivos.

1.2 Justificativa

Como citado anteriormente a competitividade é imensa nos dias atuais e, para uma empresa nova de poucos recursos, sua estrutura no mercado é frágil. Em seu mercado de embalagens para presente, seus fornecedores exercem forças sobre a empresa, assim como os novos entrantes (concorrentes) e novos produtos também.

A iniciativa de realização de trabalho dar-se-á ao fato de querermos exercer força sobre nossos concorrentes e cliente através de um produto de baixo custo e alta qualidade.

A empresa vinha de uma gestão má qualificada e intencionada, o que gerou maiores desafios para a realização desse trabalho e, também o que pode servir de exemplo para a preocupação em adquirir conhecimento teórico e prático sobre metodologia de produção e gestão de pessoas.

1.3 Método

O desenvolvimento do trabalho pode-se dividir em cinco partes:

1. O conhecimento prévio da estrutura da empresa, das pessoas, seus produtos e clientes;
2. O conhecimento teórico sobre as metodologias *Six Sigma* e *Lean Manufacturing*, as quais se mostraram mais eficazes aos problemas demonstrados anteriormente;
3. O projeto no ponto mais crítico da empresa, dada uma pesquisa interna e externa com vendedores sobre insatisfação dos clientes;
4. A estruturação de uma gestão de pessoas eficaz que inclui em seu projeto a mudança de cultura e o conhecimento da visão e missão da empresa e
5. O design de projetos e replicação para outras áreas da empresa.

O conhecimento prévio da empresa se deu nos primeiros meses de 2011. A estrutura da empresa é pequena e com muitos problemas de *layout*. Localiza-se próximo ao centro de São Paulo, onde nele se encontram seus maiores clientes.

Seus colaboradores são poucos preparados para as atividades. Não havia uma sequencia ou segregação de tarefas bem definidas, o que desenrolava em um dia-a-dia sem foco, conturbado e muito mal aproveitado.

A fundamentação teórica realizou-se ao longo do ano de 2011 em conjunto com as ações corretivas.

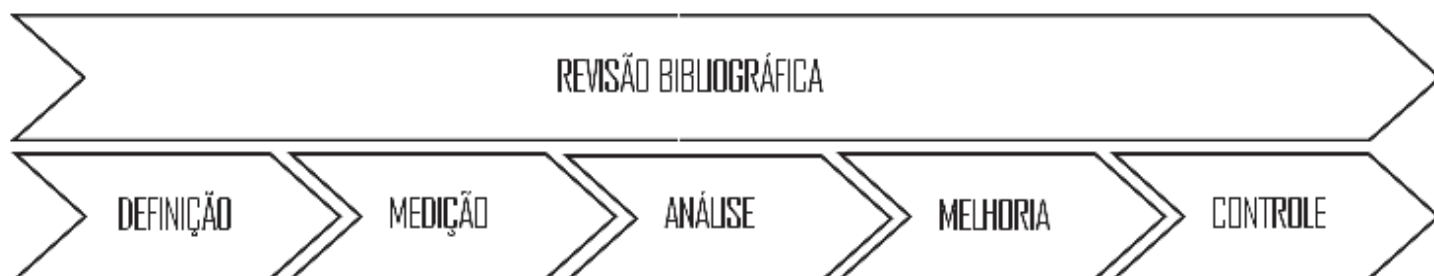


Figura 1: Seqüência de projeto e obtenção de conhecimento teórico

(Fonte: Apostila de Treinamento Lean Seis Sigma, 2008).

A mentalidade utilizada para seguir com o projeto foi dada pela sequencia:

- Saber o que é importante para o cliente;
- Reduzir defeitos;
- Centralizar em torno do alvo (foco) e
- Reduzir variação.

Com a estrutura acima se objetivava:

- Melhoria de Rendimento;
- Melhoria da Satisfação do cliente e
- Aumento de Receita Líquida.

Para uma estrutura pequena e iniciante a empresa utilizava a manufatura tradicional:

- Seus lotes eram grandes e abordavam todas as cores de produtos, não se pensava em histórico de vendas para se planejar uma ordem de produção;
- A produção era completamente empurrada. Obtinha-se um estoque imenso. Quando havia falhas, o lote inteiro se perdia;
- Com o problema do espaço, o estoque agravava o *layout*;
- Se não quebrou a máquina, não faça reparos;
- Não havia a menor organização. Tanto o estoque quanto a área de produção não tinha identificação ou arrumação. Tal fato agravava desinteresse dos colaboradores junto à empresa e muito material e peça era perdida ou desperdiçada.

A mentalidade do projeto se construía com a intenção de mudar o contexto atual através de treinamentos, reuniões periódicas, 5S, nova organização da produção, uma missão e visão bem definidas e que abrangesse todos, lotes menores, produção puxada, melhoria contínua e qualidade, tanto no produto quanto no processo.

1.4 Software de trabalho

No projeto a seguir contou-se com a utilização do software Minitab® 16 para executar as fórmulas estatísticas com maior precisão, gerar relatórios e gráficos envolvendo: estatística, probabilidade e *design of experiments* (DOE).

1.5 Estrutura do Trabalho

No capítulo 2 será apresentada uma visão prévia da estrutura e das pessoas que compunham a empresa Cavalcante e Cardoso Indústria e Comércio de artigo para presente Ltda. e, em paralelo, possíveis soluções proveniente dos estudos das metodologias. No capítulo 3 será apresentada uma revisão bibliográfica. No capítulo 4 serão apresentadas as etapas do projeto, como o projeto foi realizado passo-a-passo. No capítulo 5 o estudo de caso. No capítulo 6 serão apresentados os resultados e as melhorias na empresa. Por fim, no capítulo 7, a conclusão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Six Sigma

Segundo Yang e El-Haik (2008), six sigma ou seis desvios padrões representa a probabilidade de 3,4 PPM de um dado estar fora da curva normal do processo, sendo que a mesma dista 4,5 desvios padrões da média, em outras palavras, um nível de desempenho que demonstra significativamente a redução de defeitos no produto final. Também é uma medida estatística que comprar (benchmark) processos de serviços e de produção entre empresas, mostrando aquela que representa maior força na qualidade.

Para tornar possível a execução da diminuição de variação no processo e uma extrema precisão na qualidade requerida pelo cliente, uma série de ferramentas estatísticas foi utilizada para que a metodologia DMAIC fosse trabalhada com afinco, como gráfico pareto, gráfico de dispersão, curva normal, identificação da capacidade do processo, gráfico de contorno entre outras.

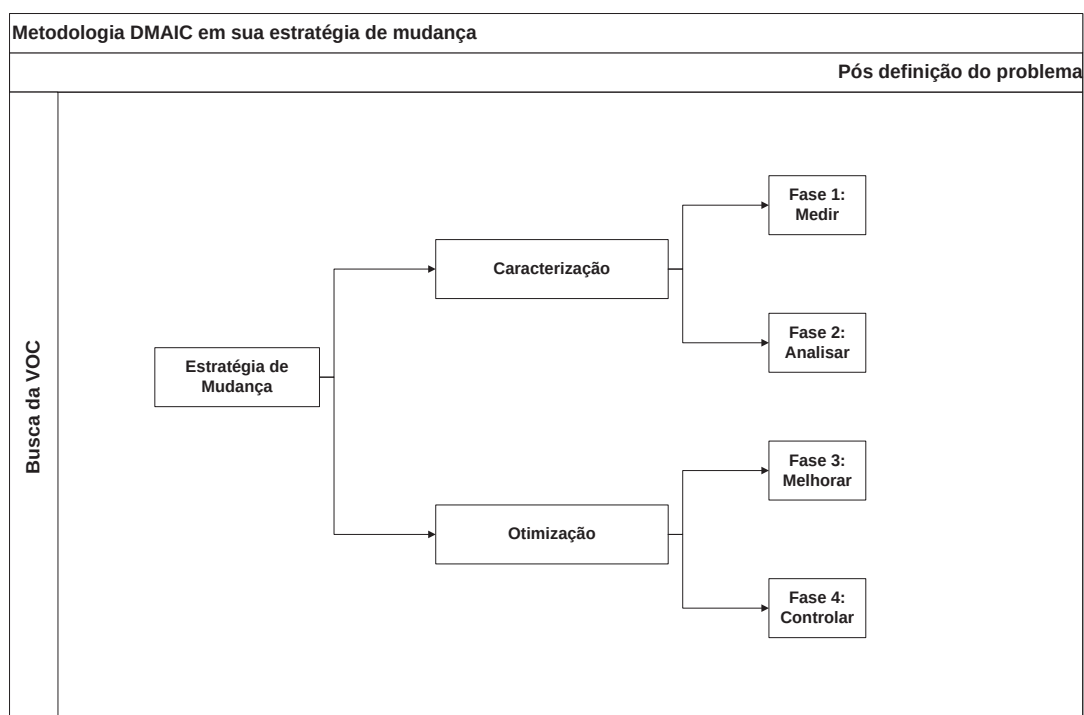


Figura 2: A Metodologia da mudança através do DMAIC

(Fonte: Apostila de Treinamento de formação de Green Belt Seis Sigma QPB consultoria e treinamento, 2011).

2.2 Six Sigma, seu histórico

O começo da história da análise da variação é datado em 1809 por Carl Gauss em seu livro “Theoria Motus Corporum Arithmeticae”. Segundo o site “howstuffworks.com”, no livro de Gauss, ele apresenta a curva de sino ou curva normal e inicia-se uma análise técnica sobre a curva e sua criação através de um histograma para a maioria dos processos com controle bem definido.



Figura 3: Histograma e a construção de uma curva normal

(Fonte: howstuffwors.com, cedida por William Harris).

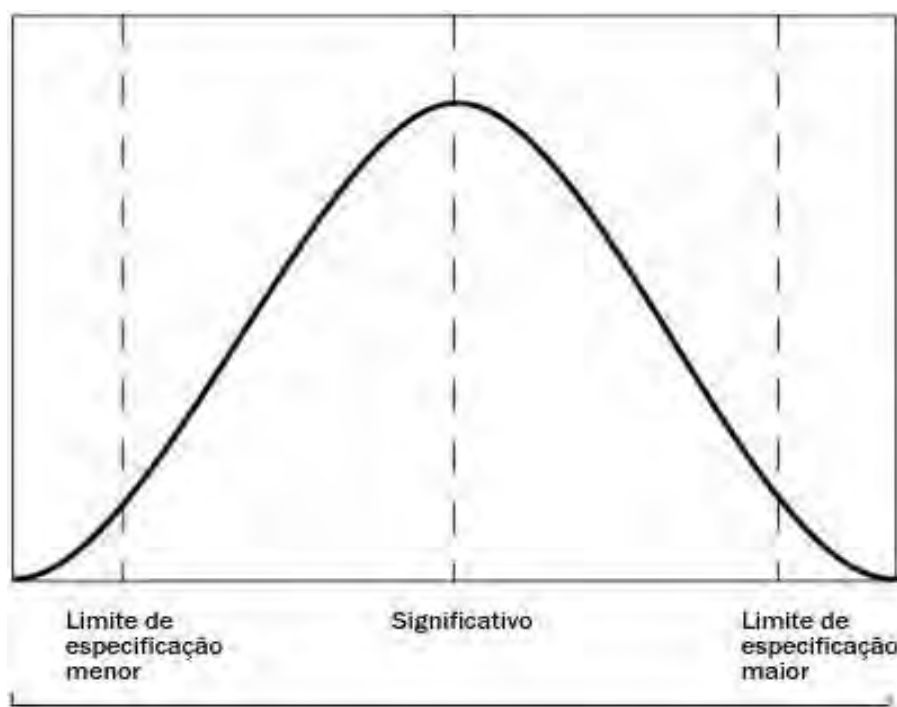


Figura 4: Curva normal e seus limites dados pela voz do cliente

(Fonte: howstuffwors.com, cedida por William Harris).

Em 1985 a Motorola questionando o pensamento da época que um processo com uma falha em cem era excelente, reuniu uma série de conhecimentos estatísticos, principalmente conhecimentos agrupados por William Edwards Deming, e gerência de projetos através de um grupo de profissionais para atingir os fatores de falhas e melhorar o processo, criando o projeto Seis Sigma.

A metodologia se torna conhecida através de Jack Welch da GE por tê-la transformado no seu foco central de sua estratégia de negócios gastando bilhões em treinamentos.

2.3 Lean Manufacturing/ Manufatura Enxuta

Em Dailey³, a maioria das ideias reunidas na manufatura enxuta leva a Frederic Taylor e seu gerenciamento científico e a maioria dos trabalhos realizados por Dr. William E. Deming e Dr. Shigeo Shingo. Sendo que a Toyota foi a primeira a utilizar essas idéias combinadas.

³ Em seu livro “The Lean Manufacturing Pocket Handbook”.

Um paralelo entre manufatura tradicional e a inovação empregado pela Toyota, segue abaixo na tabela 1.

Tabela 1: Manufatura Tradicional versus Manufatura Enxuta

Mudanças na Manufatura	
Manufatura Tradicional	Manufatura Enxuta
Preparações pouco frequentes	Preparações rápidas
Lotes grandes	Lotes pequenos
Reparos somente pós quebra	Faça reparo para não quebrar
Única tarefa a cada trabalhador	Trabalhadores Multi-funcionais
Suficientemente bom	Melhoria contínua
A gerência dirige	Os líderes ensinam
Penaliza erros	Treina novamente
Faz o programado	Faz qualidade

Segundo Dailey⁴, o foco da manufatura enxuta é a eliminação de desperdícios para que assim o processo flua mais rápido, aumentando assim as etapas do processo produtivo, reduzindo perdas, defeitos e a má utilização das pessoas envolvida e, é esse fato que traz o novo conceito que ao invés de sete desperdícios, são oito:

- Correção;
- Excesso de produção;
- Processamento;
- Movimentação, materiais e produtos;
- Estoque;
- Deslocamento, pessoas e equipamentos;
- Espera;
- Pessoas não bem aproveitadas.

Para a correção, tanto de uma peça ou material acrescenta-se custos desnecessários em equipamento e despesa com os trabalhadores ou processo.

⁴ Em seu livro “The Lean Manufacturing Pocket Handbook”.

O excesso de produção viabiliza o desperdício com a fabricação de mais peças do que o necessário aumentando o estoque.

