

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

LUCAS MARIANO BATTESTIN

**REDUÇÃO NO ÍNDICE DE REJEITOS DE PRODUÇÃO DE
MANGUEIRAS FLEXÍVEIS UTILIZANDO A METODOLOGIA
SEIS SIGMA**

TAUBATÉ – SP

2016

LUCAS MARIANO BATTESTIN

**REDUÇÃO NO ÍNDICE DE REJEITOS DE PRODUÇÃO DE
MANGUEIRAS FLEXÍVEIS UTILIZANDO A METODOLOGIA
SEIS SIGMA**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de Pós-Graduação de Especialização pelo curso de Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, área de Concentração: Qualidade e Produtividade, sob a orientação do Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

TAUBATÉ – SP

2016

LUCAS MARIANO BATTESTIN

**REDUÇÃO NO ÍNDICE DE REJEITOS DE PRODUÇÃO DE MANGUEIRAS
FLEXÍVEIS UTILIZANDO A METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de Pós-Graduação de Especialização pelo curso de Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, área de Concentração: Qualidade e Produtividade, sob a orientação do Prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____ - Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _____ - _____

Assinatura _____

Prof. _____ - _____

Assinatura _____

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as oportunidades e alegrias que tem me dado. Aos meus pais e meu irmão, Josué, Mirian e Victor, que com carinho e confiança me ajudaram a concluir mais esta etapa da minha vida. À minha noiva, Marielle Tavares, pela paciência e apoio, e ao meu amigo Felipe Luz, que tem sido um verdadeiro irmão durante minha vida.

“Conhecimento é o único investimento que certamente te trará lucro.”

RESUMO

Este projeto foi elaborado devido à necessidade de redução do índice de rejeitos gerados em dois processos produtivos. O objetivo do projeto é de reduzir esse índice, que inicialmente era de aproximadamente 10%, para menos de 7%, com o mínimo de recursos possível.

Utilizando a metodologia DMAIC e suas ferramentas de controle da qualidade, pretendemos implantar diversas melhorias de baixo custo ao longo do processo de fabricação, seguindo o ciclo sugerido por esta.

O projeto teve 5 etapas, como proposto pelo DMAIC: Definição, em que são definidos os objetivos, justificativas, dados anteriores, relação do projeto com a empresa e local do projeto; Medição, em que são mensurados os valores propostos na fase anterior; Análise, em que são analisadas as etapas do processo identificadas como causadoras principais; Implementação, em que são implementadas as ações de melhoria; e Controle, em que é feita uma avaliação contínua das melhorias implementadas.

Com as melhorias aplicadas, foi possível verificar uma melhoria significativa nos índices de rejeitos gerados nos processos, chegando à marca de 6,83% com dados coletados na semana 21 de 2015, alcançando o objetivo proposto e gerando uma melhoria de 3,17% nos processos.

Importante ressaltar que nem todas as melhorias propostas foram aplicadas no período proposto, pois algumas tinham prazos que excediam a data limite para apresentação do projeto, o que sugere que esse índice pode reduzir ainda mais.

Esse projeto foi de grande importância para os processos nos quais foi aplicado, pois gerou novas oportunidades de melhoria na qualidade e no custo do produto e do processo, satisfazendo assim os objetivos da empresa, que são o foco no cliente e a redução de custos.

Palavras-chave: Qualidade, Seis Sigma, Ferramentas da Qualidade, Redução de Rejeitos, Mangueiras Flexíveis.

ABSTRACT

This Project was developed due to the need of reducing the Scrap percentual, which was generated in two productive processes. The main objective is to reduce this percentual, that in the beginning was approximately 10%, to less than 7%, using the minimum resources as possible.

Using DMAIC methodology and its quality tools, we intent to implement several low costs improvements in the producing process, following its suggested cycle.

This project contains 5 steps, as proposed by DMAIC: Define, where we define the objectives, needs, past data, company needs and location of the project; Measurement, where are measured the values mentioned in the last step; Analysis, where are analyzed the process steps set as critical; Implement, where are implemented the proposal improvements; Control, where is made the continuous control of the actions.

With those improvements, we had a significant improvement in the Scrap percentual, reaching 6,83% with data collected in week 21 of 2015, achieving the proposed objective and resulting in an improvement of 3,17% in both process.

Is important to point that there still some improvements to be implemented, what suggests that this percentual can reach lowers numbers.

This project had a great importance to the process that it was applied, generating new improvements opportunities in product and process quality, reaching the company objectives, which are costs reduction and focus on the client.

Keywords: Quality, Six Sigma, Quality Tools, Scrap Reduction, Flexible Hoses.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - QUADRO QUE DESCREVE AS CARACTERÍSTICAS DE CADA CLASSE HIERÁRQUICA DE UM PROJETO SEIS SIGMA.....	29
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DO CICLO PDCA.....	31
FIGURA 3 - LINHA DO TEMPO: SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	34
FIGURA 4 - PILARES DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	35
FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO DO 5W2H EM ESQUEMA.....	42
FIGURA 6 - CICLO DO FMEA, FONTE: HTTP://WWW.PORTALACTION.COM.BR/CONTROLE-ESTATISTICO-DO-PROCESSO/INTRODUCAO	44
FIGURA 7 - ESCOPO DO PROJETO: PROCESSOS A E B REPRESENTAM, RESPECTIVAMENTE, O PROCESSO WM15 E PLASMA.....	54
FIGURA 8 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA: PROCESSO WM15	55
FIGURA 9 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA: PROCESSO PLASMA.....	55
FIGURA 10 - DIAGRAMA DE PARETO: PROCESSO WM15.....	57
FIGURA 11 - DIAGRAMA DE PARETO: PROCESSO PLASMA	57
FIGURA 12 - ANÁLISE DE NÍVEL SIGMA E DPMO DO PROCESSO A (CAMPO "OPORTUNIDADE DE ERRO" COM VALOR 1, POR SER UM DADO UNILATERAL).....	58
FIGURA 13 - ANÁLISE DE NÍVEL SIGMA E DPMO DO PROCESSO B (CAMPO "OPORTUNIDADE DE ERRO" COM VALOR 1, POR SER UM DADO UNILATERAL).....	58
FIGURA 14 - ILUSTRAÇÃO DE OPERADOR TORCENDO A PEÇA AO RETIRÁ-LA DO TRANSPORTADOR PARA O ESTOQUE.....	60
FIGURA 15 - TRANSPORTADOR DA MANGUEIRA À ESQUERDA E MANDRIL À DIREITA.	60
FIGURA 16 - NA IMAGEM, PODEMOS NOTAR MANGUEIRAS DE DIVERSOS DIÂMETROS DIFERENTES, ENTRE ELAS, DIÂMETROS DE 127, 115, 90 E 80 MILÍMETROS.	61
FIGURA 17 - EXEMPLOS DE BICOS DE CORTE DESGASTADOS, TENDO A SAÍDA DO ARCO DE PLASMA COMPROMETIDA E IRREGULAR.	62
FIGURA 18 - EXEMPLOS DE BICOS DE CORTE EM BOM ESTADO.	62
FIGURA 19 - LISTA DE PARÂMETROS UTILIZADOS DESDE A INSTALAÇÃO DA MÁQUINA.....	63
FIGURA 20 - A IMAGEM MOSTRA UM OPERADOR DEVIDAMENTE TREINADO REALIZANDO A OPERAÇÃO DE MOVIMENTAÇÃO DA MANGUEIRA DE MANEIRA CORRETA.	65
FIGURA 21 - PARTE DA FICHA DE MANUTENÇÃO DIÁRIA DO EQUIPAMENTO, CONTENDO AGORA O CAMPO REFERENTE A SINCRONIA ENTRE O TRANSPORTADOR E O MANDRIL.....	66
FIGURA 22 – NA IMAGEM ACIMA, VEMOS EXEMPLOS DE ESTOQUES IDENTIFICADOS, SEPARADOS POR DIÂMETRO DE MANGUEIRA, JÁ COM MANGUEIRAS DE SEUS RESPECTIVOS DIÂMETROS DENTRO DELES.....	67
FIGURA 23 – A IMAGEM MOSTRA AS GARRAS QUE SEGURAM AS MANGUEIRAS JÁ COM O MATERIAL TROCADO E EM FUNCIONAMENTO.....	68

FIGURA 24 – IMAGEM MOSTRA UMA VISÃO DO PLANO DE CONTROLE DO OPERADOR, DA MANEIRA QUE ELE VISUALIZA ENQUANTO REALIZA AS OPERAÇÕES, CONTENDO A PERIODICIDADE DA TROCA DOS BICOS DE CORTE.	69
FIGURA 25 – A IMAGEM MOSTRA OS PARÂMETROS ATUALIZADOS E TESTADOS QUE DEVERÃO SER UTILIZADOS À PARTIR DESTE PROJETO PELOS OPERADORES NA REALIZAÇÃO DOS CORTES.	70
FIGURA 26 – NA ESQUERDA, PODEMOS VER A TABELA CONTENDO OS TESTES REALIZADOS COM AS AMOSTRAS E OS RESULTADOS OBTIDOS COM OS TESTES, CONCLUINDO QUE PEÇAS COM ATÉ 5° DE TORÇÃO SÃO ACEITÁVEIS. NA DIREITA, VEMOS UM OPERADOR DEVIDAMENTE TREINADO REALIZANDO A OPERAÇÃO PROPOSTA.	71
FIGURA 27 - ANÁLISE DE NÍVEL SIGMA E DPMO DO PROCESSO A ENTRE AS SEMANAS 14 E 21 (CAMPO "OPORTUNIDADE DE ERRO" COM VALOR 1, POR SER UM DADO UNILATERAL).	74
FIGURA 28 - ANÁLISE DE NÍVEL SIGMA E DPMO DO PROCESSO B ENTRE AS SEMANAS 14 E 21 (CAMPO "OPORTUNIDADE DE ERRO" COM VALOR 1, POR SER UM DADO UNILATERAL).	75
FIGURA 29 – A FIGURA MOSTRA A COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS ANTES E DEPOIS DAS MELHORIAS APLICADAS.	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CRONOGRAMA DE ABERTURA DO PROJETO (DMAIC)	50
TABELA 2 - MATRIZ DE CAUSA E EFEITO: PROCESSO WM15	56
TABELA 3 - MATRIZ DE CAUSA E EFEITO: PROCESSO PLASMA	56
TABELA 4 - PARTE DA PLANILHA ELABORADA A PARTIR DO <i>WORKSHOP</i> REALIZADO COM OS ESPECIALISTAS DA MÁQUINA DA ALEMANHA	64
TABELA 5 – CRONOGRAMA DE PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE ATIVIDADES	72
TABELA 6 - RESULTADOS ALCANÇADOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS.	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Contexto e Problema	16
1.2	Objetivo	16
1.3	Justificativa	16
2	REVISÃO.....	17
2.1	Qualidade	17
2.1.1	Qualidade para o Cliente	17
2.1.2	Qualidade para a Empresa	18
2.1.3	Qualidade no Atendimento	19
2.2	Seis Sigma.....	20
2.2.1	O surgimento do Seis Sigma	21
2.2.2	Aplicação do Seis Sigma	22
2.2.3	Estrutura do Seis Sigma	23
2.2.3.1	DMAIC	23
2.2.3.1.1	Definir (<i>Define</i>).....	24
2.2.3.1.2	Medir (<i>Measure</i>).....	24
2.2.3.1.3	Analisar (<i>Analyze</i>).....	24
2.2.3.1.4	Implementar (<i>Implement</i>)	25
2.2.3.1.5	Controlar (<i>Control</i>)	25
2.2.3.2	DMADV	25
2.2.3.2.1	Definir (<i>Define</i>).....	26
2.2.3.2.2	Medir (<i>Measure</i>).....	26
2.2.3.2.3	Analisar (<i>Analyze</i>).....	26
2.2.3.2.4	Desenhar (<i>Design</i>).....	26
2.2.3.2.5	Verificar (<i>Verify</i>)	26
2.2.4	Hierarquia do Seis Sigma	26