O estoque grande aumenta custos fixos e, produtos com má qualidade ficam escondidos nele, além de tornar a criação de novos produtos inflexível.

Processamento, trabalho que não acrescenta valor ao produto e nem melhora a sua qualidade.

Movimentação e deslocamento não acrescentam valor ao produto e aumenta o tempo de fabricação.

Espera, tempo inativo de operações ou acontecimentos.

Pessoas mal aproveitadas, atividades que consomem o tempo ou talento de uma pessoa sem acrescentar valor ao produto ou processo.

As principais ferramentas do lean manufacturing utilizadas neste projeto foram:

- 5S: Iniciais de cinco palavras japonesas, todas com significados para tornar o ambiente se organizado. Primeira: Seiri significa descarte, remoção de itens desnecessários e identificação do que é impertinente à atividade. Segunda: Seiton significa arrumação, definições de locais próprios para cada material e sua respectiva rotulação. Terceira: Seisou significa limpeza, limpeza de inspeção, limpeza pós-jornada de trabalho e o ato de não sujar. Quarta: Seiketsu significa padronizar, criar padrões e procedimentos para a organização. Quinta: Shitsuke significa disciplina, criar o hábito de seguir normas, padrões e procedimentos e, também, auditar o trabalho junto com a divulgação da melhora da equipe.
- Kaizen, melhoria contínua, normalmente utiliza-se os seguintes elementos para sua implantação: Takt Time, Tempo do ciclo, Seqüência de trabalho e tempos padrões.
- Kanban, produção puxada com instruções de movimentações através de mecanismos visuais simples.
- Flexibilidade da mão de obra, o operário deve conhecer mais de uma função e sugerir melhoras a qualidade e processo assim como inspecionar visualmente.
- Just in Time (JIT), produzir o que é necessário no tempo necessário.
- Poka Yoke, a prova de erros, estratégia de melhora de qualidade através de prevenções de defeitos conjuntos a implementações estruturais.

- Fluxo de Valor, uma das ferramentas mais utilizadas que acrescentam no projeto a visualização de etapas que não acrescentam valor, assim como o lead time, o quanto cada etapa desnecessária influencia no lead time e possíveis modificações no processo. Segundo Rother e Shook (1999), primeiramente deve-se começar com pequenas partes de uma empresa, como o fluxo de um processo de um único produto e, em seguida abranger uma família de produtos, família de processos e família de empresas, respectivamente. Segue exemplo:

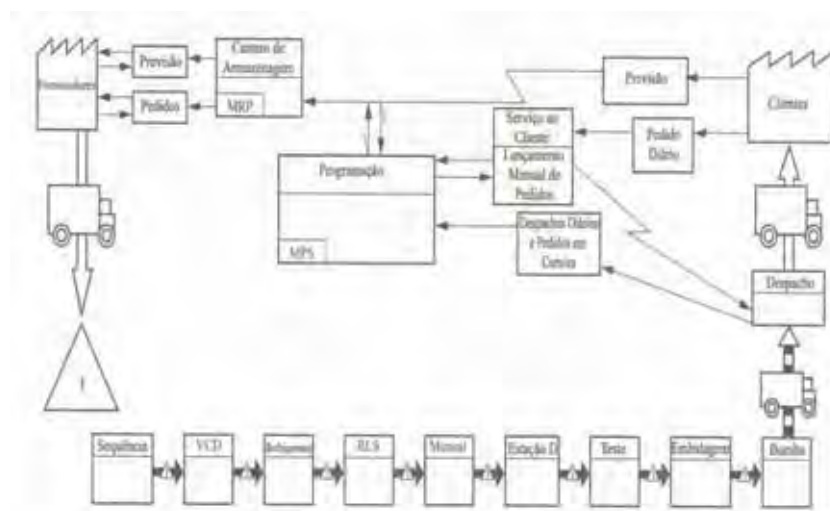


Figura 5: Modelo de mapa de fluxo de valor de uma empresa

(Fonte: Yang, k. e El-Haik, B., Projeto para seis sigma)

2.4 Motivação: Manufatura enxuta e Seis sigmas trabalhando juntos.

Com a utilização das duas ferramentas em conjunto espera-se:

- Melhoria na produtividade;
- Redução do tempo de ciclo;
- Redução de defeitos;
- Satisfação do cliente;
- Crescimento da fatia do mercado;
- Menores custos;
- Mudança Cultural e
- Retorno Financeiro.

3 VISÃO GERAL PRÉVIA DA EMPRESA

A empresa de embalagens para presentes com diversas linhas e tamanhos.

Seus principais produtos são:

- Saco para presente de TNT (Tecido Não- Tecido):



Figura 6: Saco para presente de TNT

(Fonte: www.classecomclasse.com.br, 2007)

- Saco para presente de Juta:



Figura 7: Saco para presente de Juta

(Fonte: www.classecomclasse.com.br, 2007)

- Saco para presente de Organza



Figura 8: Saco para presente de Organza

(Fonte: www.classecomclasse.com.br, 2007)

- Laço fácil



Figura 9: Laço fácil

(Fonte: www.irestojo.com.br, 2011)

- Saco para presente de BOPP



Figura 10: Saco para presente de BOPP

(Fonte: www.eangui.loja2.com.br, 2011)

Os dois últimos produtos estão como parte do seu portfólio de venda por somente 12 meses no final de outubro de 2011.

Seus clientes trabalham com baixo estoque de produtos e requerem reposição rápida, respeitando prazos e preços combinados.

Seus colaboradores estavam divididos em: seis costureiras, duas embaladeira, uma ajudante de embaladeira, uma etiquetadora, um auxiliar, dois técnicos de corte de tecido, uma gerente de produção, uma gerente financeira e quatro vendedores expressivos.

As costureiras trabalhavam em suas casas e representam excelentes profissionais bem preparados e com boa experiência, o mesmo as embaladeiras e sua ajudante. Os técnicos de corte, diferentemente das costureiras, não tinham experiência no serviço nem treinamentos específicos, trabalhavam com a bagagem provida pela própria Classe com Classe. Os vendedores são bons funcionários, porém não recebiam respostas rápidas sobre estoque e prazos de entregas. Por fim, as duas gerentes, financeira e de produção substituíram a antiga gerência má intencionada, porém substituíram sem conhecimento teórico sobre seus cargos.

Os processos de produção do TNT e da juta eram bem parecidos, somente com pequenas diferenças na etapa pós o corte de tecido. Ambos os sacos de presente utilizando os tecidos citados proviam de uma matéria-prima barata, seu lucro representava de 50% do faturamento e, nos primeiros meses de histórico, TNT e juta, juntos, representavam R\$ 45.000,00 de faturamento mensal da empresa. Em março de 2011, os dois produtos juntos representavam somente de R\$15.000,00 a R\$20.000,00 de faturamento mensal.

O material para o saco de organza é, entre os cinco apresentados, o mais caro. Sua produção era limitada devido ao tecido ser escorregadio dificultando o corte. Com o tempo e a falta de gerencia, o material já em estoque foi perdido e a empresa começou a importar sacos prontos e, se tornou um material de revenda.

O laço-fácil e os sacos de BOPP são produtos novos e, não continham um histórico de vendas ou falhas.

4 FERRAMENTAS PARA EXECUÇÃO DE UM PROJETO LEAN SIX SIGMA

Neste tópico serão abordadas ferramentas para que o projeto lean six sigma pudesse ser realizado adquirindo bons resultados.

4.1 Entrevistas e Brainstorm

A realização de entrevistas e a técnica de dinâmica de grupo conhecida como brainstorm são utilizadas para melhor entender a empresa, suas necessidades e reclamações mais constantes e com maior peso na rentabilidade.

Foi após uma entrevista realizado um brainstorm que consiste em uma reunião de pessoas discutindo ideias, sem preconceito, para melhor convergirem a uma solução ou proposta inovadora para todos os setores reunidos. Sua idéias foram compiladas.

Para essas ideias já compiladas e discutidas traça-se a “voz do cliente” (VOC) que refere-se ao número a ser atingido para aumentar a satisfação do cliente.

4.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto baseia-se na lei de Pareto. Essa lei diz que em muitos casos 80% das consequências ou problemas são provenientes de 20% das causas.

O diagrama de Pareto consiste em um gráfico de barras que ordena do maior para o menor as frequências (normalmente de um problema) e, através de uma curva, a porcentagem que a causa demonstradas no gráfico de barras impacta no processo, ou produto, estudado.

Através dele pode-se estipular qual o mais impactante e que necessita-se de uma ação corretiva primordial.

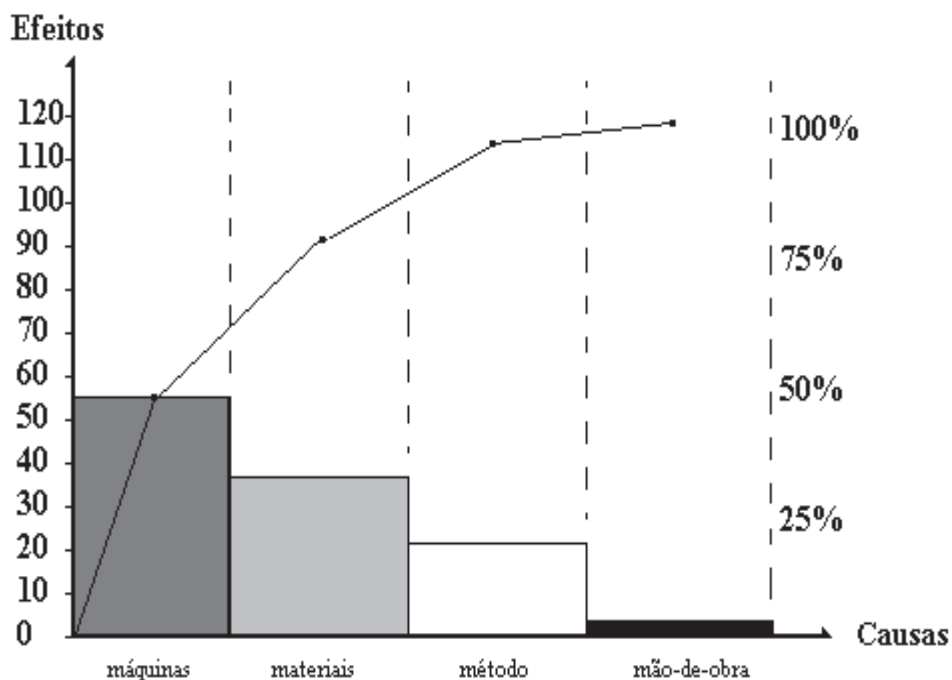


Figura 11: Exemplo de diagrama de Pareto

(Fonte: eps.ufsc.br)

4.3 Gráfico de Tendência

O gráfico de tendência é usado sempre que se precisa conhecer ou validar dados e seus comportamentos durante o tempo (anos, meses, dias etc).

Já com o conhecimento da VOC o gráfico de tendência fornece os pontos causadores da insatisfação do cliente. Também mostra como o processo se manteve com o tempo, melhoras e pioras são claramente demonstradas.

4.2 Histograma

O histograma é um gráfico de barras de distribuições de frequências para uma série de medições.

É através dele que se pode prever probabilidade de ocorrência de algum fato e estudar qualquer distribuição, no caso em estudo a distribuição normal.



Figura 12: Exemplo de histograma

(Fonte: Wikipédia)

4.3 Distribuição Normal

A distribuição normal é uma das mais importantes distribuições da estatística, pois descreve a maior parte dos processos existentes. É completamente descrita pela média e desvio-padrão, onde através dos mesmos consegue-se qualquer probabilidade de ocorrência de um fato dentro da distribuição.

A medida que a curva se afasta da média, aproxima-se cada vez mais do eixo x, mas nunca o toca. E a área sob a curva representa 100%. Os pontos em que a curvatura muda são chamados de pontos de inflexão e, são representados numericamente como mostrados na equação (1):

$$\text{ponto de inflexão} = \mu \pm \sigma \quad (1)$$

Como se vê, a média μ e o desvio padrão σ desempenham importantes funções na estatística.

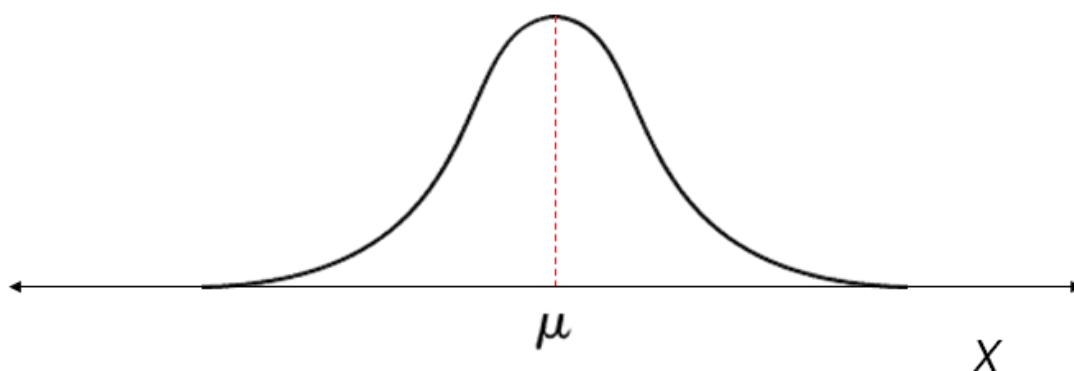


Figura 13: Exemplo de Curva Normal ou de Gauss

(Fonte: Equipe IGM, 2010).

A curva normal segue a função de Gauss através da equação (2):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Outra informação importante é o valor p , também conhecido como p -valor ou nível descritivo. O valor p é um dado proveniente da estatística que serve para demonstrar o resultado do teste de hipótese.

No teste de hipótese existe a hipótese nula e alternativa, estruturalmente definido como rejeitar ou não rejeitar H_0 . Nessa programação para tomada de decisão cria-se dois erros demonstrados na tabela a seguir:

Tabela 2: Teste de Hipótese

(Fonte: Wikipédia.org)

	A hipótese H_0 é verdadeira	A hipótese H_0 é falsa
Rejeita-se H_0	<u>Erro de tipo I</u>	Sem erro
Não rejeita-se H_0	Sem erro	<u>Erro de tipo II</u>

Para a probabilidade de se cometer o erro de tipo I criou-se o nível de significância representado pela letra α . Dentro de uma regra simplista toma-se para $\alpha=0,05$ e se p-valor for menor igual que alfa, se rejeita H_0 , o que no teste de normalidade significa que a distribuição é normal.

4.4 Capabilidade (Cpk)

Segundo o Instituto de Qualidade Automotiva, 1997, Cpk ou capacidade é o índice representa a centralização do processo, ou seja, demonstra o quanto o processo não varia, o quanto a VOC é respeitada e, o quanto o processo é controlado.

O valor de Cpk é dado pelo mínimo valor entre CPU e CPL e é um ótimo número para se estudar o processo. A fórmula para se calcular CPU e CPL seguem abaixo nas equações (3) e (4).

$$CPU = \frac{LSE - Xbb}{3\sigma} \quad (3)$$

$$CPL = \frac{Xbb - LIE}{3\sigma} \quad (4)$$

4.5 Diagrama de Causa e Efeito

Também conhecido como diagrama de Ishikawa, o diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta gráfica para análise das causas do efeito demonstrado.

Em seu eixo central descreve-se o efeito e em ramificações primárias por categoria se identifica as causas, também conhecidas como causas potenciais para contribuição do efeito estudado, e ramificações secundárias por causa se identifica as sub-causas, que é uma causa específica.

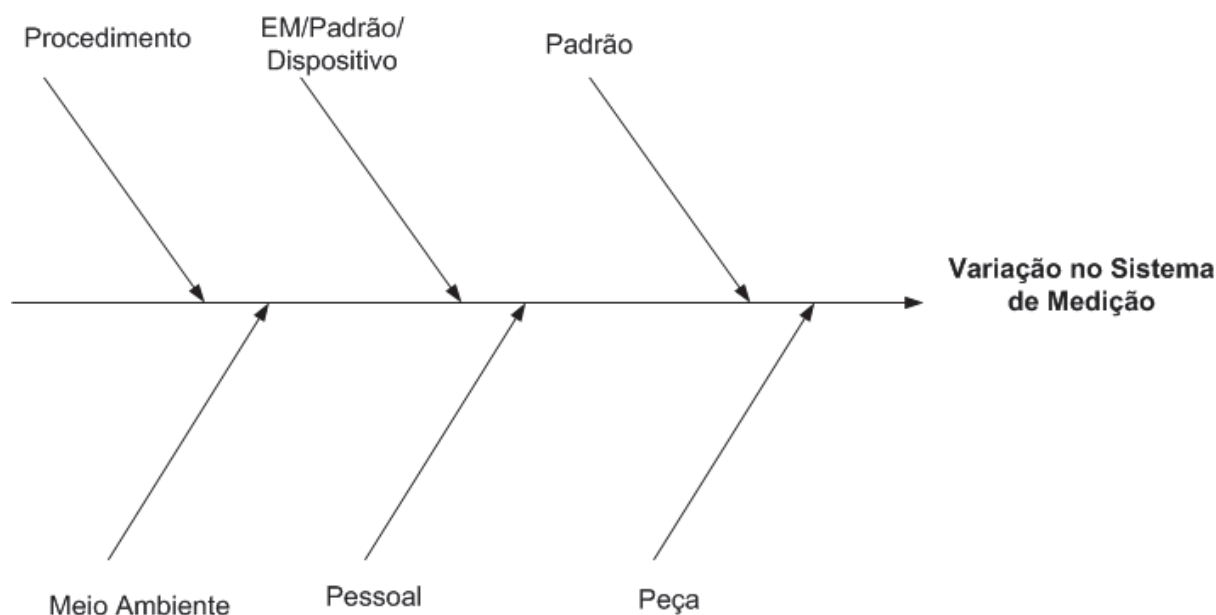


Figura 14: Diagrama de Causa e Efeito

Normalmente o diagrama é dividido em 6M: Método, Medição, Meio-ambiente, Matéria-prima, Mão-de-obra e Máquinas.

Sua execução é de total importância para os seguintes passos, pois é através dessa ferramenta que as causas dos defeitos são apresentadas com clareza ao executor do trabalho.

4.6 Matriz Causa e Efeito

Segundo Yang e El-Haik (2008), a Matriz Causa e Efeito, matriz de QFD (Desdobramento da Função Qualidade) Simples serve para enfatizar a importância de entender os requisitos do cliente. É o primeiro passo para se determinar o $Y = f(X)$. Algumas de suas características estão listadas a seguir:

- Usada para relacionar e priorizar as entradas com as saídas estipuladas pelo cliente através de ordenação numérica, como fonte primária, o mapa do processo;
- As saídas são avaliadas pela importância do cliente;
- As entradas são avaliadas pelo relacionamento com as saídas;

- Resultado: Pareto das entradas podem ser usadas como ponto de partida na avaliação do FMEA e planos de controle;
- Esta ferramenta permite que todos envolvidos com o processo concordem sobre as saídas que são críticas para o produto e/ou cliente;
- Através de ordenação numérica, esta matriz permitirá designar um nível de importância para cada variável de saída;
- Através de associação, a matriz permitirá avaliar numericamente o efeito de cada entrada (X) em cada saída (Y).

4.7 Fluxograma do Processo

É uma representação gráfica de um processo de trabalho. Representado por figuras geométricas o fluxograma pode mostrar desde um processo simples até processos complexos envolvendo várias áreas.

Sua principal função é visualizar e entender melhor o processo como um todo e ser predecessor do mapa de alto nível do processo. Onde o que antes representado por flechas no fluxograma será visto como espera, decisão, inspeção, transporte, estocagem e arrumação. Através dos dois juntos e conceitos do lean podem-se criar grandes melhorias.

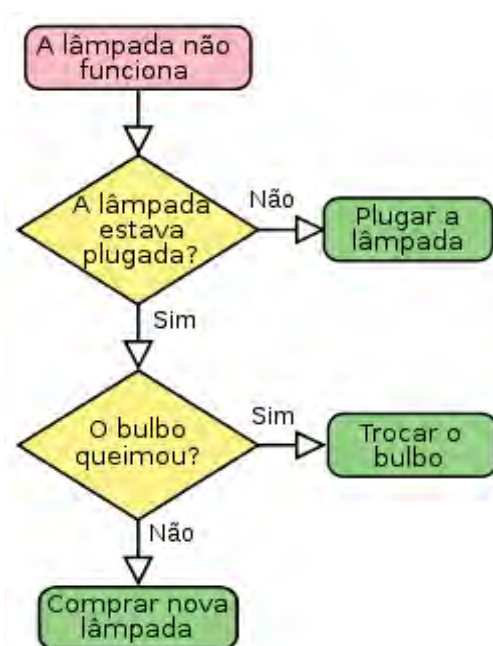


Figura 15: Fluxograma

(Fonte: Wikipédia.com)

4.8 FMEA- *Análise de Modos e Efeitos de Falha*

É uma metodologia que visa avaliar através do RPN (Número de Prioridade de Risco) avaliar e tomar ações para minimizá-los através da avaliação dos modos de falhas e suas causas.

Analisa-se o efeito que cada modo de falha gera na etapa do processo e a sua gravidade do ponto de vista de ocorrência, severidade e facilidade de detecção.

Um RPN com valor alto indica que uma ação deve ser tomada imediatamente para conter e prevenir o modo de falha referente. A fim de diminuir o RPN ações são tomadas pontualmente e, dependendo do caso, um plano de controle deve ser estabelecido para que este modo de falha seja contido.

$$RPN = SEVERIDADE \times OCORRÊNCIA \times DETECÇÃO \quad (5)$$

Segundo Toledo e Amaral⁵ pode-se aplicar FMEA nas seguintes situações:

- Para diminuir a probabilidade de ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- Para diminuir a probabilidade de falhas potenciais;
- Para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos;
- Para diminuir riscos de erros e aumentar a qualidade do processo.

A planilha para execução do FMEA é representado pela tabela 11.

⁵ Artigo: FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha, UFSCar.

5 DESENVOLVIMENTO- ESTUDO DE CASO

O estudo de caso segue o método DMAIC que visa solucionar um problema encontrado através das fases Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar seguindo um fluxo de trabalho bem organizado e claro.

5.1 Definir

5.1.1 Descrição do Problema

Através da análise dos produtos e processos o “Champion” do projeto de Lean Six Sigma pode- se chegar aos seguintes resultados:

- A estrutura de TNT decai para uma venda mensal de R\$ 15.000,00 sendo que em anos anteriores a 2008 suas vendas se aproximavam a R\$30.000,00 mensais;
- Processo da produção do saco de presente de juta é semelhante ao TNT, porém devido a menos etapas era menos problemático;
- Estrutura de Laço e Organza não comprometidos e com ótimos feed-backs dos clientes;
- Sacos de BOPP sem histórico de vendas e sem feedback dos clientes.

Tendo os seguintes resultados, escolheu-se começar o projeto de melhoria na área de TNT, porque além de terem histórico, também se tinha um processo com muitas falhas. Já se planejava posteriormente levar a melhoria para o processo da produção de sacos de presentes de Juta.

Começou-se por uma apresentação pessoal e descrição do trabalho. Posteriormente foi entregue a cada pessoa da área uma folha onde ela deveria escrever quais problemas ela tinha na realização de suas funções.

Foram apresentados os seguintes problemas na tabela 3:

Tabela 3: Reclamações dos Funcionários da área de TNT.

PLANILHA DE RECLAMAÇÕES DOS FUNCIONÁRIOS
Falta de planejamento de trabalho
Falta de Gerenciamento de tempo
Necessidade de treinamentos
Falta de organização do estoque
Falta de uma discriminação de tarefas claras
Área de corte desorganizada
Área de corte comprometida
Ordem de produção demora a chegar à mão do funcionário
Problema no gerenciamento
Falta de comprometimento
Sem Organização

Após a compilação das reclamações apresentadas foi apresentada a empresa e suas metodologias. Através da análise das mesmas pode-se criar uma nova planilha mais completa e com maior área de atuação, assim segue a tabela 4:

Tabela 4: Análise de oportunidades de melhoras da empresa Classe com Classe

PLANILHA DE ANÁLISE DA EMPRESA CLASSE COM CLASSE
ausência de missão e visão da empresa
ausência de padrão e abordagem clara na gestão financeira
ausência de check lists, verificações e inspeções no processo
ausência de relatórios e controles informatizados que facilitem a análise operacional
previsão de entrega comprometida
ausência de padrão na gestão de estoque e vendas
ausência de análise de produtividade por funcionário
locomoção no estoque é comprometida
ausência de informação visual clara de quantidade de material no estoque
ausência de ficha técnica comparativa para controle de estoque
não estipulado o benefício dos colaboradores
atrasos de pagamento sem mensuração
necessidade de cheque de terceiro para pagar fornecedores contra fisco
dados descontínuos, não alinhados em planilha, sem fácil visualização e sem índices e tópicos
cronograma, previsão e entrega

Em seguida reuniu-se com os representantes comerciais para obter as reclamações mais comuns dos clientes (tabela 5). Os clientes reclamavam muito da demora a entregar o TNT e que precisava ter mais giro do produto, pois consumidores finais quando vinham à loja e não encontravam os produtos desejados visitavam e tornavam-se clientes de outros lojistas.

Tabela 5: Principais reclamações dos clientes.

PLANILHA DAS RECLAMAÇÕES DO CLIENTE
atraso na entrega dos produtos
perda de competitividade e mercado através de entregas lentas

Por fim, estabeleceu-se uma meta para melhor atingir a satisfação do cliente, a partir de setembro o atraso de TNT deve ser menor ou igual a 15 dias.

5.1.2 Dados Históricos dos Pedidos

A próxima etapa do projeto era definir o problema mais a fundo. A busca pela compreensão de onde estava o problema continuaria pelo uso da ferramenta gráfica Pareto, onde pode-se ver qual produto dentro da família de TNT está mais crítico.

Com o auxílio do software Minitab® V.16 pode-se criar a estrutura visual mais propícia para as execuções das tarefas. Como se pode ver na figura 17.

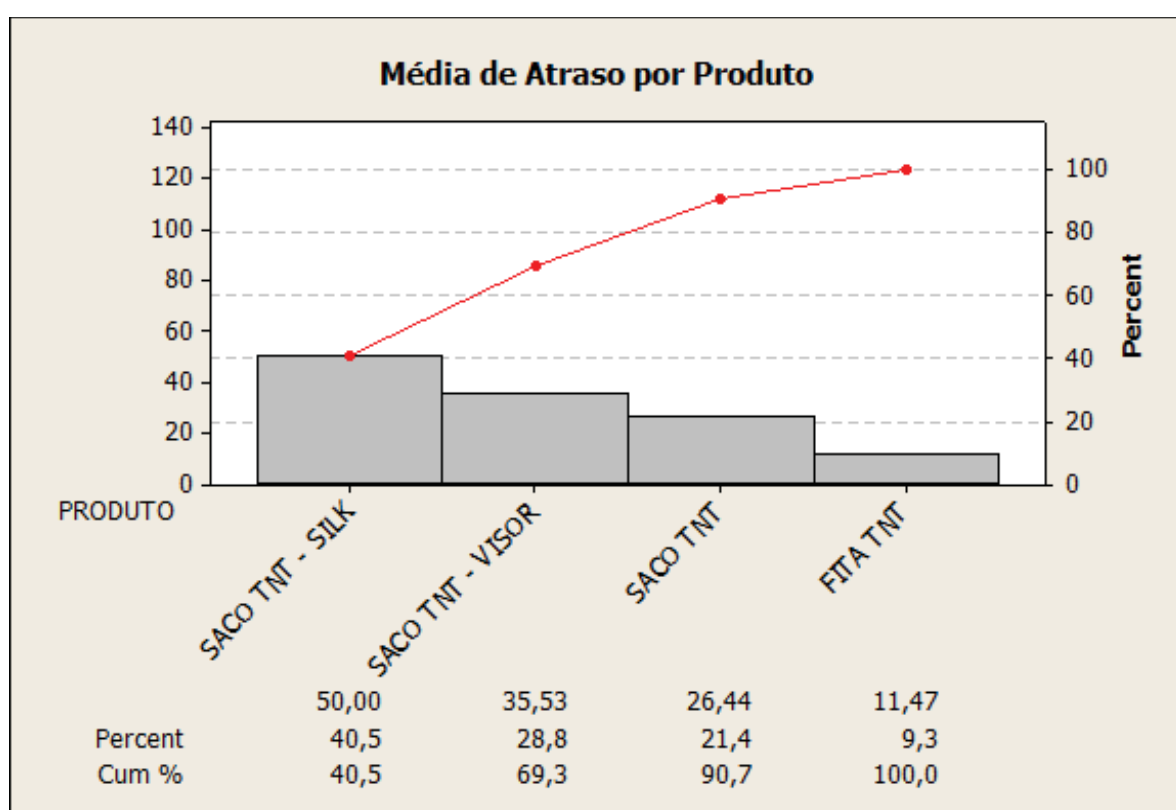


Figura 16: Gráfico Pareto das médias de atraso por produto dentro da família TNT

O gráfico anterior mostra qual produto criado através do TNT tem mais atraso na entrega. Demonstrado em ordem decrescente a primeira linha do gráfico mostra a média em dias de atraso: Saco de TNT com Silk, 50 dias; Saco de TNT com visor, 35,53 dias, Saco de TNT, 26,44 e Fita de TNT, 11,47 dias. Nota-se que somente a fita de TNT se encontra dentro da faixa de satisfação do cliente.