2.2.4.1	<i>Champion</i>	27
2.2.4.2	<i>Master Black Belts</i>	27
2.2.4.3	<i>Black Belts</i>	27
2.2.4.4	<i>Green Belt</i>	28
2.3	Ferramentas da Qualidade	29
2.3.1	Melhoria Contínua	30
2.3.1.1	Ciclo PDCA.....	30
2.3.1.1.1	Planejar (<i>Plan</i>)	30
2.3.1.1.2	Desenvolver (<i>Do</i>).....	31
2.3.1.1.3	Checar (<i>Check</i>).....	31
2.3.1.1.4	Agir (<i>Act</i>).....	31
2.3.1.2	Kaizen.....	31
2.3.2	Manufatura Enxuta (<i>Lean Manufacturing</i>).....	32
2.3.2.1	As origens do Lean Manufacturing.....	33
2.3.2.2	Os pilares do Lean Manufacturing.....	34
2.3.2.2.1	Jidoka	35
2.3.2.2.2	Just-in-time	36
2.3.2.3	Os Sete Grandes Desperdícios.....	37
2.3.2.3.1	Estoque.....	37
2.3.2.3.2	Superprodução	38
2.3.2.3.3	Superprocessamento	38
2.3.2.3.4	Movimentação.....	39
2.3.2.3.5	Transporte	39
2.3.2.3.6	Espera	40
2.3.2.3.7	Defeito	41
2.3.3	5w2h.....	42
2.3.3.1	What? (O que fazer?).....	42

2.3.3.2	Why? (Por que fazer?)	42
2.3.3.3	Where? (Onde vai ser feito?)	43
2.3.3.4	When? (Quando vai ser feito?).....	43
2.3.3.5	Who? (Quem vai fazer?)	43
2.3.3.6	How? (Como vai ser feito?)	43
2.3.3.7	How much? (Quanto vai custar?)	43
2.3.4	FMEA	43
2.3.4.1	Tipos de FMEA	44
2.3.4.1.1	FMEA de design	44
2.3.4.2	FMEA de processos	44
2.3.4.2.1	FMEA de sistemas	45
2.3.4.2.2	FMEA de serviços	45
2.3.4.3	Mecanismos	45
2.3.5	Controle Estatístico do Processo (CEP)	45
2.3.5.1	Causas de Variação nos Processos Produtivos	46
2.3.5.1.1	Causas de variação comuns	46
2.3.5.1.2	Causas de variação especiais.....	47
2.3.5.2	Controle de Variáveis	47
2.4	Redução de Rejeitos.....	47
2.4.1	Definições.....	47
2.4.1.1	Refugo	48
2.4.1.2	Unidades defeituosas.....	48
2.4.1.3	Desperdício.....	48
2.4.1.4	Sobras	48
2.4.2	Controle dos refugos	48
2.4.2.1	Refugo normal	49
2.4.2.2	Refugo anormal.....	49

2.5	Mangueiras Flexíveis	49
3	METODOLOGIA	50
3.1	Fase Definir	50
3.2	Fase Medir	50
3.3	Fase Analisar	51
3.4	Fase Implementar	51
3.5	Fase Controlar	51
4	RESULTADOS.....	52
4.1	Fase Definir	52
4.2	Fase Medir	54
4.3	Fase Analisar	59
4.3.1	Processo A.....	59
4.3.1.1	X1 – Falta de experiência/treinamento do operador	59
4.3.1.2	X2 – Manuseio da peça ao transportar para estoque	59
4.3.1.3	X3 – Rotação do transportador fora de sincronia	60
4.3.1.4	X4 – Estoque de peças inadequado.....	61
4.3.2	Processo B	61
4.3.2.1	X1 – Falta de atrito na garra.....	61
4.3.2.2	X2 – Bico de corte desgastado.....	62
4.3.2.3	X3 – Parâmetros incorretos.....	63
4.3.2.4	X4 – Critério inadequado.....	63
4.4	Fase Implementar	64
4.4.1	Processo A.....	64
4.4.1.1	X1 – Falta de experiência/treinamento do operador	64
4.4.1.2	X2 – Manuseio da peça ao transportar para estoque	65
4.4.1.3	X3 – Rotação do transportador fora de sincronia	66
4.4.1.4	X4 – Estoque de peças inadequado.....	67

4.4.2	Processo B.....	68
4.4.2.1	X1 – Falta de atrito na garra.....	68
4.4.2.2	X2 – Bico de corte desgastado.....	69
4.4.2.3	X3 – Parâmetros incorretos.....	70
4.4.2.4	X4 – Critério inadequado.....	71
4.5	Fase Controlar.....	72
4.5.1	Processo A.....	72
4.5.1.1	X1 – Falta de experiência/treinamento do operador.....	72
4.5.1.2	X2 – Manuseio da peça do transportador para estoque.....	72
4.5.1.3	X3 – Rotação do transportador fora de sincronia.....	72
4.5.1.4	X4 – Estoque de peças inadequado.....	73
4.5.2	Processo B.....	73
4.5.2.1	X1 – Falta de atrito na garra.....	73
4.5.2.2	X2 – Bico de corte desgastado.....	73
4.5.2.3	X3 – Parâmetros incorretos.....	73
4.5.2.4	X4 – Critério inadequado.....	73
4.6	Resultados alcançados.....	73
4.7	Considerações Finais.....	77
5	CONCLUSÃO.....	78
6	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e Problema

Atualmente, a busca pela redução de custos nos processos produtivos está cada vez maior, devido à necessidade de aumentar o lucro da empresa sobre seus produtos. Um dos grandes problemas que enfrentamos no desenvolvimento de processos produtivos são os rejeitos que são gerados durante o mesmo. O uso de metodologias como o DMAIC, nos ajuda a avaliar o processo como um todo, verificar os pontos que precisam ser melhorados e a aplicar as ações de melhoria que foram desenvolvidas durante o desenvolvimento do projeto.

Para a empresa, esse projeto será necessário para aprimorar os processos produtivos em atividade, buscando a redução de desperdícios, principalmente de materiais, seguindo os conceitos de melhoria contínua visados pela empresa.

1.2 Objetivo

O objetivo desse projeto é reduzir o índice de rejeição de peças nos processos de perfilamento e corte, nas máquinas denominadas, respectivamente, WM15 e Plasma, que atualmente é de 10%, para 7%. Para tal, será utilizada a metodologia DMAIC para organização do projeto, determinando o sequenciamento deste, e também outras ferramentas da qualidade para o desenvolvimento do projeto.

1.3 Justificativa

A empresa em questão solicitou um projeto de melhoria nesses dois processos, devido a serem os processos mais críticos na linha de produção, tendo um o maior índice de rejeição dentre todos os outros.

2 REVISÃO

As disputas de mercado travadas pelas corporações e indústrias atualmente tem despertado a necessidade de aprimorar seus produtos ou serviços, para que se tornem mais atrativos para seus clientes, mas ao mesmo tempo, reduzindo os gastos para produzi-los, para aumentar seu lucro.

Para alcançar esse objetivo, essas corporações buscam frequentemente pelo “processo perfeito”, em que não existam defeitos, paradas de produção, tempos de *set up*, estoques, movimentações, quebras e etc. Essa busca resultou no desenvolvimento de ferramentas para auxiliar a alcançar tais objetivos, como o *Six Sigma* e o *Lean Manufacturing*.

2.1 Qualidade

No que diz respeito aos produtos e/ou serviços vendidos no mercado, há várias definições para qualidade: "conformidade com as exigências dos clientes", "relação custo/benefício", "adequação ao uso", "valor agregado, que produtos similares não possuem"; "fazer certo à primeira vez"; "produtos e/ou serviços com efetividade". Enfim, o termo é geralmente empregado para significar "excelência" de um produto ou serviço.

A qualidade de um produto ou serviço pode ser olhada de duas ópticas: a do produtor e a do cliente, ainda conforme Deming "A qualidade só pode ser definida em termos de quem a avalia". Do ponto de vista do produtor, a qualidade se associa à concepção e produção de um produto que vá ao encontro das necessidades do cliente. Do ponto de vista do cliente, a qualidade está associada ao valor e às utilidades reconhecidas ao produto, estando em alguns casos ligada ao preço.

2.1.1 Qualidade para o Cliente

Do ponto de vista dos clientes, a qualidade não é unidimensional. Quer dizer, os clientes não avaliam um produto tendo em conta apenas uma das suas características, mas várias. Por exemplo, a sua dimensão, cor, durabilidade, design, funções que desempenha etc. Assim, a qualidade é um conceito multidimensional. A

qualidade tem muitas dimensões e é por isso mais difícil de definir. De tal forma, que pode ser difícil até para o cliente exprimir o que considera um produto de qualidade.