Dado que o gráfico ilustrado na figura 17 não demonstra o impacto financeiro gerado por cada produto dentro da família TNT, criou-se um novo gráfico Pareto que representa tal impacto.

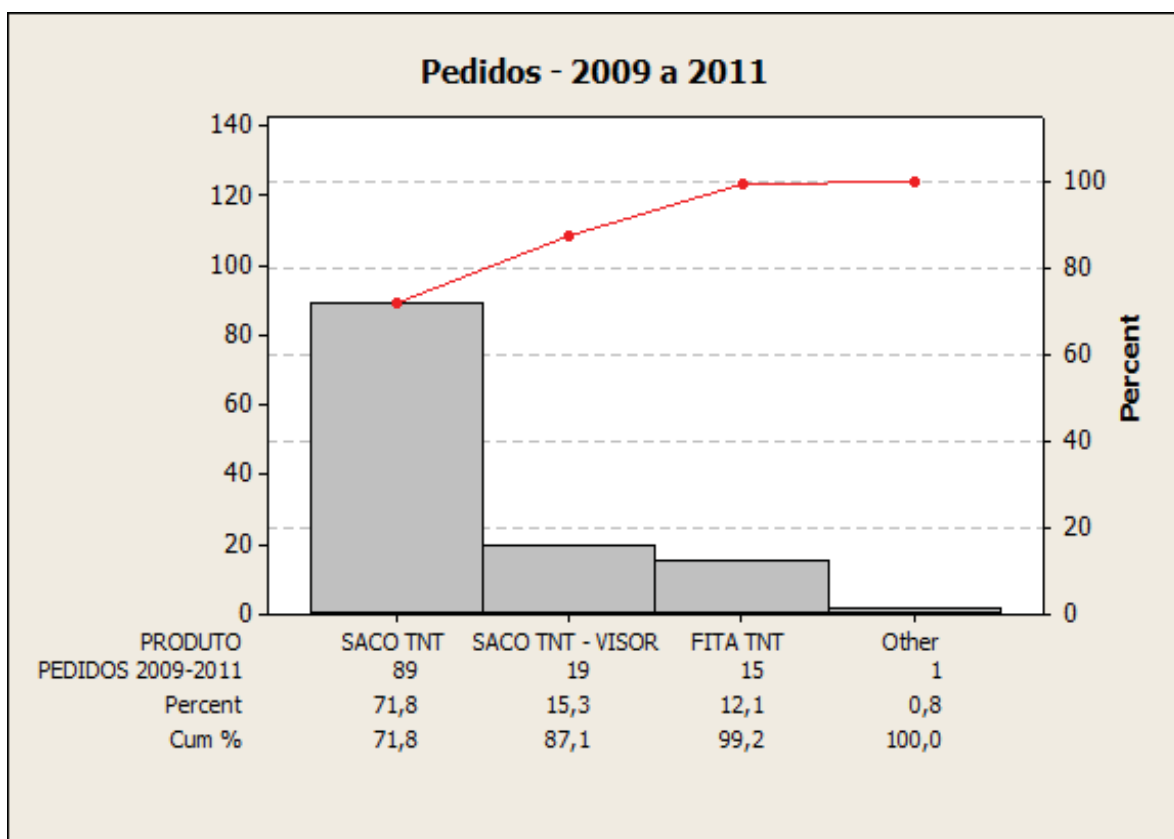


Figura 17: Gráfico Pareto do impacto financeiro por produto dentro da família TNT

Através do gráfico representado na figura 18 fica claro que o produto a ser visto como crítico é o saco de TNT, já que o mesmo representa 71,8% do faturamento dentro da família.

Para dar continuidade ao trabalho é preciso criar uma visão global da estrutura do nosso processo (Voz do processo- VOP) e compara-lo com a VOC.

Através desse fato escolheu-se o gráfico de tendência para melhor entender o comportamento do produto saco de TNT ao longo dos anos.

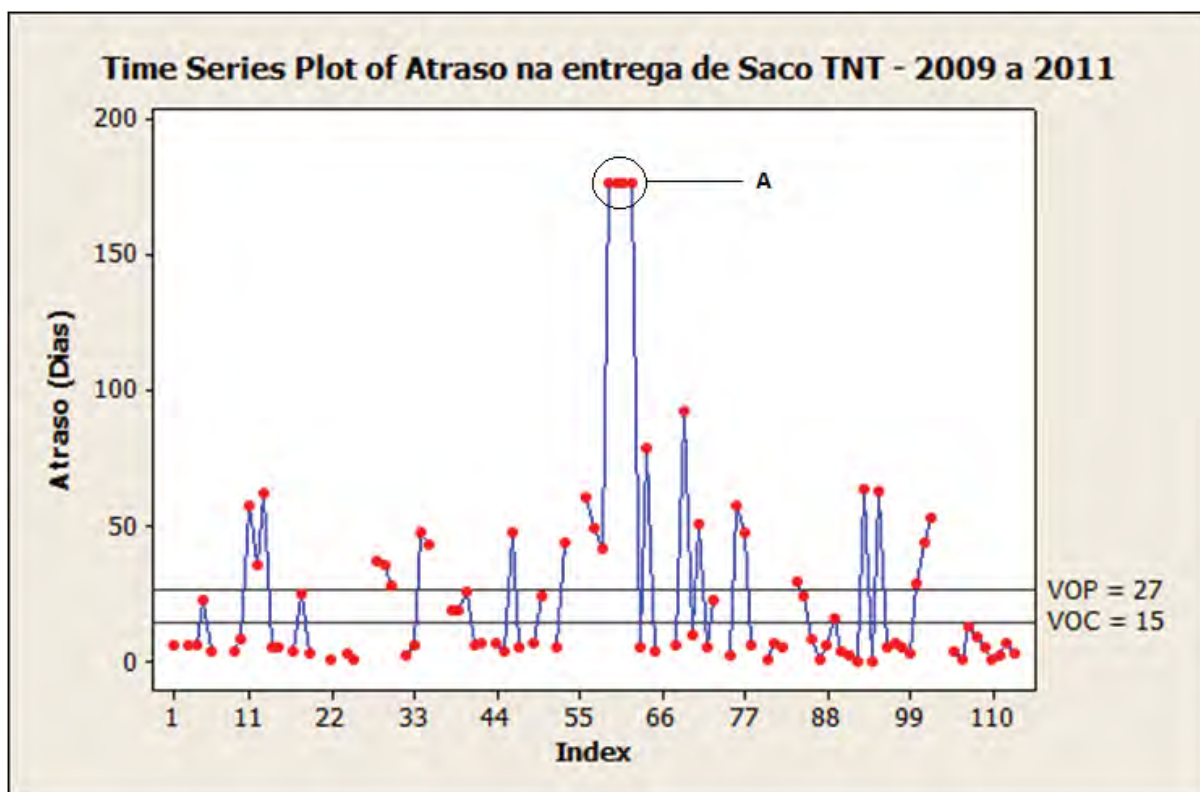


Figura 18: Gráfico de Tendência do atraso de entrega do saco de TNT

Quando analisado este gráfico, nos chama atenção três fatores:

- O círculo de duas entregas específicas denominados pela letra A;
- A quantidade de entregas em 0 dias;
- E a discrepância entre a VOC e a VOP.

Os três fatores anteriores serão vistos dentro da etapa analisar no tópico 5.3, porém já se pode definir um estado crítico nas entregas de saco de TNT.

5.1.3 Capacidade do Processo

Para melhor observar e definir o problema, foi feito o estudo da capacidade do processo. Tal capacidade também nos possibilita entender o nível sigma do processo.

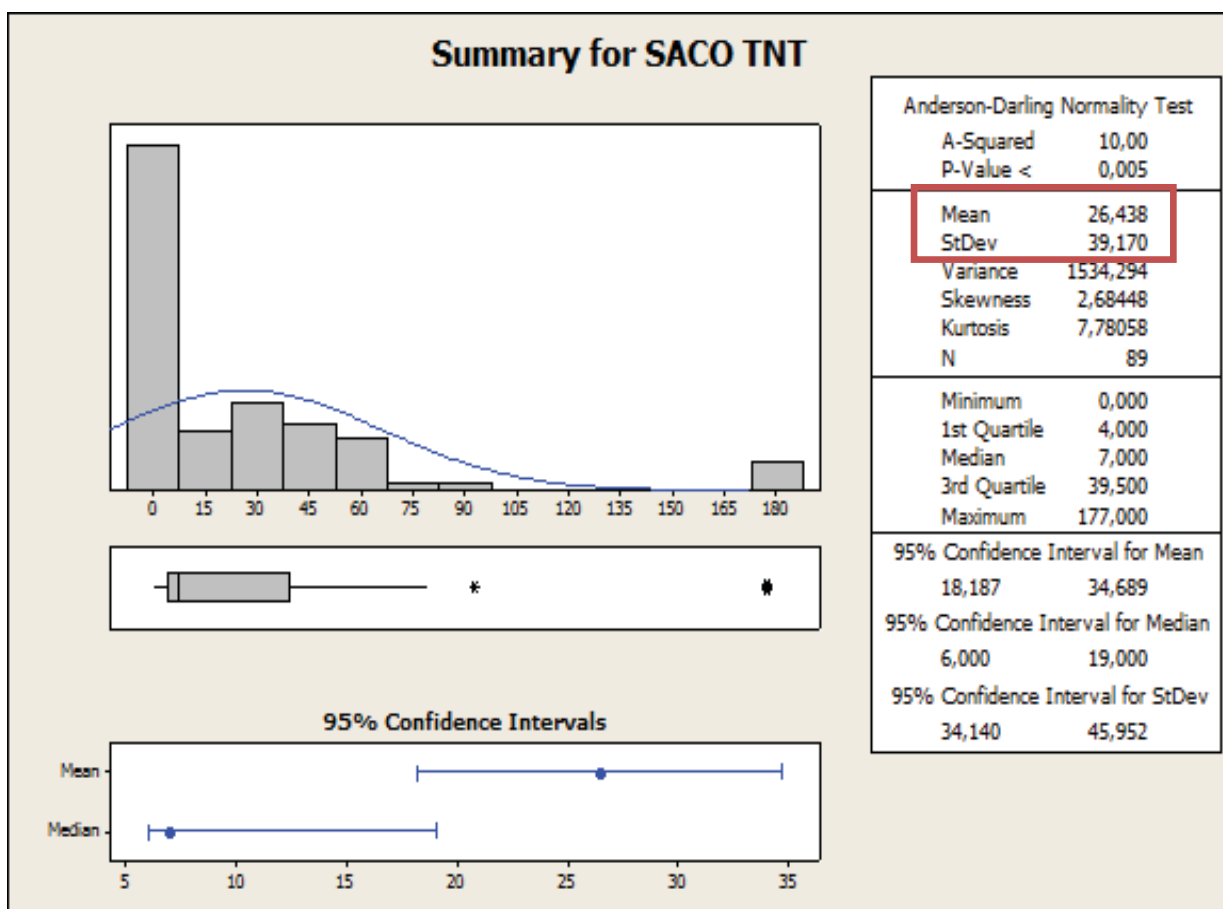


Figura 19: Gráfico Sumário com estatística básica referente ao processo de entrega do saco de TNT, 2009 a 2011.

Na figura 20 vemos que a média está 76,25% acima da VOC e seu desvio padrão é aproximadamente 1,5 vezes a média, demonstrando enorme variabilidade no processo de entrega.

Na figura 21 pode-se ver a capacidade do processo que se encontra em:

$$Cpk = -0,10$$

Também pode-se visualizar no retângulo vermelho a quantidade de falhas a respeitar a VOC em PPM (partes por milhão), também conhecido como DPMO (Defeitos por milhão de unidades).

Tais índices podem nos dizer que o nível sigma do processo é 1,2.