O cliente não avalia se um produto e ou serviço possuem qualidade apenas pelo preço, ou por determinada característica, pelo contrário, a qualidade é determinada quando o produto e ou serviço atingem a expectativa do cliente. A definição de qualidade deve sempre estar relacionada com a satisfação do cliente.

2.1.2 Qualidade para a Empresa

Do ponto de vista da empresa, contudo, se o objetivo é oferecer produtos e serviços (realmente) de qualidade, o conceito não pode ser deixado ao acaso. Tem de ser definido de forma clara e objetiva. Isso significa que a empresa deve apurar quais são as necessidades dos clientes e, em função destas, definir os requisitos de qualidade do produto. Os requisitos são definidos em termos de variáveis como: comprimento, largura, altura, peso, cor, resistência, durabilidade, funções desempenhadas, tempo de entrega, simpatia de quem atende ao cliente, rapidez do atendimento, eficácia do serviço, etc. Cada requisito é em seguida quantificado, a fim de que a qualidade possa ser interpretada por todos (empresa, trabalhadores, gestores e clientes) exatamente da mesma maneira.

Os produtos devem exibir esses requisitos, a publicidade se faz em torno desses requisitos (e não de outros), o controle de qualidade visa assegurar que esses requisitos estão presentes no produto, a medição da satisfação se faz para apurar em que medida esses requisitos estão presentes e em que medida vão realmente ao encontro das necessidades. Todo o funcionamento da "empresa de qualidade" gira em torno da oferta do conceito de qualidade que foi definido.

Controle da qualidade, garantia da qualidade e gestão da qualidade são conceitos relacionados com o de qualidade na indústria e serviços. Os conceitos são usados em várias áreas, inclusive qualidade de software. Gestão da qualidade é o processo de conceber, controlar e melhorar os processos da empresa, quer sejam processos de gestão, de produção, de marketing, de gestão de pessoal, de faturação, de cobrança ou outros. A gestão da qualidade envolve a concepção dos processos e dos produtos/serviços, envolve a melhoria dos processos e o controle de qualidade. Garantia da qualidade são as ações tomadas para redução de defeitos. Controle da qualidade são as ações relacionadas com a medição da

qualidade, para diagnosticar se os requisitos estão a ser respeitados e se os objetivos da empresa estão a ser atingidos.

2.1.3 Qualidade no Atendimento

Das várias faces abordadas pela Qualidade Total, o Atendimento é fundamental, pois é o atendimento que realiza a interação organização-cliente. As pessoas conhecem a organização através de suas instalações físicas e de seu contato com os funcionários dessa organização, e é justamente aqui que a Qualidade consegue detectar um grande problema. Quais são as pessoas que constituem a “linha de frente” de qualquer organização? Quando temos um primeiro contato, com qualquer organização do mundo, seremos atendidos ou por uma recepcionista, se formos pessoalmente, ou por uma telefonista, se utilizarmos o telefone. Ou seja, pessoas que muitas vezes tem um nível de comprometimento pequeno com os resultados da organização. E aí está o problema, pois toda a primeira impressão nas mãos de alguém que poderá estar desmotivado, mal informado e, até, na pior das hipóteses, propositalmente querendo jogar “contra”, podendo ser mal educado, grosseiro, etc.

A solução para este problema está no treinamento. As pesquisas sobre motivação e produtividade não são recentes. Já entre 1927 e 1932 na fábrica Hawthorne da Western Electric Company (Chicago, EUA), Elton Mayo deduziu que “os operários tendem a congregar-se em grupos informais com o fim de preencher um vácuo em suas vidas, resultante de uma necessidade básica de cooperação e camaradagem.”. A intuição de Mayo foi confirmada por uma pesquisa realizada na respeitável Escola Superior de Administração de Empresas da Universidade de Harvard. A pesquisa indicou que para aumentar a produtividade era necessário que “se estabelecessem melhores comunicações a fim de que a gerência e os trabalhadores tivessem, constantemente, uma ideia mais favorável das opiniões uns dos outros...”. O funcionário precisa sentir-se valorizado. Essa valorização permite que o mesmo execute suas funções de forma mais responsável e comprometida.

Voltando à conclusão de Mayo, o trabalhador quer sentir-se importante naquilo que faz, enfim, necessita de reconhecimento. E é justamente aqui que encontramos outra gama de dificuldades na implantação de uma gestão de Qualidade: nós não estamos acostumados a estimular o bom trabalho individual.

Como podemos esperar que o funcionário de atendimento repasse sentimentos de compreensão e interesse pelos problemas do público se ele próprio não dispõe da compreensão e interesse de seus superiores? Como vemos, é uma questão cultural que deve ser entendida para ser superada. E só o treinamento propicia isto.

Qualquer pessoa com vivência de fábrica sabe que, quanto a seu funcionamento, gerentes – e até mesmo diretores – não fazem muita diferença. Numa obra de construção civil acontece coisa parecida com os engenheiros responsáveis. Em todos esses casos, quem ‘toca’ o negócio pra frente, na prática, são sempre os supervisores, mestres-de-obras ou líderes, ou seja, aqueles que comandam diretamente as equipes de trabalho. Eles podem decretar o sucesso (ou o fracasso) de uma campanha de contenção de despesas, impedir (ou facilitar) a deflagração de uma greve, esclarecer (ou deturpar) as informações que a direção da empresa deseja transmitir a todos os trabalhadores, etc.

(LOBOS, 5 – p.41)

2.2 Seis Sigma

O conceito Seis Sigma, ou *Six Sigma*, é, basicamente, um conjunto de métodos, práticas e filosofias, que são utilizados com o único objetivo de tornar um processo produtivo “perfeito”, na visão gerencial e empresarial. Ou seja, um processo sem defeitos, em que sua sistemática flua de acordo com o planejado, sem perdas ou prejuízos.

Segundo Campos (1999), esse conceito traz uma nova forma de quantificar a qualidade de um produto. A qualidade seis sigma indica que o produto está em um patamar de excelência, totalmente de acordo com o exigido, indicado que a produção de defeitos por este é extremamente baixa.

Para Perez-Wilson (1999), Seis Sigma é uma filosofia, a qual busca continuamente por melhorias no processo e a redução da variação destes, como foco no zero defeito, e mantendo como objetivo principal, a excelência em todas as práticas da organização.

Rotondaro (2008) trata o Seis Sigma como uma filosofia focada na maximização dos trabalhos de uma organização, não sendo apenas um programa para redução de custos, complexo e com cálculos estatísticos exaustivos, mas uma mentalidade que deve ser adotada por todos da organização, que é fundamental para o sucesso de qualquer organização que o busca, implantando nos interessados a mentalidade da importância em ouvir e compreender os clientes dessa organização, tanto internos quanto externos, focando principalmente no cliente e no produto que essa oferece. Ele ainda diz que, essa filosofia é um método estruturado, que adiciona qualidade nos produtos por meio da melhoria contínua dos processos, levando em conta todos os aspectos tidos como importantes para o negócio.

O Seis Sigma é tido por muitos autores e empresas como uma arma estratégica, que tem como função acelerar e aperfeiçoar os processos produtos e serviços das organizações que a utilizam, buscando alcançar a excelência na competitividade através da melhoria contínua de seus processos.

Seis Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos produtos e serviços. O termo “Sigma” (sigma é a 18.^a letra do alfabeto grego) mede a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas. Quando falamos em “Seis Sigma”, significa redução da variação no resultado entregue aos clientes numa taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de perfeição.

Campos (Revista Exame nº 689, ano 32, nº 11, jun./99).

2.2.1 O surgimento do Seis Sigma

O surgimento dessa metodologia começou quando em 1981, Bob Galvin, então presidente da Motorola, decidiu aplicar o programa de melhoria utilizado pelo então CEO da Hewlett-Packard (HP), John Young, em 1980, denominado 10X objetivos para melhoria da confiabilidade do produto. Nessa época, a Motorola destinava cerca de 5% e 10% (chegando até a 20%) dos seus investimentos para corrigir defeitos em seus produtos. Por tanto, para a Motorola, desenvolver um método de acabar com esses defeitos era um caso de sobrevivência para a empresa.

Entretanto, Galvin quis superar o exemplo que tinha tomado, e buscou realizar em 5 anos, o que Young realizou em 10 anos. A partir daí, a Motorola passou a buscar por metodologias que melhorassem seus processos e reduzissem seus gastos. Com isso, Bill Smith, um engenheiro das Motorola, ficou responsável por estudar a vida útil de um dos produtos da Motorola, e com qual frequência esse produto sofria reparos durante o processo. Em 1985, ele conseguiu apresentar um trabalho em que concluía que, se os defeitos que ocorriam nesse produto fossem detectados e corrigidos durante o próprio processo, estatisticamente, era improvável que existissem falhas na inspeção final do produto.

A partir daí, se iniciou a ideia do Seis Sigma, que era possuir um processo livre de defeitos, para que o produto final tivesse a maior qualidade possível, reduzindo gastos com retrabalhos e perdas de produtos.

Posteriormente, a Motorola fez diversas parcerias para o desenvolvimento da ideia, estabelecendo assim o Instituto de Investigação Seis Sigma, em Schaumburg, Illinois, dando início ao então esclarecimento estatístico da ferramenta, pelo Dr. Mikel K. Harry, que coordenou os estudos desenvolvendo as ferramentas e estratégias para o desenvolvimento da metodologia que mudaria os conceitos de qualidade nos dias atuais. Em seguida, essa metodologia foi crescendo nas grandes organizações, passando a ser mundialmente conhecida quando em 1995, Jack Welch, utilizou de seus métodos na General Electric, mostrando sua eficiência nos processos, se tornando um dos principais temas da Qualidade Total.

2.2.2 Aplicação do Seis Sigma

O Seis Sigma hoje é utilizado por diversos tipos e segmentos de indústrias, não apenas as de manufatura, mas também podemos encontrar bancos, hospitais, construtoras, seguradoras, indústrias de softwares, dentre outros diversos segmentos que atualmente utilizam essa metodologia e já tem resultados que mostram a eficiência dessa ferramenta.

De acordo com Marti Beltz, instrutora seis sigma da American Society for Quality e consultora de qualidade em saúde: “Usando Seis sigma, se produz um efeito sinérgico não só economicamente, mas também em termos de qualidade no atendimento e a satisfação do paciente e da equipe hospitalar.”, ou seja, o uso da metodologia, não somente traz a satisfação dos clientes e dos funcionários, como

também aumenta o capital da empresa, no caso, um hospital. Beltz também cita um exemplo prático que presenciou: “Por que não montar um vestiário anexo, mas fora da sala de imagens, para aumentar o fluxo do processo de exames? Na nossa experiência isso aumentou em três vezes a capacidade, aumentando a receita.”.

Em Agosto do ano 2000, Alexis P. Gonçalves, Master Black Belt do Citigroup, que integra o Citibank, deu um depoimento sobre a implantação do Seis Sigma no Citibank. Ele relata o início da ideia de utilizar essa metodologia na organização, pelo então *chairman* da organização, John Reed, em 1997. “Nesse momento, Reed visualizou que para sustentar uma estratégia de crescimento global a longo prazo, era necessário implementar um sistema de gestão que fomentasse a contínua busca da excelência.”, explica Alexis. Após uma série de acordos com a Motorola, o Citibank envia diversos executivos de diversas áreas de negócio da organização para realizarem um treinamento de Black Belts na Motorola University, para em seguida, treinarem os demais membros da organização e implantarem a metodologia em todos os bancos do grupo. Alexis afirma que os resultados foram ótimos para o Citibank, e que não demoraram a chegar. “No ano passado, somente para a Divisão Banca Corporativa, foram registrados na América Latina 183 projetos, que trouxeram um benefício financeiro de 19 milhões de dólares. Para este ano, a Divisão Banca Corporativa na América Latina tem como objetivo alcançar um total de 71 milhões de dólares em benefícios financeiros através de projetos Seis Sigma.”.

Para a General Eletric, o Seis Sigma é tido como “a mais importante iniciativa que a GE já empreendeu”, pois foi com ela que a empresa conseguiu dar um salto econômico de mais de 1,5 bilhões de dólares no ano em que foi implantada (1999).

Existem diversos exemplos de que essa metodologia é muito benéfica para diversas organizações, independente do segmento.

2.2.3 Estrutura do Seis Sigma

O modelo Seis Sigma pode ser dividido em duas estruturas gerenciais para o projeto, o DMAIC e o DMADV.

2.2.3.1 DMAIC

O DMAIC é usado em situações em que um determinado problema ocorre repetidamente, ou seja, um problema contínuo, que possua um histórico de falhas ou de irregularidades. O DMAIC deve sempre estar alinhado com o plano estratégico

da empresa e com as demandas do cliente, exigindo assim uma coleta e verificação de dados para comparação com o antes e o depois, visando o melhor desempenho do processo. A sigla significa, da sua origem em inglês, Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Implementar (*Implement*) e Controlar (*Control*).

2.2.3.1.1 Definir (*Define*)

A primeira fase é onde é feita a identificação do projeto, onde são explicados os objetivos do projeto, analisadas as métricas do projeto e comparadas com o plano estratégico da empresa, explicados os problemas que levaram à abertura do projeto, as metas do projeto, a equipe do projeto e todos os termos de abertura do projeto, que devem ser definidos para que o projeto tenha uma base sólida.

Essa fase geralmente vem acompanhada do termo de abertura do projeto, definição dos KPIs referentes ao processo em que a melhoria será aplicada e informações que sejam pertinentes para que possam ser esclarecidas as metas e o escopo do projeto.

2.2.3.1.2 Medir (*Measure*)

Como o próprio nome diz, essa é a fase em que são coletadas as informações numéricas e históricos de dados referentes ao processo, para que possam ser analisados e planilhados. Essa fase é fundamental, pois é a partir dela que iremos ter a base para justificar os investimentos que serão aplicados no projeto.

Nessa fase são comumente utilizados os gráficos de tendências, gráficos de pareto, fluxogramas e outras ferramentas de medição de capacidade do processo.

Após a aplicação dessas ferramentas, os dados são comparados para definição das causas e efeitos das falhas, e elaborada análise de modos de falhas e efeitos.

2.2.3.1.3 Analisar (*Analyze*)

Nessa fase são realizados os cruzamentos estatísticos para determinar se realmente existem relações entre as causas e os efeitos detalhados na fase anterior. Para isso, são realizadas as análises de causa raiz, processo, dados coletados, recursos e comunicação, e ao final, determinadas quais as melhorias que serão realmente aplicadas ao processo.

2.2.3.1.4 Implementar (*Implement*)

Essa é a fase em que é elaborado o plano de ação do projeto, o documento mais importante do DMAIC. Para isso, deverão ser reunidos funcionários de todos os setores participantes do projeto, desde os operadores que trabalham no processo, até o gerente responsável pelo processo em que se aplica o projeto, para elaboração do documento.

Esse documento deverá sempre conter, pelo menos, as seguintes informações: ação a ser tomada, com base nas definições tomadas na fase analisar; responsável por cada ação; data para implementação da ação.

É muito comum nessa fase, a utilização de ferramentas como o 5W2H, em que são feitas as perguntas, “o que deve ser feito?”, “onde deve ser feito?”, “quando deve ser feito?”, “quem deve fazer?”, “como deve ser feito?” e “o quanto deve ser feito?”, formando um plano de ação mais completo.

2.2.3.1.5 Controlar (*Control*)

A última fase do projeto consiste na criação de sistemáticas para o controle das melhorias aplicadas, ou seja, criação de documentos, dispositivos e métodos para que as práticas aplicadas não se percam e o processo volte a ter o mesmo desempenho que tinha anteriormente.

2.2.3.2 DMADV

O DMADV, também conhecido por DFSS (*Design for Six Sigma*), ao contrário do DMAIC, é focado no desenvolvimento de novos produtos e processos, auxiliando na análise de solução de problemas. Para essa metodologia, é necessário mais do que as ferramentas da qualidade, como também o conhecimento técnico sobre o produto ou processo em que será trabalhado, desta forma, aumentando a capacidade do projeto transformar informação em conhecimento. A sigla tem um significado parecido com a do DMAIC, alterando apenas as duas últimas letras, ficando Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Desenhar (*Design*) e Verificar (*Verify*).

2.2.3.2.1 Definir (*Define*)

Da mesma forma em que no DMAIC, essa fase visa definir os objetivos do projeto e deixá-los claros para que todos possam entender que estão de acordo com as demandas dos clientes e com o plano estratégico da empresa.

2.2.3.2.2 Medir (*Measure*)

Também segue o mesmo princípio dessa fase no DMAIC, embora tenha um foco maior na identificação das características críticas para a qualidade, capacidade do produto, processo e produção e dos riscos do projeto.

2.2.3.2.3 Analisar (*Analyze*)

Essa fase busca desenvolver e projetar alternativas para o desenho ou processo em questão, para que esse possa ser melhorado. O objetivo é elaborar diversos desenhos e processos de alto nível, para em seguida ser feita uma avaliação minuciosa em quais se aplicariam melhor ao projeto e quais seriam uma melhor opção para implantação.

2.2.3.2.4 Desenhar (*Design*)

Nessa fase, serão escolhidos os desenhos de produtos e processos que mais se enquadram no projeto, que foram definidos na fase anterior, para um detalhamento mais aprofundado nos desenhos, onde são otimizados os projetos elaborados e planejada a verificação do desenho. Normalmente, são feitos diversos testes nos desenhos, diversos desenhos diferentes, para a verificação de qual é o mais adequado.

2.2.3.2.5 Verificar (*Verify*)

É a última fase do projeto, em que são feitas as verificações nos desenhos do projeto, implantação do processo ou produto piloto, para avaliação geral, e por fim, a implantação final do processo ou do produto, para que o projeto seja fechado e entregue aos *stakeholders*.

2.2.4 Hierarquia do Seis Sigma

Os projetos Seis Sigma são caracterizados por terem uma hierarquia própria, que deve ser seguida em todos os projetos que utilizam essa metodologia, e que guia os projetos do início ao fim.

Normalmente, como ocorre em grandes empresas como GE, 3M e outras, é incumbida a um alto executivo a tarefa de incentivar e supervisionar em tempo integral as iniciativas Seis Sigma em toda organização. Nesse posto, o alto executivo irá desenvolver todo o plano Seis Sigma e em seguida disseminar pela corporação. A partir de então, esse alto executivo deve determinar quem ocupará o mais alto posto no projeto Seis Sigma, o *Champion* do projeto, para que em seguida esse determine os demais participantes do projeto.

2.2.4.1 *Champion*

Os *Champions* ocupam o mais alto posto num projeto Seis Sigma, sendo os principais responsáveis pela preparação da organização para a implantação das mudanças.

Em grandes corporações, muitas das vezes, para que os *Champions* não fiquem sobrecarregados pelo projeto, existe uma figura responsável por dar suporte a eles na identificação de projetos de melhoria e na coordenação do trabalho, os chamados *Master Black Belts*.

2.2.4.2 *Master Black Belts*

Os *Master Black Belts* são responsáveis por assessorar os *Champions* na sua busca por projetos de melhoria pela organização e coordenando esses projetos.

Eles são quem definem quem irá disseminar o conhecimento Seis Sigma pela empresa, quem irá levar a todos os setores envolvidos e ficar responsável por promover os projetos que irão de encontro com os objetivos do Seis Sigma determinado pelo *Champion*. Essas pessoas são intituladas *Black Belts*.

2.2.4.3 *Black Belts*

Os *Black Belts*, a partir do momento em que são elegidos, devem dedicar 100% do seu tempo ao projeto, sendo responsáveis por estudar, pensar e aprender como inovar na solução de problemas e no aumento da lucratividade.

Normalmente um *Black Belt* fica responsável por entre 4 e 6 projetos por ano, que podem gerar de US\$75 mil a US\$175 mil por projeto em redução para a empresa. O principal foco do *Black Belt* é ensinar e auxiliar os funcionários da organização a mudarem suas rotinas para se adaptarem ao Seis Sigma, exigindo

deles uma habilidade de liderança, para conduzir essa transição. Além de liderança, um futuro *Black Belt* precisa de algumas características específicas:

- Ter experiência de pelo menos 5 anos em sua área de atuação (pode ser tanto engenheiro como administrador, por exemplo);
- Ter sólidos conhecimentos de Estatística (não é necessário ser um especialista, mas é imprescindível saber o que é média, desvio-padrão, teste de correlação, análise de variância etc);
- Ter excelente compreensão da língua inglesa (a maioria das publicações sobre o Seis Sigma é em inglês);
- Ser dinâmico e ter a firme disposição de efetuar mudanças (pessoas que ficam esperando que lhes digam o que fazer, não servem para ser *Black Belts*);
- Ter habilidade para organizar e acompanhar projetos, e para coordenar equipes de trabalho multifuncionais.