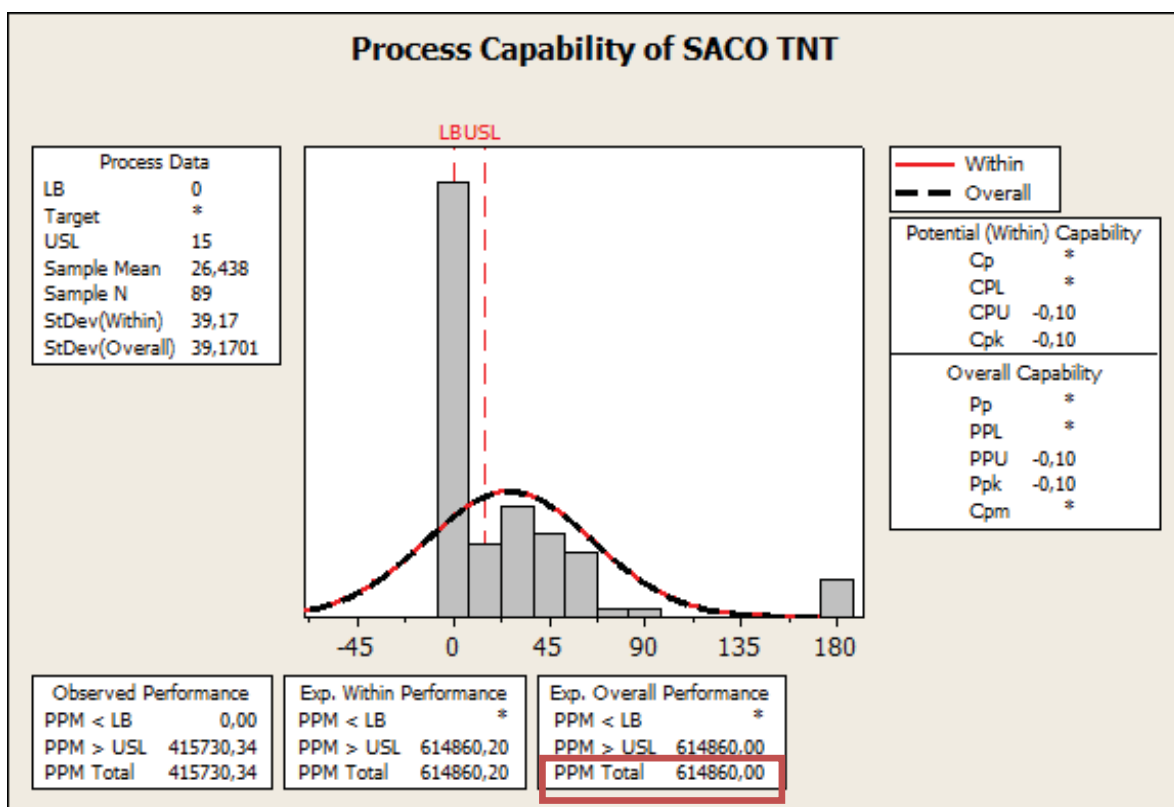


Figura 20: Capabilidade do processo de entrega do saco de TNT, 2009 a 2011.

5.1.4 Direcionamento do projeto

Para melhor formalizar o trabalho ao Champion foi descrito o projeto em fichas padrões apresentadas a seguir.

Tabela 6: Defeito ou Problemas a Reduzir no processo de entregas de sacos de TNT.

DEFEITO OU PROBLEMA A REDUZIR
O projeto trata de defeitos ou problemas repetitivos?
Sim.
Defeito ou problema
Atraso na produção e entrega
Frequência de ocorrência
Na maioria dos pedidos. Somente não ocorre nos casos em que o estoque é suficiente para suprir a demanda.
Duração ou Quantidade
Durante o processo de programação, produção e entrega dos pedidos.
Expectativa de redução de efeito ou problema
26 a 55% (redução de 8 dias em média na entrega)
Há dados históricos confiáveis suficientes para analisar o defeito ou problema?
Sim. Os dados são referentes aos atrasos nos últimos dois anos.

5.1.5 Meta e Resultado Financeiro

Dado a métrica: atraso de entrega, estima-se que a perda de faturamento no mercado gire em torno de R\$180.000,00 por ano e através da redução da variação do processo e reduzir o tempo de entrega para no máximo 15 dias tenha-se ganho, a princípio, entre R\$75.000,00 e R\$100.000,00 por ano (previsão provável).

5.2 Medir

5.2.1 Plano de Medição

O plano de medição é subdividido entre duas subfases: mapeamento do processo e identificação das causas raízes. As seguintes ferramentas foram utilizadas:

- Fluxograma do processo;
- Mapa da Cadeia de Valor;
- Diagrama de Causa e Efeito;

- SIPOC;
- Matriz Causa e Efeito;
- FMEA e
- Gráfico Pareto do FMEA

De acordo com o número de pedidos, é latente a queda de pedidos de sacos de TNT de 2009 com 62 pedidos para 2010 com 41 pedidos e, por último, para o primeiro semestre de 2011 com 17 pedidos.

O primeiro semestre de 2011 tem nível sigma menor que um, com DPMO igual a 719.035.

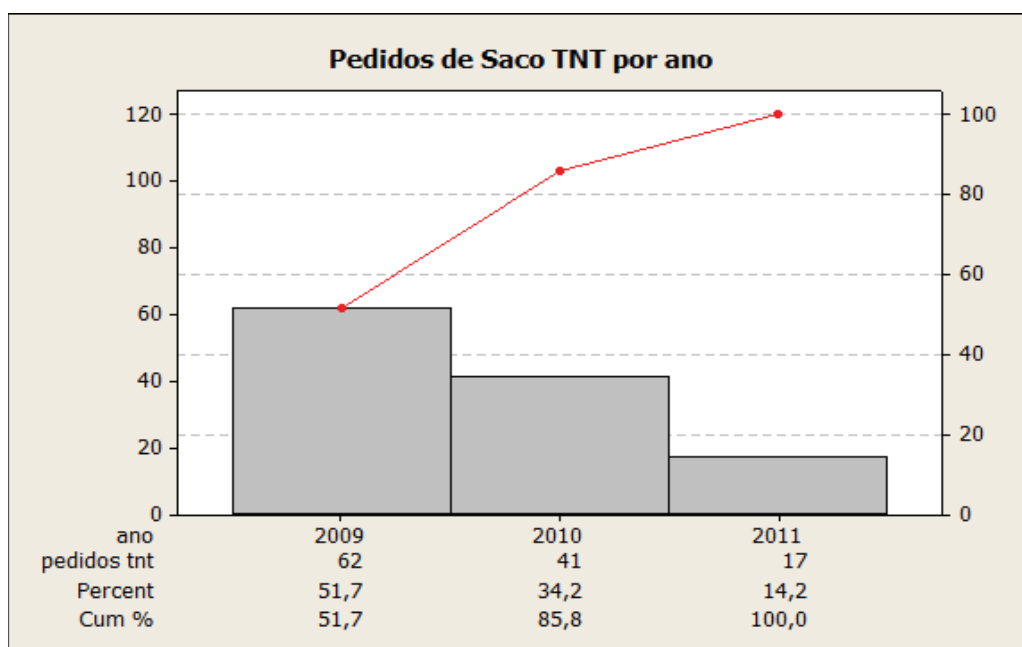


Figura 21: Pareto do número de pedidos de saco de TNT de 2009 a 2011.

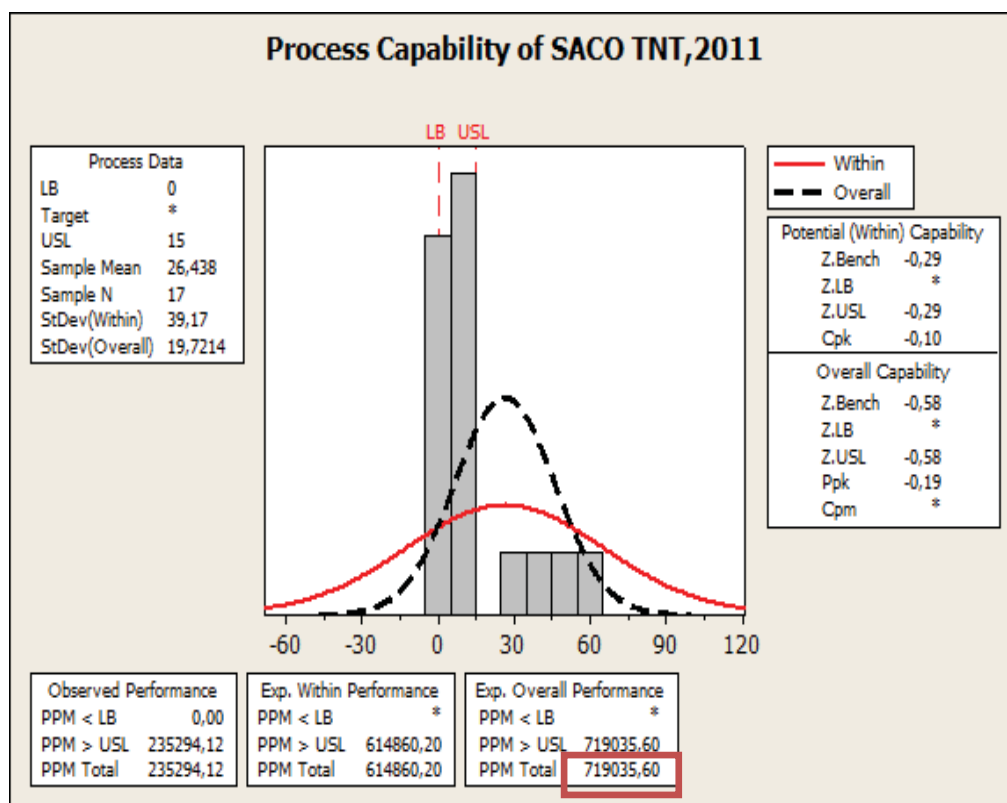


Figura 22: Capacidade do processo de entregas de saco de TNT em 2011.

5.2.2 Utilização das Ferramentas de Medição

Para início da etapa de medição precisava-se conhecer melhor o processo e, devido a isso, procurou-se primeiro fazer o fluxograma do processo completo, desde recebimento de pedido até a entrega.

O fluxograma mostrado na figura 24 identifica com clareza cada uma das cinco etapas até o produto final vá para a mão do cliente. Serve como uma ótima ajuda na compreensão de como é fabricado o saco de TNT, porém não é um estudo de aprofundamento e, sim, auxilia a melhor desenvolver pesquisas com os funcionários da área.

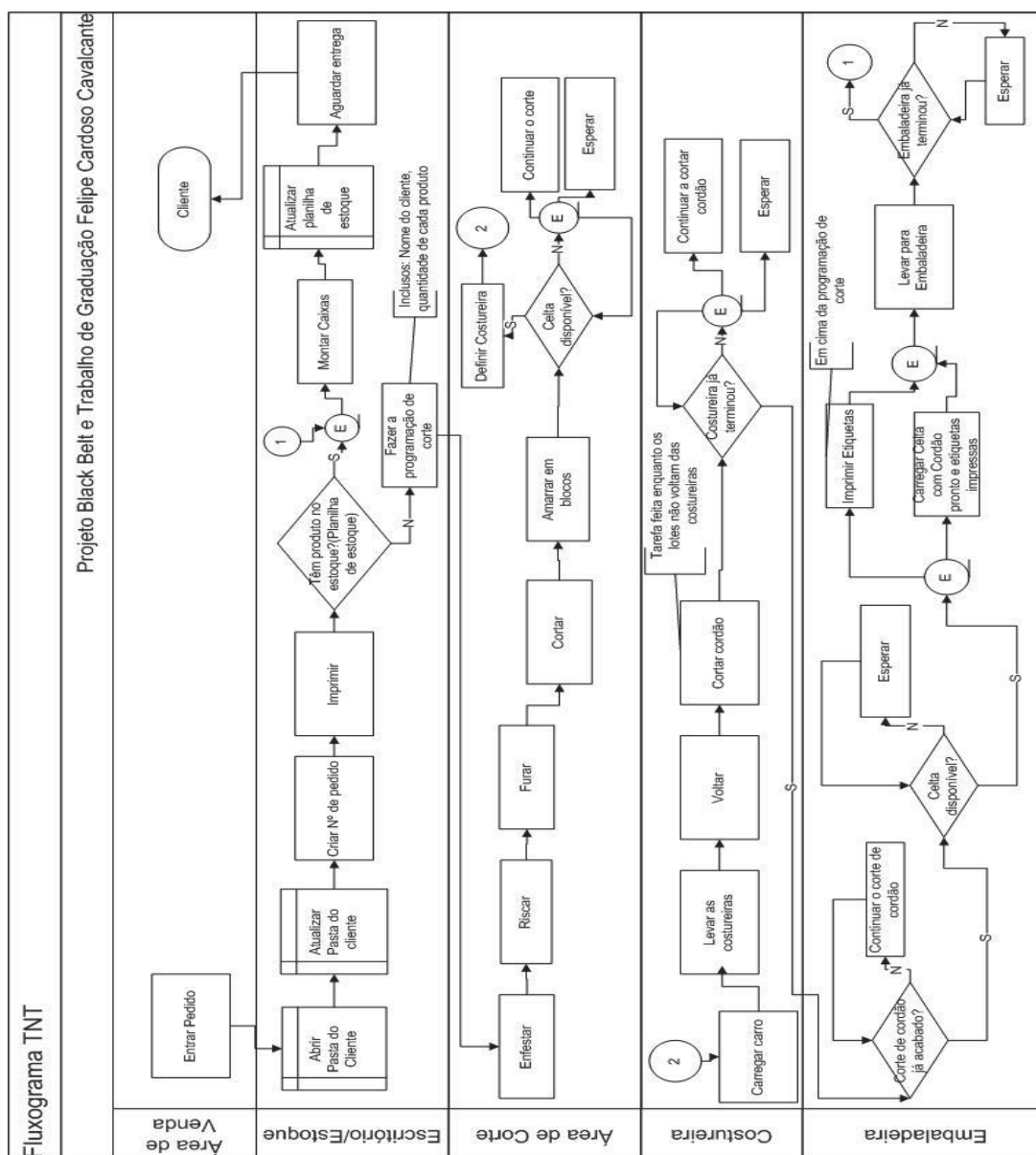


Figura 23: Fluxograma do processo fabril completo do saco de TNT em 2011.

Com base no Fluxograma da figura 24 mediu-se o tempo gasto nas etapas do processo e criou-se o Mapa de Cadeia de Valor (Value Stream Map). Tal representação gráfica foi auxiliada pelo software Quality Companion.