Como os *Black Belts* geralmente são responsáveis por mais de um projeto, seria muito difícil acompanharem de perto o desempenho dos funcionários e até dos setores no projeto, por essa razão, existe outro grupo de integrantes do projeto que dedicam parte do seu tempo para ajudar os *Black Belts*, os *Green Belts*.

2.2.4.4 Green Belt

Os *Green Belts* possuem uma responsabilidade bem menor pelo projeto do que os *Black Belts*, além de dedicarem apenas parte de sua jornada de trabalho ao projeto.

Normalmente os *Green Belts* estão envolvidos apenas nos projetos relacionados às suas atividades diárias, ou em projetos aplicados em seu setor. Na maioria das vezes, os *Green Belts* estão envolvidos apenas na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos para os projetos aplicados pelos *Black Belts*, mas algumas vezes, também desenvolvem seus próprios projetos de melhorias, suportados pelos *Black Belts*, quando se tratam de projetos voltados para o seu próprio setor ou para áreas em que ele tenha pleno conhecimento.

Na figura 1, é possível verificar as qualificações e os treinamentos necessários para cada um desses profissionais.

	<i>CHAMPIONS</i>	<i>BLACK BELTS</i>	<i>GREEN BELTS</i>
QUALIFICAÇÕES	Diretores e gerentes. Familiaridade com Estatística.	Formação superior. Sólidos conhecimentos de Estatística.	Experiência técnica e administrativa. Familiaridade com ferramentas estatísticas básicas.
TREINAMENTO	Três dias ou uma semana de treinamento (30 ou 50 horas).	Quatro meses de treinamento (200 horas + projeto).	Dois meses de treinamento (100 horas + projeto).
NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS TREINADOS	Um <i>Champion</i> por área-chave da empresa.	Um <i>Master Black Belt</i> para cada 30 <i>Black Belts</i> (em grandes empresas).	Um <i>Green Belt</i> para cada 20 funcionários.

Figura 1 - Quadro que descreve as características de cada classe hierárquica de um projeto Seis Sigma.
Fonte: Convibra (2016)

2.3 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são utilizadas para definir, mensurar, analisar e propor soluções aos problemas identificados que interferem no desempenho dos processos organizacionais. Ajudam a estabelecer melhorias de qualidade. Surgiram na década de 50 com base nos conceitos e práticas existentes naquela época e a partir daí vem sendo utilizadas nos sistemas de gestão, através de modelos estatísticos que auxiliam na melhoria dos serviços e processos.

Elas também são técnicas utilizadas para melhorar a qualidade de projetos, produtos, sistemas e processos.

Algumas ferramentas de gestão da qualidade ajudam a identificar possíveis problemas que venham a ocorrer em um determinado projeto/produto de modo que haja uma ação preventiva para um futuro desvio, ou ainda fornecem uma maneira de analisar a negatividade ou ineficácia de um processo em questão.

Outras ferramentas da qualidade são usadas para priorizar ações, e outras apenas servem para listar causas e efeitos dos elementos em um projeto ou processo que possam ter seus resultados afetados.

Existem diversas ferramentas utilizadas atualmente em diversos segmentos, mas algumas são essenciais para as indústrias, como:

2.3.1 Melhoria Contínua

A melhoria contínua é uma cultura que é adotada especialmente por empresas, que visa à realização de pequenas melhorias, geralmente melhorias rápidas, de curto prazo, e com pouco ou nenhum valor de investimento, gerando resultados grandes quando analisadas em conjunto.

Por possuir esse aspecto cultural, a melhoria contínua é considerada uma filosofia de negócio, que é planejada pelos *Stakeholders* como uma fonte lucrativa de mudança, que deve estar presente em todos os setores da empresa.

A melhoria contínua possui duas ferramentas que ajudam na implementação e na aplicação dessa filosofia, que são o Ciclo PDCA, que é o método americano, e o *Kaizen*, que é o método japonês.

2.3.1.1 Ciclo PDCA

O ciclo pdca surgiu a partir do ciclo de Shewhart, que em 1951, no Japão, foi aprimorado por William Edwards Deming, um estatístico americano considerado o pai do controle da qualidade moderno.

Esse método é um sistema de gestão baseado em quatro passos, que derivados do inglês significam: planejar (*plan*), desenvolver (*do*), checar (*check*) e agir (*act*). Esse método é muito utilizado para o controle de melhoria contínua de processos e produtos

2.3.1.1.1 Planejar (*Plan*)

O primeiro passo dessa metodologia é estabelecer os objetivos que deverão ser alcançados. É sempre muito importante expor todas as variáveis incluídas no processo e todas as informações que são pertinentes à melhoria que está sendo visada, pois esse passo é a base para que os outros sejam bem definidos e executados, garantindo o resultado no final do projeto.

Feito isso, deverá ser elaborado o plano de ação para a implantação das melhorias discutidas.

2.3.1.1.2 Desenvolver (*Do*)

É a etapa em que são aplicadas as ações definidas na etapa anterior, portanto, cada responsável deve atentar para seguir o escopo planejado, executando tudo o que foi proposto.

2.3.1.1.3 Checar (*Check*)

Essa é a etapa em que os resultados alcançados são comparados com os resultados esperados, para determinar se o projeto foi eficaz ou não.

2.3.1.1.4 Agir (*Act*)

Na última etapa do ciclo, é onde são tomadas as ações finais do projeto, pois nesse ponto, já temos todas as informações necessárias para progredir com o projeto.

De acordo com os resultados encontrados na etapa anterior, podemos agir para corrigir possíveis irregularidades encontradas nas melhorias, para garantir que essas sejam efetivas, ou elaborar uma tratativa para garantir que as melhorias aplicadas sejam constantemente utilizadas, sem que volte ao que era anteriormente.

Na figura 2, é possível ver o ciclo completo do Ciclo PDCA.



Figura 2 - Representação do Ciclo PDCA

Fonte: Gestqual (2016)

2.3.1.2 Kaizen

Desenvolvido no Japão, nos anos 50, o *Kaizen* é um conceito que visa à melhoria contínua de processos, produtos e dos próprios indivíduos. Basicamente,

essa metodologia busca a aplicação de pequenas melhorias diárias, de baixo ou nenhum custo, mas que gerem impacto no lugar onde foram aplicadas, podendo ser num processo produtivo, num produto ou até mesmo numa pessoa.

Essa metodologia é muito ampla e simples de ser aplicada, de tal forma que pode ser aplicada desde processos de manufatura, engenharia e gestão de negócios ou até mesmo na área da saúde, psicoterapia, governos, bancos e diversos outros ambientes.

O significado da palavra *Kaizen* vem do Japonês *Kai*, que significa melhor e *Zen*, que significa melhor, podendo ser traduzido como mudar para melhor.

Existem diversas formas de se aplicar o *Kaizen*, mas tão importante quanto aplicar é controlar os resultados, e para isso normalmente são utilizados os indicadores de desempenho.

Os Indicadores de Desempenho são uma ferramenta fundamental para todos os processos de uma organização, pois eles trazem o *feedback* para os gestores do que está acontecendo dentro da empresa e em seus processos, permitindo que a organização avalie, obtenha *feedback* do cumprimento das ações e sincronize o seu negócio, bem como o serviço e todos os colaboradores em prol dos objetivos organizacionais, contribuindo para que exista inter-relacionamento departamental, integração, interação, criatividade e sinergia, além de propiciar, a realização de medidas financeiras e não-financeiras, de comunicação, permitindo haver o *feedback* com relação ao planejamento estratégico adotado com as ações operacionais.

O maior objetivo dos indicadores de desempenhos é alinhar tudo o que ocorre dentro da empresa de acordo com a estratégia organizacional, buscando o cumprimento das ações e objetivos traçados pelos *stakeholders*.

2.3.2 Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*)

O *Lean Manufacturing*, ou Manufatura Enxuta, também conhecida como o Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia de gestão de produção e de processos que prega a redução de desperdícios nos processos produtivos, tanto de manufatura, quanto sistêmicos, focando nos chamados de “Sete desperdícios da produção enxuta”, que são os desperdícios por superprodução, tempo de espera,

transporte, super-processamento, inventário, movimento e defeitos. De acordo com essa filosofia, caso todos esses desperdícios sejam eliminados, teremos então o “processo perfeito”.

O conceito do *Lean Manufacturing* foi desenvolvido, principalmente, pelo executivo da Toyota Taiichi Ohno, durante uma fase em que a empresa estava à beira da falência. O termo “*Lean Manufacturing*” foi popularizado no livro de J. P. Womack e D. T. Jones, *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production (A máquina que mudou o mundo: A história da produção enxuta)*, publicado em 1990, nos Estados Unidos.

2.3.2.1 As origens do Lean Manufacturing

Apesar de considerarmos o principal fundador do conceito sendo Taiichi Ohno, sua criação dependeu de vários acontecimentos, que por fim, resultaram no conceito como conhecemos atualmente.

Sakichi Toyoda, fundador da Toyoda Automatic Looms, com o objetivo de facilitar a vida de sua mãe e de milhares de outros trabalhadores, criou em 1892 o primeiro tear automatizado do Japão, capaz de realizar trocas automáticas e de parar automaticamente a produção, caso o fio arrebentasse. Esse conceito em que a máquina para e indica automaticamente ao detectar um erro é denominado Jidoka, que é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção.

A seguir, em 1929, seu filho, Kiichiro Toyoda, vai para os Estados Unidos buscando licenciar a fabricação dos teares de seu pai. Ao ver os automóveis e a indústria automobilística em pleno crescimento, decidiu, ao voltar para o Japão, iniciar em 1933, uma linha de produção de automóveis dentro da própria indústria de seu pai, lançando em 1936 seu primeiro automóvel, o Standard Sendan AA 1936, ainda com a marca Toyoda.

Em 1937, Kiichiro funda a Toyota Motor Company, e convida seu sobrinho, Eiji Toyoda, para trabalhar com ele e logo no ano seguinte, lança o programa Just-in-time, que pregava que os produtos e matérias-primas deveriam ser transportados e chegar ao local de utilização, somente no exato momento em que devessem ser utilizados, evitando assim a criação de estoques desnecessários e desperdícios de espaço, sendo outro dos pilares do Sistema Toyota de Produção.

Em 1943, Taiichi Ohno, considerado o pai do Sistema Toyota de Produção, juntou-se ao time da Toyota Motor Company, e em 1953, o engenheiro Shigeo Singo, ingressou como consultor de qualidade da Toyota Motor Company, completando assim, o time responsável pela criação do Sistema Toyota de Produção. No ano seguinte, em 1954, Ohno aplicou o sistema *Kanban* na empresa, que é uma identificação visual para que o Just-in-time seja aplicado de maneira correta e efetiva, sendo outro dos pilares do Sistema Toyota de Produção.

Todos esses fatos contribuíram para a criação de um sistema estratégico de manufatura, fazendo com que a empresa obtivesse lucro e sustentabilidade, garantindo seu crescimento e o ingresso novamente no mercado automobilístico. Com isso, foi criado o Sistema Toyota de Produção, desenvolvido com a liderança de Taiichi Ohno, baseado nos princípios do sistema fundamental da produção, descrito por Henry Ford, e nos sistemas de operação dos supermercados americanos, em que os produtos eram repostos na medida em que eram consumidos.

A figura 3, representada abaixo, mostra a linha do tempo do Sistema Toyota de Produção:



Figura 3 - Linha do Tempo: Sistema Toyota de Produção

Fonte: Gestão Industrial (2016)

2.3.2.2 Os pilares do Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* é baseado em dois pilares principais, que são necessários para que haja um funcionamento ideal dessa filosofia, o que torna impossível a existência dessa em qualquer organização, sem que haja a aplicação de ambos.

Na figura 4, representada abaixo, temos um esquema representando os pilares do *Lean Manufacturing*.

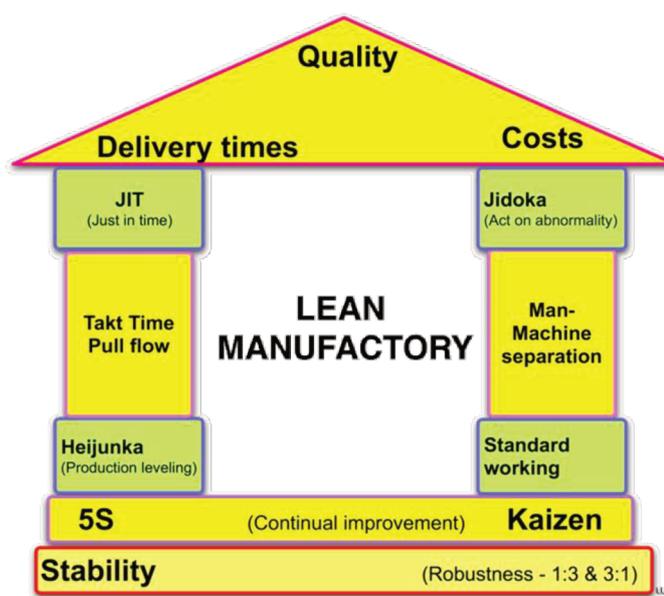


Figura 4 - Pilares do *Lean Manufacturing*

Fonte: Charly Blog (2016)

2.3.2.2.1 Jidoka

O *Jidoka*, também conhecido como Autonomia, consiste na automação de uma máquina de modo que ela tenha total liberdade para parar o processo produtivo, sempre que detectar uma falha no produto, indicando para o operador qual a falha detectada. Para Shingo (1989), a Autonomia é diferente da Automação, pois no primeiro caso, confere-se à máquina uma autonomia, ou seja, um toque humano, para que ela possa realizar as paradas sempre que necessário, sem qualquer intervenção humana, se não na hora da resolução do problema.

Esse conceito também é tido como uma filosofia, pois vai além da simples modificação da máquina, concedendo ao próprio operador a autonomia de parar a produção sempre que perceber a possível ocorrência de um problema, tendo que dar ciência a todos os demais operadores e membros envolvidos a produção do possível problema, para que assim alguma melhoria possa ser implantada. Desta forma, o *Jidoka* se torna uma filosofia diretamente ligada ao controle de qualidade de produto e processo, tornando o processo de inspeção incorporado à manufatura do produto, eliminando a possibilidade de defeitos serem enviados outras etapas de processamento e também de defeitos serem recebidos de etapas anteriores.

De acordo com Monden (1994), o *Jidoka* possui dois conceitos dentro do Sistema Toyota de Produção, que são:

1 – Mecanização: Automatizar processos manuais para que sejam evitados falhas humanas e por não apresentar um sistema de detecção de defeitos, abrindo a possibilidade de defeitos passarem despercebidos durante o processamento;

2 – Controle automático de defeitos: Dar autonomia às máquinas, para que possam detectar defeitos e interromper a produção, sempre que necessário, mostrando, se possível, qual o defeito encontrado e onde foi encontrado, restando apenas o trabalho manual de resolver o problema e aplicar a melhoria no sistema.

2.3.2.2.2 Just-in-time

O conceito do *Justi-in-time* prega que os produtos devem ser manuseados, movimentados e entregues, no momento exato em que deverão ser utilizados e na qualidade requerida pelo cliente ou pela próxima etapa do processo. Com isso, conseguimos evitar os desperdícios de tempo, estoque, movimentação desnecessária, entre outros. O *Just-in-time* está presente apenas na produção puxada, pois o abastecimento da linha só será realizado mediante a solicitação prévia do cliente ou dos processos seguintes.

Paralelamente ao *Just-in-time*, temos o sistema *Kanban*, que serve como gerenciamento de estoques para processos, indicando por cartões, alertas ou sinais, quando o estoque está baixo, sendo necessário assim, o reabastecimento dos estoques do processo. *Kanban* é uma palavra de origem japonesa que significa sinalização, o que traduz exatamente o conceito, que basicamente são sinalizações, por cores ou formatos diferenciados, que indicam alguma atividade que deve ser feita ou a criticidade de uma determinada peça, dependendo da necessidade do processo.

Atualmente é muito mais comum se ouvir falar no *e-Kanban*, que é basicamente o *Kanban* eletrônico, sendo assim muito mais eficiente e à prova de falhas, pois não depende de atuação humana, que é passível de erros ou de esquecimento, tendo atualizações automáticas de quantidade de estoque e de peças ou de atividades.

2.3.2.3 Os Sete Grandes Desperdícios

Na produção, “desperdício” se refere a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor – por exemplo, excesso de pessoas, de estoques e de equipamentos.

(OHNO, 1997, p.71).

Como mencionado pelo próprio Taiichi Ohno em seu livro, Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala, os desperdícios são todos os processos, produtivos ou não, que não agregam valor no produto ou no serviço final, ou seja, processos que excedem aos requerimentos e exigências dos clientes ou dos processos posteriores.

A partir daí, foram identificados 7 desperdícios sendo como os principais geradores de custos extras que não agregam valor ao produto final, que são eles:

2.3.2.3.1 Estoque

Citado como o maior de todos os desperdícios, por Ohno, esse desperdício está relacionado a peças ou produtos parados dentro da empresa. Estoque é assimilado a dinheiro parado dentro da empresa, primeiro por estar ocupando um espaço dentro da empresa, tornando-o improdutivo, e também por atingir diretamente o capital da empresa, pois, no caso de matéria prima, o dinheiro utilizado para compra-la, poderia estar sendo investido em algum outro processo, e no caso de produtos finais, é algo bem mais crítico, pois esses produtos foram manufaturados, ou seja, houve um investimento em cima deles, gastando matéria-prima, consumíveis, mão-de-obra e maquinário para que, no fim, fique parado dentro da empresa.

O maior de todos os desperdícios é o estoque em excesso. Se na fábrica tiver muitos produtos para estocar, deveremos construir um depósito, contratar trabalhadores para carregar as mercadorias para esse depósito e, provavelmente, comprar um carrinho de transporte para cada trabalhador.

(OHNO, 1997, p.71).

Além dos desperdícios mais evidentes, também são mencionados defeitos que os estoques podem gerar nas peças estocadas, como a ferrugem em materiais metálicos, danos por movimentação, pois quanto maior a quantidade de peças, maior deverá ser a movimentação para estoca-las, entre outros problemas que podem ser gerados nas peças.

Os estoques dentro de uma empresa devem ser sempre mantidos nos níveis mais baixos, considerando o estoque mínimo de cada produto, ou se possível, tentar repassar esses estoques para os fornecedores, aplicando, por exemplo, o Just-in-time para as matérias-primas, evitando passar o custo do estoque.

2.3.2.3.2 Superprodução

Consiste em produzir mais produtos do que o solicitado. Esse erro pode ser um dos mais caros dos desperdícios, pois produzindo mais do que o demandado, será necessário fazer um estoque dos produtos excedentes, voltando ao ponto citado anteriormente.

A superprodução é um erro comum em algumas empresas, principalmente nas que possuem como padrão a produção empurrada, que é aquela em que as empresas produzem sem que haja uma requisição, produzem em larga escala, para poder vender depois. Esse é o caso das grandes montadoras de automóveis, que produzem a maior quantidade de carros possível, para enviar às distribuidoras posteriormente. Nesse caso, é até uma forma justificável de produção, levando em conta que, atualmente, todos precisam de carros. O problema está, por exemplo, quando uma crise econômica atinge a região em que esta montadora se situa, como podemos presenciar no Brasil atualmente, o que ocasionou um aumento significativo nos carros parados nos pátios (estoques), e uma queda brusca na produtividade, resultando em um número enorme de desempregos de uma só vez.

2.3.2.3.3 Superprocessamento

Ocorre quando um produto passa por tratamentos ou recebe acabamentos que não foram solicitados a princípio pelo cliente. Muitas vezes, na ânsia por agradar o cliente, algumas empresas se prestam a realizar acabamentos ou fabricar peças com tolerâncias que não foram antes solicitadas pelo cliente. Isso pode acabar saindo caro no custo da produção de tal produto, pois quanto mais minucioso um trabalho, ou quanto mais etapas de processamento, maior o gasto com

consumíveis, mão-de-obra especializada, maquinário e matéria-prima, que podem ser percebido pelo cliente no final, pois sua solicitação já havia sido atendida antes dos “enfeites” que foram colocados além do solicitado.

Evitar esse tipo de prática é fundamental para o crescimento da empresa e o desenvolvimento de seus processos conforme a filosofia do Lean Manufacturing. Produzir o que foi pedido, na quantidade em que foi pedido, na hora em que foi pedido e no local em que foi pedido, sem acrescentar nem remover nada disso, gerando assim, lucro para a empresa e satisfação para o cliente.