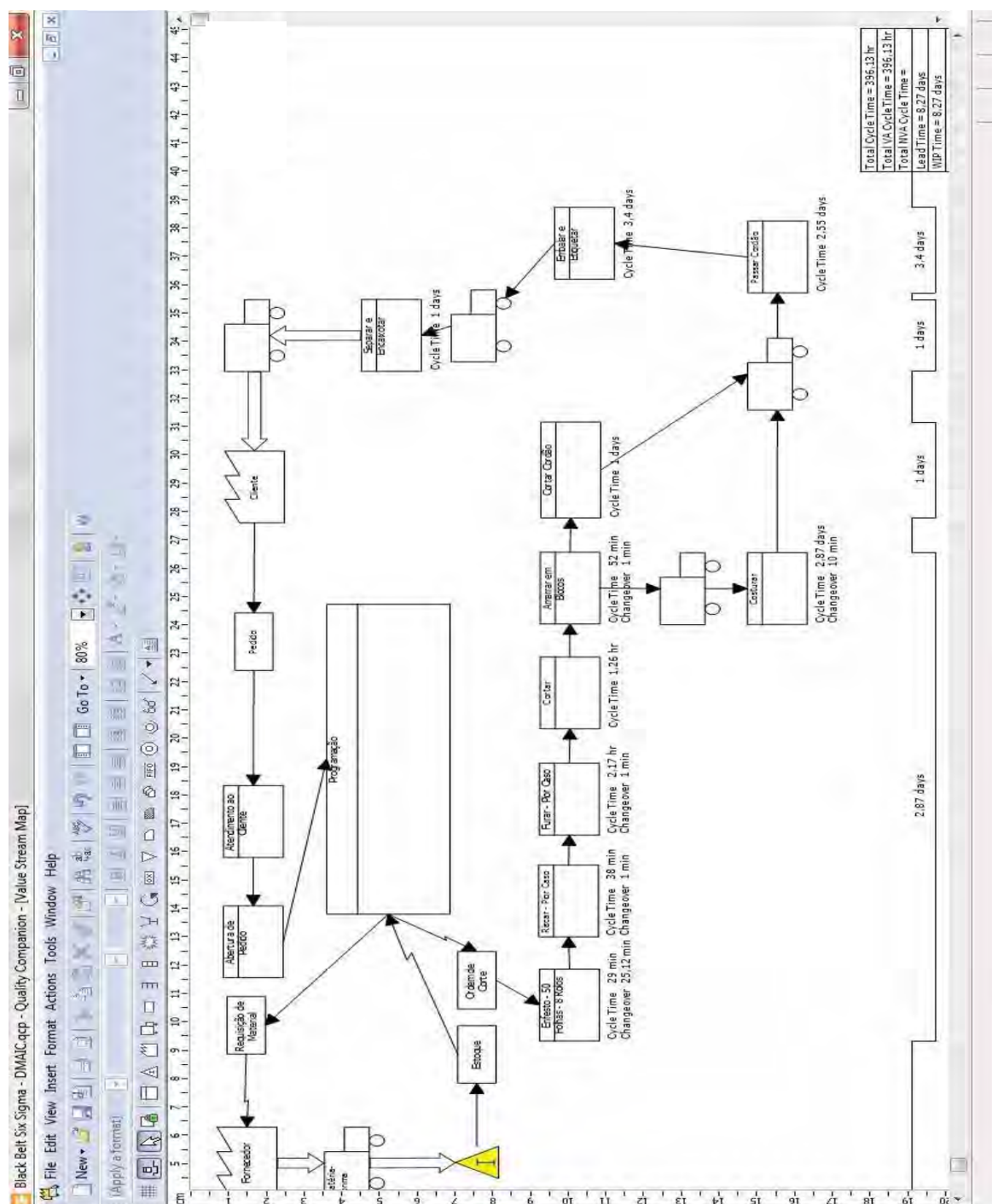
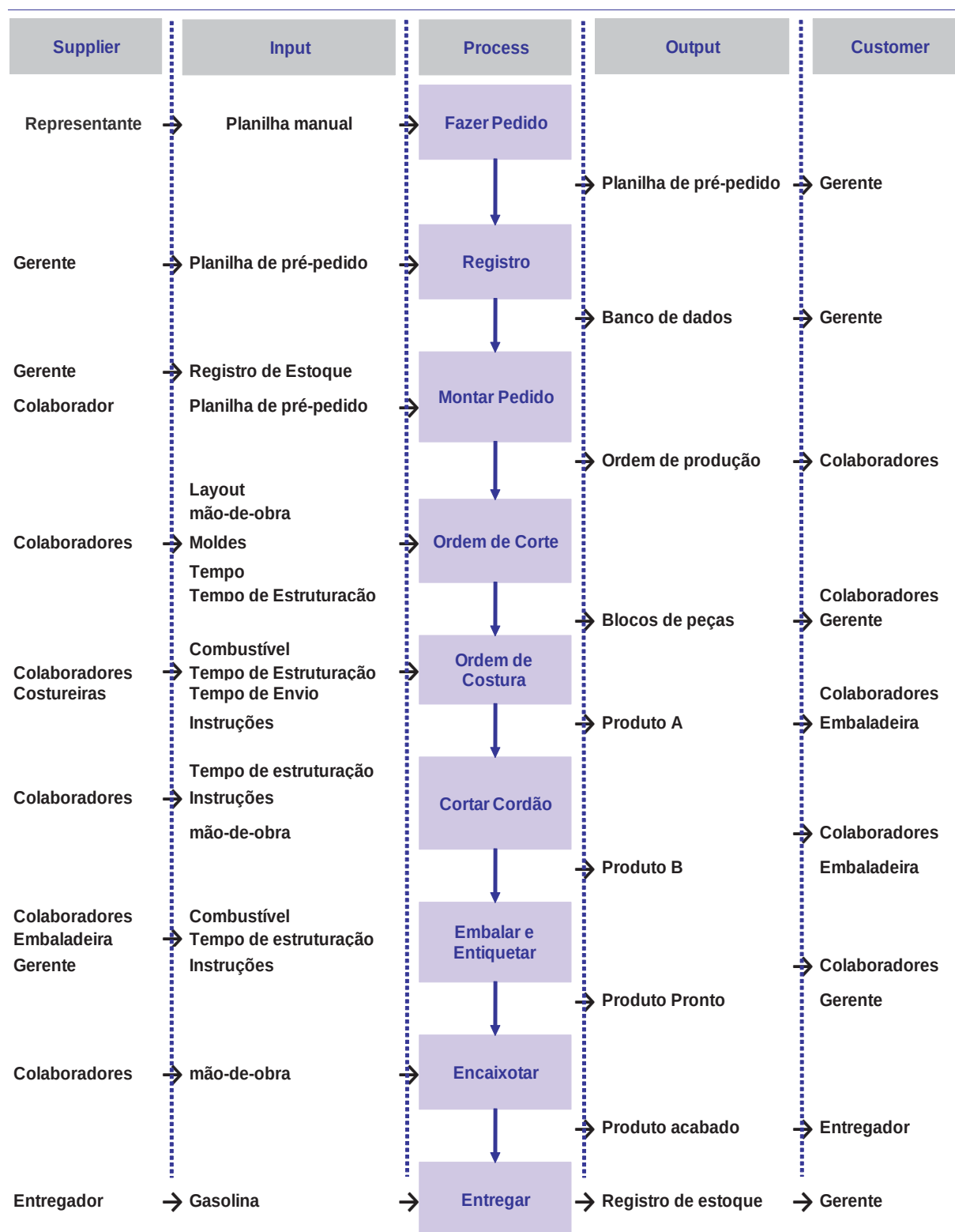


Figura 24: Mapa da Cadeia de Valor para o processo fabril completo do saco de TNT em 2011.

Para continuar a visão global do processo, criou-se a planilha SIPOC (*Suppliers, Input, Process, Outputs and Customers*).

Tabela 7: SIPOC do processo de sacos de TNT.



A partir da visualização por cima do processo, o aprofundamento do projeto e uma série de entrevista e acompanhamentos das funções de cada funcionário geraram o Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Ishikawa.

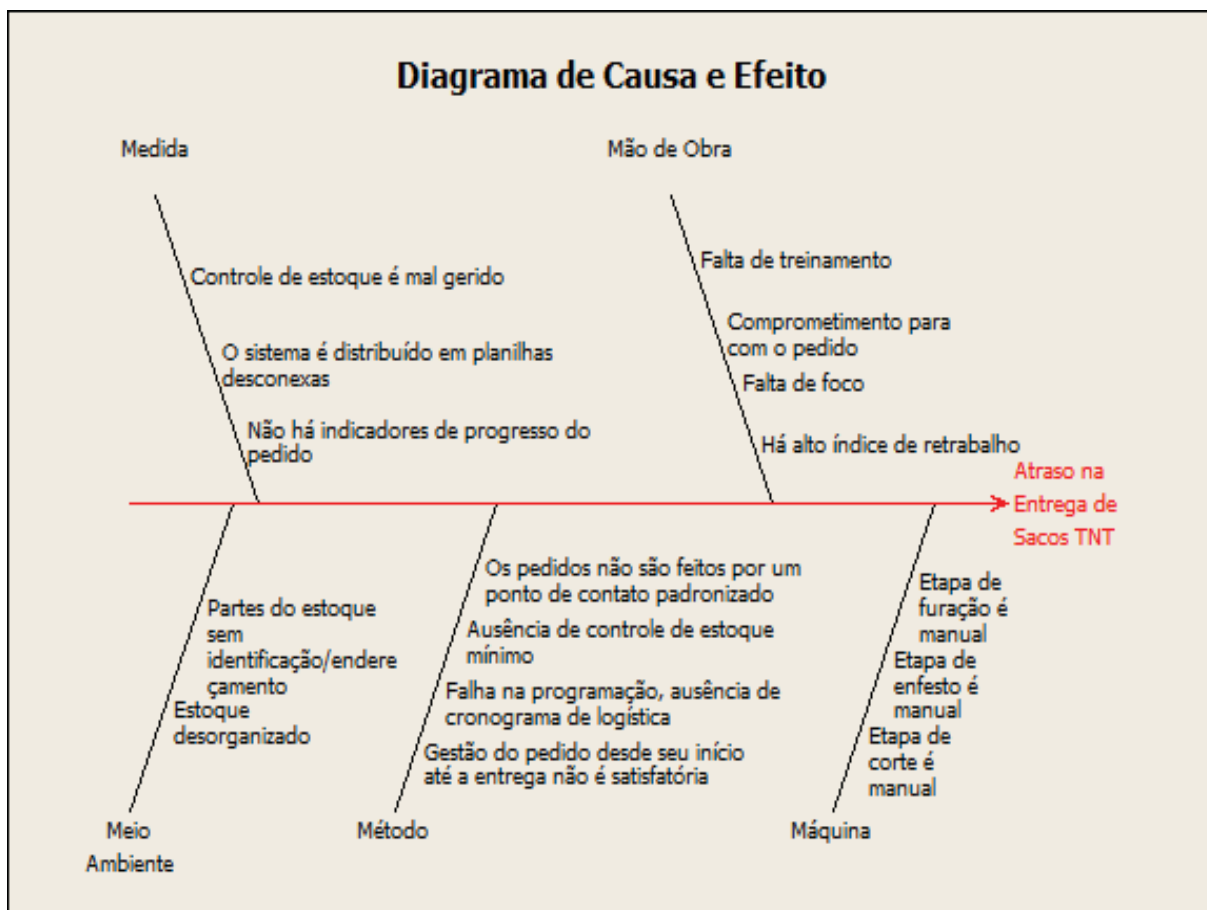


Figura 25: Diagrama de Ishikawa para o efeito do Atraso na Entrega de Sacos de TNT.

Através do diagrama da figura 26 facilitou-se a construção da Matriz Causa e Efeito tornando possível a primeira contabilização do projeto.

Tabela 8: Matriz Causa e Efeito do processo de sacos de TNT.

Matriz Causa e Efeito											
	Avaliação da Importância para o Cliente	3	10	10	8	9	9	10	7	10	
	Saídas do Processo (Y)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		Banco de Dados	Ordem de Produção	Transporte do Produto	Ordem de Costura	Ordem para Embalar	Agrupamento de Produto	Tempo de Início de Encaixotamento da Entrega	Registro de Estoque	Registro de Contratação de Carreto	
	Entradas do Processo(X)										Total
1	Planilha Manual	3	9	0	0	0	1	1	3	0	139
2	Planilha de pré-pedido	3	1	0	0	0	9	9	9	9	343
3	Registro de Estoque	9	9	0	0	0	9	9	9	0	351
4	Layout	0	9	3	1	1	9	9	1	0	315
5	Mão-de-obra	9	9	3	9	9	9	9	1	9	568
6	Moldes para corte	0	9	0	0	0	0	0	0	0	90
7	Tempo de Estruturação	3	1	1	1	1	3	3	0	3	133
8	Combustível	0	0	9	0	0	0	0	0	9	180
9	Tempo de Envio	1	9	9	9	9	0	9	0	9	516
10	Instruções	9	9	1	3	3	3	3	9	9	388

Com a Matriz Causa e Efeito pronta priorizou-se as etapas através da ferramenta gráfica Pareto.

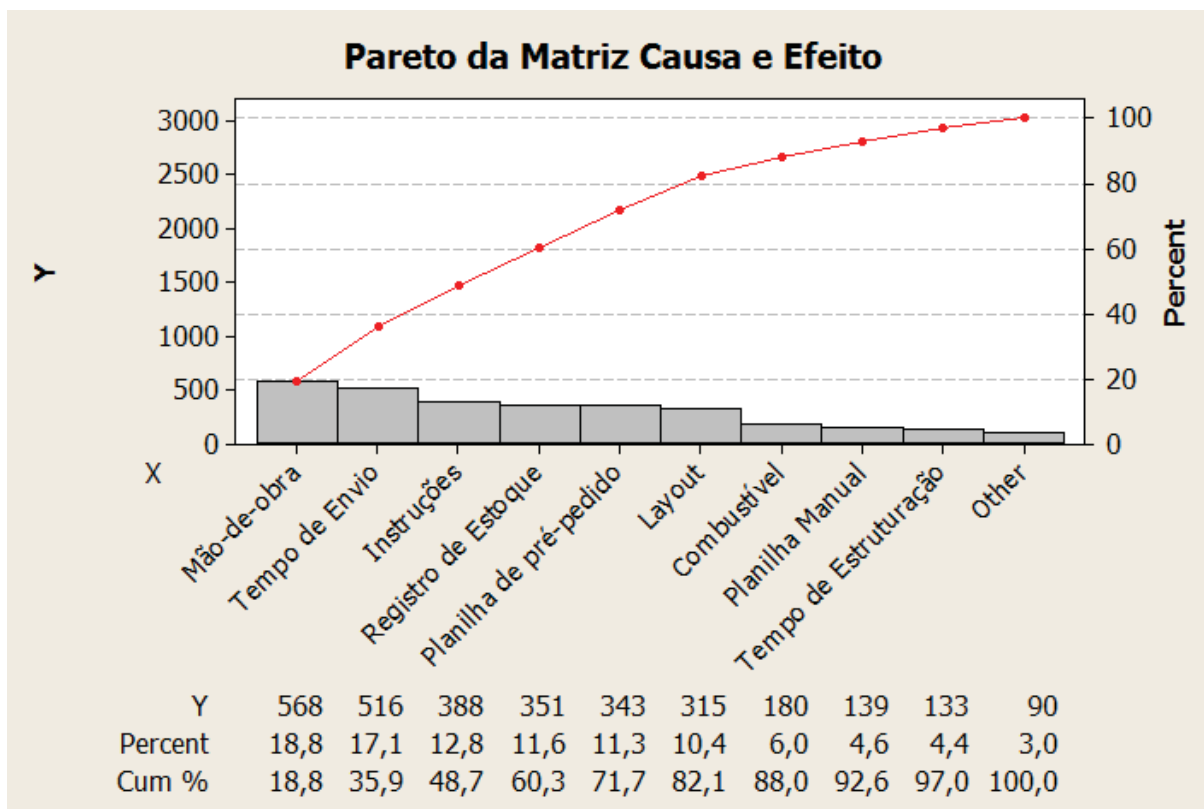


Figura 26: Gráfico Pareto da Matriz Causa e Efeito.