2.3.2.3.4 Movimentação

Outra prática que leva a desperdícios é o excesso de movimentação dos operadores para a execução de um serviço. Algumas empresas, por não terem um *lay-out* robusto e bem elaborado, fazem com que seus operadores realizem verdadeiras maratonas durante um processo. O excesso de movimentação dos operadores deve ser tratado com muito cuidado durante a elaboração de um bom *lay-out*, pois a não observação disso, pode levar a processos longos sem necessidade.

Para ajudar na elaboração de *lay-outs* apropriados e manter as movimentações reduzidas, existem ferramentas da qualidade que mapeiam o fluxo e ajudam a deixar o ambiente organizado para que não haja a necessidade de sair constantemente do posto de trabalho. Algumas ferramentas, como o VSM, ou *Value Stream Mapping* (Mapeamento de Fluxo de Valor) e o Diagrama de Espaguete, ajudam a organizar o *lay-out* da empresa, de forma a eliminar movimentações desnecessárias, trazer para perto do posto de trabalho as ferramentas de trabalho e organizar o fluxo de materiais, reduzindo o desperdício de movimentação.

2.3.2.3.5 Transporte

Diferente do desperdício por movimentação, o desperdício de transporte está relacionado ao deslocamento de materiais sem necessidade. É fundamental em um processo produtivo que o *lay-out* da linha de produção seja sequencial, ou seja, que não haja deslocamento excessivo de produtos intermediários ou de matéria-prima.

Esse desperdício também pode ser encontrado nos deslocamentos fora da empresa. Para o cliente, não importa como o seu produto será transportado, desde

que chegue em boas condições, e dentro dos padrões solicitados. Desta forma, é interessante aproveitar ao máximo o transporte fretado ou mesmo o transporte próprio da empresa, preenchendo por completo a carga e aproveitando as viagens, para evitar outros retornos a fábrica. Para a organização das entregas, existe o conceito do *Milk Run*, que consiste no aproveitamento do transporte, para passar numa mesma viagem por vários clientes ou fornecedores diferentes.

Milk Run consiste num planejamento de entregas, mantido por uma empresa de transporte, onde para cada dia a empresa realiza uma coleta dos componentes de cada fornecedor em quantidades pré-determinadas com o objetivo de entregá-los no fabricante.

(Greene, 1997, p. 21.13)

2.3.2.3.6 Espera

Esse desperdício ocorre sempre que um funcionário ou um processo é interrompido para aguardar peças ou informações do processo anterior. Ocorre comumente nos processos posteriores ao gargalo da linha, que é o processo em que se leva mais tempo para se manufaturar, fazendo com que todos os processos posteriores tenham a sua velocidade de processamento.

Nesses casos, é justificável a criação de estoque de peças do processo gargalo, justamente para que sua velocidade de processamento não interfira nos demais processos, entretanto, existem outras formas de resolver o problema da espera nos casos de gargalo, como por exemplo, o balanceamento de linha, que consiste em dividir as cargas de trabalho nos processos de forma a se equipararem. Essa prática pode levar a redução de produção, mas algumas vezes, reduzir a produção é mais vantajoso do que criar estoques, principalmente nos casos de peças que expiram rapidamente ou enferrujam de um dia para o outro.

Os casos de espera também podem ocorrer devido a falhas nos equipamentos, fazendo com que os operadores fiquem ociosos durante a manutenção corretiva no caso das falhas. Para evitar isso é importante ter uma equipe de manutenção treinada para realizar as manutenções preventivas conforme um cronograma estabelecido para cada equipamento, e também, que esteja pronta

para atuar diante dessas possíveis falhas, com material e conhecimento apropriados.

2.3.2.3.7 Defeito

Ocorre quando uma peça sai defeituosa de seu processo, ou seja, fora dos padrões exigidos pelo cliente ou pelo próprio processo. Com isso, existem duas possibilidades para se resolver o problema: se descarta a peça, perdendo todo o tempo de trabalho da máquina e do operador, consumíveis e matéria-prima; ou se retrabalha a peça, quando possível, encarecendo ainda mais o processo, devido a mais tempo de trabalho gasto e possivelmente, de mais consumíveis.

Para evitar esse tipo de desperdício, algumas máquinas possuem o conceito do *Jidoka*, que as torna independentes para parar a produção sempre que detectam um erro na produção, tornando possível a resolução do problema, evitando o desperdício da matéria-prima e a necessidade do retrabalho. Nos casos em que não se é aplicável o *Jidoka*, as boas práticas da qualidade dizem que os operadores devem ser também inspetores das peças que recebem e das que produzem, para que não recebam um defeito ou produzam um defeito e o passem para frente. Também é importante que os operadores se atentem aos parâmetros de produção da máquina, já pré-estabelecidos, mediante testes anteriores.

2.3.3 5w2h

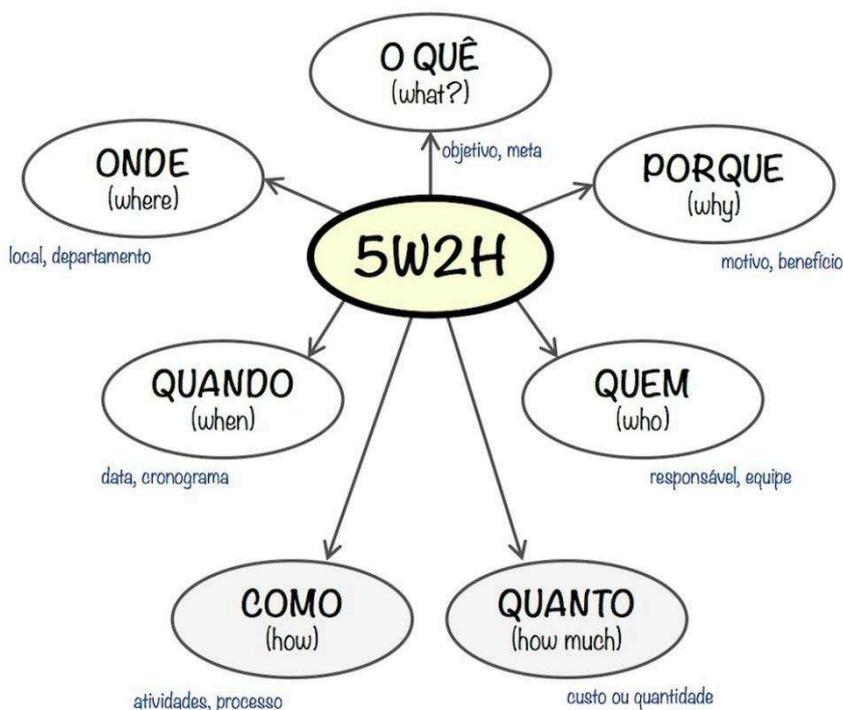


Figura 5 - Representação do 5w2h em esquema.

Fonte: Blog Luz (2016)

Na figura 5, podemos ver uma representação clara de como é definido o esquema 5w2h.

O 5W2H é, basicamente, uma planilha de controle e execução de atividades, sendo utilizada quando há a necessidade de implantação de algum grande projeto ou uma ação mais simples, como a aquisição de um novo computador para o escritório. Com esta ferramenta, a tomada de decisão torna-se mais organizada, pois são definidos os pontos chave para a implementação do que se deseja alcançar.

É uma ferramenta prática e simples utilizada para execução de tarefas com eficiência e agilidade, visando um aumento de produtividade, onde se utilizam sete perguntas sobre a atividade a ser executada: what (o que?); why (por quê?); where (onde?); when (quando?); who (por quem?); how (como?); how much (quanto?).

2.3.3.1 What? (O que fazer?)

Descreva as etapas de um sistema ou processo.

2.3.3.2 Why? (Por que fazer?)

Justifique.

2.3.3.3 Where? (Onde vai ser feito?)

Local ou área a ser realizado o processo, sistema ou produto em questão.

2.3.3.4 When? (Quando vai ser feito?)

Data da execução.

2.3.3.5 Who? (Quem vai fazer?)

Responsável pela ação.

2.3.3.6 How? (Como vai ser feito?)

Qual o método, procedimento ou sistemática que será utilizado.

2.3.3.7 How much? (Quanto vai custar?)

Cálculo do custo estimado.

2.3.4 FMEA

FMEA (failure mode and effect analysis) é uma ferramenta usada para aumentar a confiabilidade de certo produto durante a fase de projeto ou processo. A ferramenta consiste basicamente em sistematizar um grupo de atividades para detectar possíveis falhas e avaliar os efeitos das mesmas para o projeto/processo. A partir dessas possíveis falhas, identificam-se ações a serem tomadas para eliminar ou reduzir a probabilidade de que as mesmas ocorram. Essas ações também podem objetivar aumentar a probabilidade de detecção dessas falhas, para que os produtos que apresentam inconformidades não cheguem ao cliente.

Deste modo é obtida uma lista de possíveis falhas, organizada por ordem do risco que elas representam e com respectivas ações a serem tomadas para mitigá-las. Essa lista auxilia na escolha de projetos alternativos com alta confiabilidade durante as etapas iniciais da fase de projeto. Assim garante-se que todas as possíveis falhas de um projeto/processo sejam consideradas e suas probabilidades de ocorrência minimizadas (quando se fizer necessário).