Após a estruturação da Matriz Causa e Efeito, foi concluído a fase medir com a combinação da tabela da Análise de Modos e Efeitos de Falhas e seu gráfico Pareto.

O resultado do FMEA esta representado pelo RPN que é calculado com base nas informações fornecidas sobre:

- Os modos de falha potencial;
- Os efeitos;
- A habilidade atual do processo detectar as falhas antes de alcançar o cliente.

Tabela 9: FMEA- Análise de Modos e Efeitos de Falha do processo de sacos de TNT.

Análise dos modos e de efeito de falha- FMEA																
Etapa do processo	Entrada chave do processo	Modo de falha	Efeito Potencial	SEV	Causas Potenciais	CO	Controles Atuais	DET	RPN	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Resultados das Ações				
												Ação Tomadas	SEV	OCO	DET	RPN
Programação de Corte	Pedido	Controle do Estoque é mal gerido	Falta de controle dos produtos em estoque acarretando superprodução média de dois dias de atraso em produção	6	Controle de estoque	10	Planilha	1	60	Otimizar programação atual	Felipe/ 1 mês	Agenda de produção	4	1	1	4
	Pedido	Planilhas de pré-pedido desconexas	Falta de agilidade na preparação da ordem de corte, acarretando atraso na produção.	4	Planilha de pré-pedido	8	Planilha	1	32	Estrutura através de ERP	Felipe/ 1 mês	Nula	4	8	1	32
NA	Pedido	Ausência de indicadores de progresso de pedido	Falta de controle na área de vendas	2	Indicadores de progresso de pedido	3		4	24	Estrutura através de ERP	Felipe/ 1 mês	Nula	2	3	4	24
NA	Pedido	Falta de treinamento	Mal gerência da produção, atraso da produção, retrabalho, desperdício	7	Treinamento	9		1	63	Treinamentos de fácil compreensão e objetivos	Felipe/ 1 mês	Treinamentos de fácil compreensão e objetivos	4	2	1	8
NA	Pedido	Gerencia desmotivada	Mal gerência da produção, atraso da produção, retrabalho, desperdício	10	Gerencia	10		9	900	Entendimento do motivo e estudo de ações motivadoras pela alta gerência (coaching)	Felipe/ 1 mês	Consultoria de um professor em coaching e aumento de palavras incentivadoras no dia-a-dia	4	1	1	4
	Pedido	Estoque desorganizado	Não visualização de itens em estoque, falta de controle do estoque, locomoção comprometida e atraso na produção	9	Estoque	10	Planilha	1	90	Implementação de 5S	Felipe/ 1 mês	Implementação de 5S	7	9	1	63
Programação de Corte	Pedido	Ausência de cronograma	Mal gerência da produção, atraso da produção, retrabalho, perda de foco, perda de estrutura logística	10	Cronograma	10		5	500	Implementação de Kanban e produção celular com o auxílio de planilhas simples de gerência.	Felipe/ 1 mês	Agenda de produção	3	5	1	15
Programação de Corte	Pedido	Gestão de Pedido Insatisfatória	Atraso no programação de corte, de costura e de embalagem. Atraso na contratação de um carro. Falta de foco e de designação de tarefas	10	Gestao de pedido	10		8	800	Entendimento do motivo e estudo de ações motivadoras pela alta gerência acrescentando treinamentos	Felipe/ 1 mês	Agenda de produção	5	4	1	20

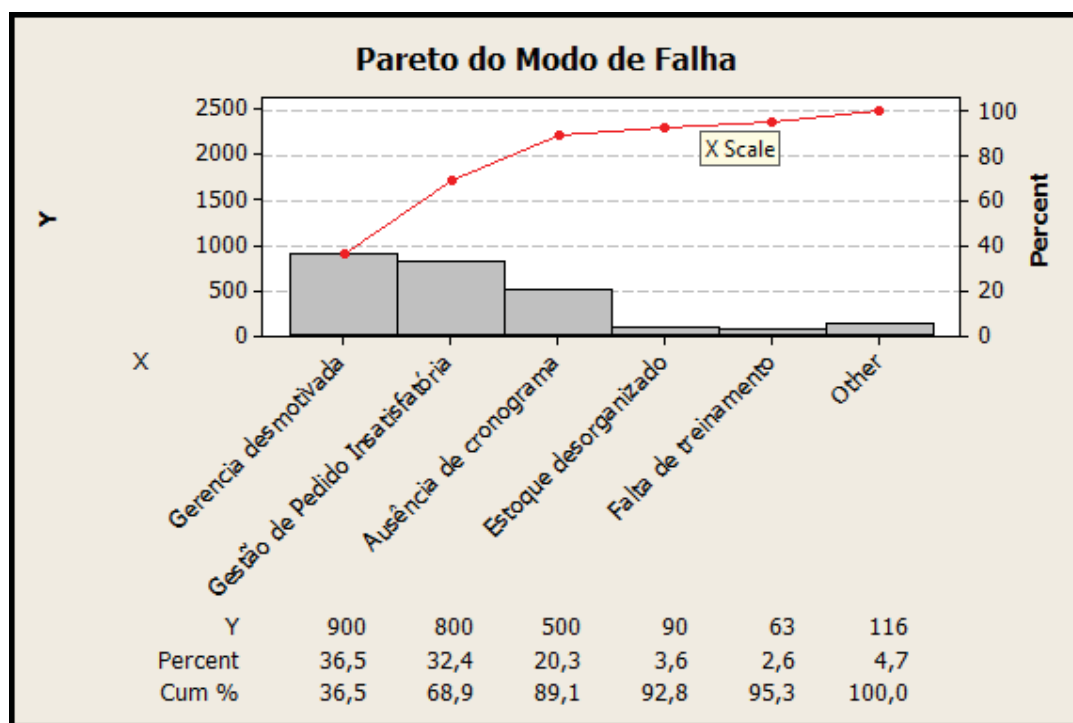


Figura 27: Gráfico Pareto da Análise de Modos e Efeito de Falhas.

5.3 Analisar

5.3.1 Plano de Análise

O plano de análise será subdividido em:

- A síntese das informações reunidas no tópico medir;
- Analisar as Potenciais Causas Raízes;
- Quantificar as Oportunidades de Melhorias;
- Definir objetivos de Desempenho;
- Obter aprovação do Champion.

5.3.2 Síntese das informações apresentadas no Medir.

A originação do processo medir compreendia-se no fluxograma do processo e, já nessa etapa, víamos uma movimentação exagerada e desnecessária. No fluxograma fica claro que ao perguntarmos se o carro está disponível vemos que a estrutura da empresa não tem uma metodologia e seu processo estava comprometido através da causa de atraso no tempo de envio.

Posteriormente encontra-se o VSM. Neste caso analisa-se o tempo gasto em cada processo produtivo da cadeia. Através dessa ferramenta retiramos informações importantes onde o tempo total de ciclo (não contabilizando transporte de *delay* para começar a etapa de transporte) era 8,27 dias e um tempo takt (takt time) de 8,43 minutos/ peça (produção diária de 1367 peças).

Ao analisar de maneira mais profunda o VSM, nota-se que apesar de haver muitas melhorias a se fazer, o tempo de ciclo atende a VOC e, consultando o champion do projeto e os líderes de área, 1367 peças diárias era um dado irreal que provavelmente foi realizado devido a pressão do consultor Black belt exercia na medição do trabalho dos funcionários.

Dados os fatos acima, realizou-se um brainstorm com os funcionários e com o Champion onde se apontou:

- A produção não tinha um fluxo contínuo;
- A gestão do pedido era lenta e chegava a 15 dias o tempo de estruturação do pedido e programação de corte.;
- O número de funcionários era insatisfatório;
- Funcionários sem discriminação de funções;
- Os funcionários do corte tinham muitas pausas para executarem outras funções.

As demais informações provenientes do Diagrama de Causa e Efeito, da Matriz de Causa e Efeito e da FMEA estão claramente priorizadas nos gráficos de Pareto. As principais informações geradas por essas ferramentas são:

- Gerência desmotivada;
- Alto tempo de envio;
- Gestão de pedido insatisfatória;

- Ausência de Cronograma;
- Estoque desorganizado;
- Falta de treinamento;
- Instruções e designação de tarefas mais claras;
- Layout.

5.3.3 Análise das Potenciais Causas Raízes.

Dadas as causas e modos de falhas sintetizadas anteriormente pode-se analisar mais a fundo as causas potenciais.

Acreditou-se que a causa fundamental do produto a base de TNT ter caído tanto com os anos foi a desmotivação da gerência. A mesma é responsável pela gestão do pedido, controle do fluxo de trabalho, discriminação das tarefas, estruturação do pedido e programação do corte.

5.3.4 Quantificar as Oportunidades de Melhorias.

A quantificação das oportunidades de melhorias é subdividida em 2 partes: primeira, análise das ferramentas do Lean Manufacturing e segunda, definir as oportunidades de melhoria.

a) Ferramentas do Lean Manufacturing.

Neste tópico serão apresentadas as ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Segundo Mauricio Dorneles, 2010⁶, o Kaizen (significa melhoria) significa contínuo melhoramento, envolvendo todas as pessoas da empresa. Suas principais ações de melhorias são:

- Orientação para o consumidor;
- TQC (Controle Total da Qualidade);

⁶ Através da página da web <http://mundoqualidade.blogspot.com>

- Robótica;
- Círculos de CQ;
- Sistema de sugestões;
- Automação;
- Disciplina no local de trabalho;
- MPT (Manutenção Produtiva Total);
- Kanban;
- Melhoramento da Qualidade;
- Just-in-Time;
- Zero defeito;
- Atividades em grupos pequenos;
- Relações cooperativas entre administração e mão-de-obra;
- Melhoramento da produtividade;
- Andon;
- Poka Yoke;
- Desenvolvimento de novos produtos;
- 5S.

Segundo Daniel Franco⁷, “a mentalidade enxuta é uma filosofia de manufatura que busca reduzir o tempo entre o pedido do cliente e a entrega, através da eliminação dos desperdícios e adicionando valor aos acionistas e clientes”. Grandes nomes como Sakichi Toyoda, Henry Ford, Taiichi Ohno, Smalley, Rother, Shook, Shigeo Shingo entre outros tornaram essa filosofia realidade.

A mentalidade enxuta esta acompanhada com:

- Líderes muito bem treinados;
- Metas com desafiadoras;

⁷ Curso de Sistemas de Produção Enxuta da Universidade São Judas Tadeu.

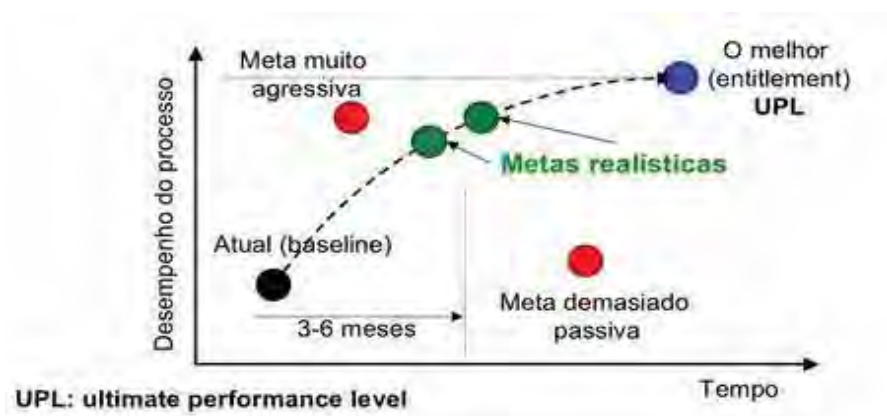


Figura 28: Gráfico de estipulação de metas

(Curso de Sistemas de Produção Enxuta da Universidade São Judas Tadeu).

- Times treinados em soluções de Problemas.

Em uma análise da exequibilidade das ferramentas na empresa, as seguintes ferramentas foram utilizadas:

- 5S;
- Disciplina no local de trabalho;
- Melhoramento da Qualidade;
- Relações cooperativas entre administração e mão-de-obra;
- Melhoramento da produtividade;
- Andon.

b) Oportunidades de Melhorias e Definição de objetivos de desempenho.

As principais oportunidades de melhorias foram listadas a partir da priorização dada pelo gráfico Pareto do FMEA e Matriz de Causa e Efeito. São listadas abaixo:

- Trabalho sobre a Gestão. Motivar a gestão, acompanhar o trabalho do gerente, fornecer mais ferramentas de ajuda a gestão e criação de metas;
- Instrução aos funcionários e gerência;
- Organização do estoque;

- Novas contratações;
- Criação de um cronograma;
- Melhor registro do estoque;
- Criação de um estoque mínimo;
- Treinamentos;
- Estudo de implementação de ERP.

Tais oportunidades gerarão uma gerência sólida, competente e com grande influência sobre os demais funcionários. Estoque funcional e baseado na demanda anual, aumento da disciplina e produtividade.

5.4. Melhorar

A etapa melhorar agiu sobre as oportunidades de melhorias listadas anteriormente. Um estudo do estoque foi levantado em conjunto com um treinamento 5S.

Tabela 10: Situação do estoque no início do trabalho

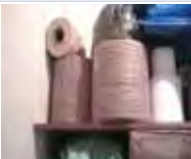
PROBLEMAS					
1 AUSÊNCIA DE IDENTIFICAÇÃO					
SEM PRATELEIRA PARA PASTAS					
MATERIAIS DISPERSOS					
MATERIAIS DIVERSOS SEM LOCAL DEFINIDO					
2 TINTA NÃO ORGANIZADA					
MÁQUINA DE VÁCUO PARADA					
SELADORA PARADA					
3 MATERIAL SEM IDENTIFICAÇÃO E DISPERSO					
TELA DE SILKSCREEN PARADA					

Tabela 11: Situação do estoque no início do trabalho 2

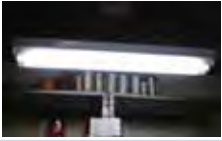
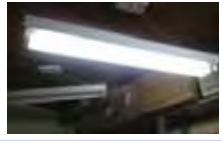
MÁQUINA DE CORTE DE CORDÃO É TOTALMENTE MANUAL, SEM PRECISÃO, LENTA, ESPAÇOSA E NECESSITA DE UM OPERADOR DEDICADO			
OUTPUT DO PROCESSO SEM CUIDADO (CORDÕES JOGADOS)			
LÂMPADA E PRATELEIRA FORA DE USO (DESMONTADA)			
BOBINA DE COURO BRANCO SEM UTILIDADE			
AUSÊNCIA DE IDENTIFICAÇÃO			
ILUMINAÇÃO COMPROMETIDA			
ACESSO COMPROMETIDO			
FALTA DE ETIQUETAS NAS CAIXAS PARA IDENTIFICAR MATERIAL EMBALADO			
SACOS DE PRODUTO UM SOBRE O OUTRO (AMASSAMENTO E INUTILIZAÇÃO DE MATERIAL)			

Tabela 12: Situação do estoque no início do trabalho 3

5 AUSÊNCIA DE IDENTIFICAÇÃO			
MATERIAIS FORA DA CAIXA OU PRATELEIRA			
ILUMINAÇÃO COMPROMETIDA			

	ACESSO COMPROMETIDO		
	MÁQUINAS PARADAS (COSTURA, SELADEIRA, BOBINADEIRA)		
	FALTA DE ETIQUETAS NAS CAIXAS PARA IDENTIFICAR MATERIAL EMBALADO		
	ETIQUETAS SEM USO		
ÁREA DE CORTE	LOCOMOÇÃO COMPROMETIDA		
	LONA FURADA		
	MÁQUINA PARADA DEBAIXO DA MESA		
	MATERIAL DEBAIXO DA MESA		
	FACA PERIGOSA		

Tabela 13: Situação do estoque no início do trabalho 4

GOTEIRAS					
ILUMINAÇÃO DO SOL PREJUDICA VISÃO					
MÁQUINA DE CORTE RUIM, SEM MANUTENÇÃO PREVENTIVA E SEM RESERVAS PRONTAS PARA USO					
LAYOUT GERAL COMPROMETIDO					
FUROS NA MESA					
CUPIM NA DIVISÓRIA DE MADEIRA					

Dado a gravidade da arrumação do estoque, em primeira estância procurou-se treinar os funcionários com o modelo 5S. O treinamento constava em apresentar e definir cada “S” e padronizar a disponibilização dos materiais. Foram apresentados:

- Seiri, descarte: remoção de itens desnecessários e identificação de desperdício e do que é alheio a atividade;
- Seiton, arrumação: definição de locais próprios para cada material e rotular e identificar cada local de treinamento;
- Seisou, limpeza: limpeza de inspeção (limpar antes de utilizar), rotina de limpeza pós-jornada de trabalho, zelo pelo produto e demais equipamentos e materiais, higiene e o hábito de não sujar;

- Seiketsu, padronizar: criação de padrões e procedimentos para a organização e planilha de auditoria 5S;
- Shitsuke, disciplina: criar hábito de seguir normas, padrões e procedimentos, auditoria periódica das áreas envolvidas e compartilhar a evolução do projeto com a equipe.

Os dois últimos “S” são funções fundamentais estipuladas à gerência conseguir. Para ajudar no trabalho, foram criadas duas fichas: uma voltada aos funcionários do estoque, para ajudá-los a trabalhar mais rápido e se organizarem e a outra, uma planilha de auditoria 5S para acompanhamento do gestor.

Tabela 14: Ficha para rotular e organizar o estoque.

	• Produto: _____
	• Cor: _____
	• Tamanho: _____
	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Contabilização.....Data __/__/20__
TNT à direita	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Contabilização.....Data __/__/20__
	• Responsável: _____

Tabela 15: Ficha de auditoria 5S.

PLANILHA DE AUDITORIA 5S									
No	CATEGORIA	TÓPICO	DESCRIÇÃO	DESCRIÇÃO E PONTUAÇÃO					SUGESTÕES DE MELHORIA
				1	2	3	4	5	
1	SENSEIO DE UTILIZAÇÃO	REMOÇÃO DE ITENS DESNECESSÁRIOS	PORCENTAGEM DE ITENS DESNECESSÁRIOS REMOVIDOS	0% - 20%	21% - 40%	41% - 60%	61% - 80%	81% - 100%	1
			PROCESSO DE REMOÇÃO DE ITENS DESNECESSÁRIOS	não existe	existe mas não conhecido	conhecido mas não usado	usado mas raramente	sempre usado	1
2	SENSEIO DE ORDENAÇÃO	ACOMODAÇÃO CORRETA DOS MATERIAIS	QUANTIDADE DE ITENS FORA DE LOCALIDADE PRÓPRIA	0%-20%	21%-40%	41%-60%	61%-80%	81%-100%	1
			PROCESSO DE ORGANIZAÇÃO	não existe	existe mas não conhecido	conhecido mas não usado	usado mas raramente	sempre usado	1
3	SENSEIO DE LIMPEZA	LIMPEZA DE INSPEÇÃO	QUANTIDADE DE LIXO E MATERIAIS ESTRANHOS À OPAERAÇÃO	0%-20%	21%-40%	41%-60%	61%-80%	81%-100%	1
			PROCESSO DE LIMPEZA DE INSPEÇÃO	não existe	existe mas não conhecido	conhecido mas não usado	usado mas raramente	sempre usado	1
4	SENSEIO DE PADRONIZAÇÃO	REVISÃO DE PADRÕES	PADRÕES, SINALIZAÇÕES, MARCAÇÕES	0%-20%	21%-40%	41%-60%	61%-80%	81%-100%	1
			PROCESSO DE PADRONIZAÇÃO	não existe	existe mas não conhecido	conhecido mas não usado	usado mas raramente	sempre usado	1
5	SENSEIO DE AUTODISCIPLINA	AUTO-AUDITORIA	A PONTUAÇÃO 5S SE MANTEVE POR	0%-20%	21%-40%	41%-60%	61%-80%	81%-100%	1
			PROCESSO DE AUTO-AUDITORIA	não existe	existe mas não conhecido	conhecido mas não usado	usado mas raramente	sempre usado	1
AUDITOR:			DATA: _____ / _____ / _____					TOTAL	10

Continuando as melhorias propostas, a criação do cronograma deveria ser acompanhada com metas produtivas e contratação de funcionário. Contratou-se então um funcionário para executar outras funções não voltadas a programação de corte e se estipulou uma meta de produção de 4000 peças diárias (tal meta foi criada baseando-se com o histórico de produção de anos anteriores). Criando-se um fluxo contínuo através do aumento do “gargalo” da produção para 4000 peças com as novas contratações.

Tabela 16: Cronograma de Produção.

	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	DOM
CORTE - 2														
MOVIMENTAÇÃO - 1														
ESTOQUE - 2														
COSTURA TNT - 5														
COSTURA JUTA - 1														

TNT	
JUTA	
CORDÃO	

COSTUREIRA / EMBALADEIRA	
CLIENTE	

COORDENAÇÃO TNT/JUTA/LAÇO FÁCIL/ORGANZA	
COORDENAÇÃO BOPP	

O estoque mínimo e a implementação do ERP foi programado para após 1 ano de testes ser implementado, porque assim teríamos um time melhor treinado, mais unido e eficaz, além de um histórico de maior competitividade da empresa.

Para haver melhora sobre o gestor do processo procurou-se reunir informações sobre coaching e gestão de pessoas. Dentre essas informações, a criação de meta, o acompanhamento do trabalho, um reconhecimento não somente financeiro mais também humanizado e premiações foram implementados e, em poucos dias se obteve resultado.

5.5 Controlar

A proposta de controlar esta fortemente ligada com a idéia do não decaimento de produtividade. A partir dessa informação pode-se criar a planilha de controle de produção diária para corte, costura, embalagem e transporte, ou seja, relatórios diários do processo.

No fim da jornada de trabalho o gestor do processo reúne as informações providas pelo time e alimenta a planilha. Através dela será mais fácil de tomar decisões baseadas em conhecimento do gargalo produtivo e do rendimento de cada setor.

A planilha de auditoria do 5S serve como controle periódico da rotulação, arrumação e disponibilidade do estoque.

Através de metas ligadas ao faturamento pode-se cumprir e controlar a satisfação do gerente do processo. Acompanhar seu trabalho e funções realizadas diariamente e mostrar a melhora gerada à empresa por suas ações.

6 IMPACTOS FINANCEIROS A PARTIR DA APLICAÇÃO DO DMAIC

Os resultados são claros ao vermos a evolução do faturamento, além do mais, o Lean Six Sigma é uma estratégia de negócio.

Tabela 17: Faturamento Mensal da Família de TNT.

Evolução do Faturamento Mensal da Família de TNT	
jan/11	R\$ 3.494,62
fev/11	R\$ 20.859,64
mar/11	R\$ 21.393,25
abr/11	R\$ 17.908,38
mai/11	R\$ 23.547,58
jun/11	R\$ 15.966,62
jul/11	R\$ 13.651,12
ago/11	R\$ 30.693,28
set/11	R\$ 19.544,35
Ações Corretivas	
out/11	R\$ 47.054,77
nov/11	R\$ 41.327,44

Além do faturamento ter aumentado após as ações corretivas, o objetivo do projeto vem com o tempo sendo corrigido e intensificado. Com o tempo de entrega para pedidos de sacos de TNT ter diminuído para 19 dias foi uma grande evolução e acredita-se que com o tempo será atingido a meta.

7 CONCLUSÃO

O trabalho a princípio foi dificultado com a aceitação de um consultor avaliar o trabalho dos funcionários. Dificuldades vistas na hora de tomada de tempo, entrevistas e brainstorm. Com o tempo os funcionários viram que o trabalho visava uma melhora real não somente à empresa como à exequibilidade de todas as tarefas acompanhada com uma motivação no dia-a-dia de trabalho.

As ferramentas do Lean Manufacturing e a metodologia do Six Sigmas foram reunidas com clareza o que proporcionou ações direcionadas e prioritárias à empresa crescer rapidamente.

O faturamento aumentou com entregas mais rápidas e um *follow up* do setor produtivo para os representantes comerciais. Os representantes comerciais mais confiantes do produto mostraram interesse e confiança no setor produtivo e venderam uma maior quantidade além de abrirem novos clientes.

Em outras palavras, a metodologia Lean Six Sigma é eficaz e os objetivos dos projetos vêm, com o tempo, sendo alcançados, tendo como maior obstáculo a disciplina.

O projeto abriu novas portas para a realização de futuros trabalhos como:

- *Design of Experiment* para velocidade, temperatura, rotação da esteira nas máquinas de BOPP;
- Pesquisa Operacional na otimização da programação de corte de produtos de TNT e Juta;
- Estudo aprofundado dos reais motivos do não atendimento dos prazos.

8 REFERÊNCIAS

DAILEY, Kenneth W. **The Lean Manufacturing Pocket Handbook**. 1.ed. DW Publishing, 2003. 44 p.

FERREIRA, A. V. **Utilização da Estratégia Seis Sigma na Redução De Vazamentos na Torre Elétrica De Tornos CNC**. 2009. 77 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

FILHO, Hayrton. **As ferramentas do Seis Sigma**. 2009. Disponível em <http://qualidadeonline.wordpress.com/2009/12/16/as-ferramentas-do-seis-sigma/>>. Acesso em 2011.

GOMES, D. G. **Utilização da estratégia Seis Sigma para redução de sucata por posição de ponta na fabricação de molas**. 2007. 87 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

INSTITUTO GOIANO DE MATEMÁTICA. **Introdução às distribuições normais**. 2010. Disponível em http://www.igm.mat.br/aplicativos/index.php?option=com_content&view=article&id=340:intro&catid=61:distnormal>. Acesso em 04/dez./2011.

IQA- INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Índices de Capabilidade do Processo (Cp, CpK)**. 1997. Disponível em http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/capabilidade4.html>. Acesso em nov./2011.

JÚNIOR, JOSÉ E. C. **VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE PRODUÇÃO ENXUTA NA FABRICAÇÃO DE MOLAS**. 2006. 63 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2006.

JÚNIOR, Orlando Pavani; SCUCUGLIA, Rafael. **Mapeamento e Gestão por Processos-BPM (Business Process Management): Gestão Orientada à Entrega por meio dos Objetos Metodologia Gauss**. 1.ed. São Paulo: M. Books, 2011. 376p.

KOJIMA, L. P. **ANÁLISE DO SISTEMA DE DESEMPENHO DA FERRAMENTA KAIZEN ADMINISTRATIVO**. 2005. 55 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2005.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Learning to See: Value Stream Map to Add Value and Eliminate MUDA**. 1.ed. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 1999. 102 p.

TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. **FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha**. 2011. 12f. Dissertação (Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade- CEPEQ)- Universidade Estadual de São Carlos- Departamento de Produção, São Carlos. 2011.

YANG, Kai; EL-HAIK, Basem. **Projeto para Seis Sigma: Um roteiro para o Desenvolvimento do Produto**. 1.ed. São Paulo: Educator, 2008. 675 p.