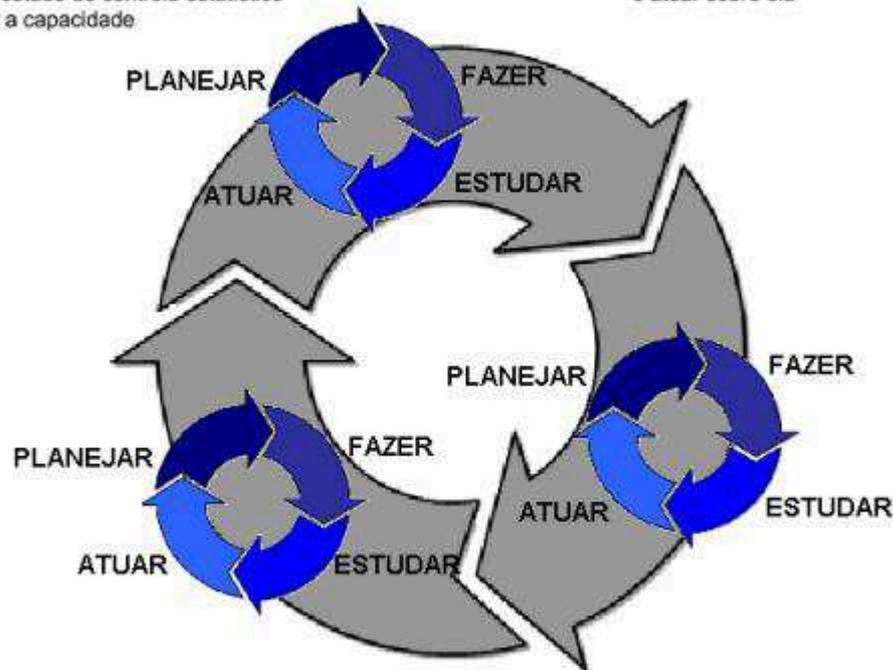
Na figura 6, podemos verificar o ciclo do FMEA:

1. ANALISAR O PROCESSO

- O que o processo deveria estar fazendo?
- O que pode estar errado?
- O que o processo está fazendo?
- Alcançar o estado de controle estatístico
- Determinar a capacidade

2. MANTER O PROCESSO

- Acompanhar o desempenho do processo
- Detectar variação devido a causa especial e atuar sobre ela



3. MELHORAR O PROCESSO

- Mudar o processo para entender melhor a variação de causa comum
- Reduzir a variação de causa comum

Figura 6 - Ciclo do FMEA.

Fonte: Portal Action (2016)

2.3.4.1 Tipos de FMEA

Geralmente é aceito que existem quatro tipos de FMEAs. As etapas e a maneira de realização da análise são as mesmas, diferenciando-se principalmente quanto ao objetivo. Desta maneira, temos:

2.3.4.1.1 FMEA de design

São consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou no processo decorrente do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto ou produto

2.3.4.2 FMEA de processos

São consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

2.3.4.2.1 FMEA de sistemas

São considerados sistemas e subsistemas nas fases conceituais e de projeto. O objetivo desta análise é focalizar nos modos de falhas entre funções do sistema. São inclusas as interações entre sistemas e elementos dos sistemas.

2.3.4.2.2 FMEA de serviços

São analisados os serviços antes de eles atingirem o consumidor. É usado para identificar tarefas críticas ou significantes para auxiliar a elaboração de planos de controle. Ajudam a eliminar gargalos nos processos e tarefas.

2.3.4.3 Mecanismos

Os mecanismos utilizados no FMEA são relativamente simples. O método consiste basicamente em identificar e dispor todos os modos de falha em potencial em uma tabela que facilitará a sua interpretação.

Após os modos de falha estiverem sido dispostos na tabela, eles deverão ser analisados e classificados em relação a três aspectos: severidade, detectividade e probabilidade. Pela multiplicação desses três índices, tem-se à disposição, os modos de falha ordenados de acordo com a sua importância. Desta maneira, obtêm-se uma tabela que auxilia na tomada de decisões de mudanças (relacionadas com o aumento de confiabilidade) no projeto.

2.3.5 Controle Estatístico do Processo (CEP)

O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma ferramenta da qualidade utilizada nos processos produtivos (e de serviços) com objetivo de fornecer informações para um diagnóstico mais eficaz na prevenção e detecção de defeitos/problemas nos processos avaliados e, conseqüentemente, auxilia no aumento da produtividade/resultados da empresa, evitando desperdícios de matéria-prima, insumos, produtos, etc.

O CEP fornece uma radiografia do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando o controle dessa variabilidade ao longo do tempo através da coleta de dados continuada, análise e bloqueio de possíveis causas especiais que estejam tornando o sistema instável.

Num ambiente competitivo, o controle estatístico abre caminho para melhorias contínuas, uma vez que garante um processo estável, previsível, com uma identidade e capacidade definida, cuja evolução pode ser facilmente acompanhada.

Posteriormente o CEP trará menos retrabalho aproveitando melhor os recursos disponíveis e o bem estar dos funcionários que passarão a trabalhar melhor e com metas específicas para cada área, podendo assim implantar outros programas como o plano de remuneração variável (PRV).

Estes recursos podem ser usados tanto numa grande empresa como na mais simples delas, tendo como característica comum o uso de uma ferramenta gráfica e pessoas capacitadas para analisar criticamente os resultados obtidos para programarem as melhorias possíveis.

O principal objetivo do CEP é possibilitar um controle eficaz da qualidade, feito pelo próprio operador em tempo real. Isso aumenta o comprometimento do operador com a qualidade do que está sendo produzido e libera a gerência para as tarefas de melhoria. O CEP possibilita o monitoramento das características de interesse, assegurando que elas irão se manter dentro de limites preestabelecidos e indicando quando devem ser tomadas ações de correção e melhoria. É importante ressaltar a importância de se detectar os defeitos o mais cedo possível, para evitar a adição de matéria-prima e mão-de-obra a um produto defeituoso.

2.3.5.1 Causas de Variação nos Processos Produtivos

Podemos classificar as causas de variação no processo em dois grupos: as causas de variação comuns (não assinaláveis) e as especiais (assinaláveis).

2.3.5.1.1 Causas de variação comuns

São consideradas aleatórias e inevitáveis e quando o processo apresenta somente causas de variação comuns, as variáveis do processo seguem uma distribuição normal. Por exemplo, o peso do arroz ensacado por uma distribuidora de produtos alimentícios seguirá uma distribuição normal caso o processo apresente somente causas comuns de variação, que estejam dentro dos limites de controle.

2.3.5.1.2 Causas de variação especiais

Ocorrem por motivos claramente identificáveis e que podem ser eliminados. As causas especiais alteram o parâmetro do processo, média e desvio padrão, pois estão fora dos limites de controle.

2.3.5.2 Controle de Variáveis

Variáveis significa tudo àquilo que pode ser medido por instrumento de medição, como por exemplo, peso, altura, diâmetro, comprimento, largura, velocidade, tempo etc.

Para o controle das variáveis do processo partimos da hipótese de que a variável a ser controlada segue uma distribuição normal. Portanto, deve-se controlar a média e o desvio padrão da distribuição, que se não tiverem variação ao longo do tempo caracteriza o que chamamos de “processo sobre controle”. Portanto, um processo sobre controle é aquele onde as variáveis não apresentam variação de média ou de desvio padrão ao longo do tempo.

O controle das variáveis é realizado através de um instrumento denominado gráfico de controle, que é um diagrama que apresenta um limite superior denominado LSC (limite superior de controle) e um limite inferior denominado LIC (limite inferior de controle), além de uma linha de centro denominada LM (linha média).

2.4 Redução de Rejeitos

Os problemas de desperdício, sobras ou refugo são encontrados em praticamente todas as empresas fabris, quaisquer que sejam as técnicas específicas de fabricação utilizadas. A contabilização dos refugos, sobras e desperdícios está circunscrito na distinção entre refugos normais e anormais.

O refugo anormal é controlável pela supervisão de primeira linha, enquanto o refugo normal não o é. A contabilização dos refugos, das unidades defeituosas e semelhantes varia consideravelmente na prática. Este Tópico Especial abordará estes assuntos.

2.4.1 Definições

Esses, por sua vez, podem ser definidos da seguinte forma:

2.4.1.1 Refugo

Produção que não satisfaz aos padrões dimensionais ou de qualidade e, portanto, é refugado e vendido por um valor inferior ao do produto que atenda as especificações. O custo líquido do refugo é a diferença entre os custos acumulados até o ponto de rejeição menos o valor de venda do refugo (às vezes chamado valor de salvados).

2.4.1.2 Unidades defeituosas

Produção que não satisfaz os padrões dimensionais ou de qualidade e é subsequentemente reusinada e vendida através dos canais normais como mercadoria de primeira ou de segunda, dependendo das características do produto e das alternativas disponíveis. Normalmente estes produtos são vendidos no mercado como “pontas de estoque” (*off-price*).

2.4.1.3 Desperdício

Material que ou se perde, ou evapora, ou encolhe, ou é resíduo que não tem valor de recuperação mensurável; exemplo: gases, poeira, fumaça e resíduos invendáveis. Às vezes a disposição do desperdício ainda obriga a empresa a custos adicionais; por exemplo, o desperdício atômico.

2.4.1.4 Sobras

Resíduo de materiais de operações fabris que tem valor mensurável, mas de importância relativamente pequena. Por exemplo, o metal que sobra numa operação de estampagem, aparas, limalha, serragem e pequenos pedaços de material resultantes de operações de corte. As sobras podem ser vendidas ou reaproveitadas.

2.4.2 Controle dos refugos

Normalmente os processos de fabricação geram, juntamente com a produção de boa qualidade, unidades deficientes como resultado da combinação mais econômica dos fatores de produção. Embora seja tecnicamente possível eliminar todos os refugos, em alguns casos pode não ser econômico fazê-lo, porque os custos de diminuição das taxas de refugo são maiores que os custos dos refugos eliminados.

O refugo é importante sob muitos aspectos, principalmente para o planejamento e controle gerenciais, pois através deles pode-se medir com precisão a eficiência da produção. Os responsáveis pela produção devem escolher o método ou processo de produção mais econômico. Depois devem tomar providências para que os refugos sejam controlados de acordo com os limites escolhidos e predeterminados, de maneira que não ocorra refugação excessiva.

2.4.2.1 Refugo normal

Considerando condições de produção previamente estabelecidas em razão de padrões, a administração deve determinar a taxa de refugação que será considerada normal. O refugo normal é o que ocorre em condições operacionais de eficiência; sendo resultado do processo de produção e, portanto, incontrolável em curto prazo. Os custos dos refugos normais são considerados como parte dos custos da boa produção, pois estes refugos são considerados como parte inerente de uma boa produção. Em outras palavras, um refugo normal é um refugo planejado, no sentido de que a escolha de determinada combinação de fatores de produção implica taxa de refugo aceitável em termos de produção normal.

2.4.2.2 Refugo anormal

O refugo anormal é o que ocorre em condições operacionais de ineficiência, sendo considerado desnecessário e, portanto, controlável em curto prazo. Os custos dos refugos anormais são custos perdidos, medidas de ineficiência que devem ser baixados da contabilidade como perdas inservíveis do período. A conta de perdas devidas a refugos anormais deve aparecer como um item separado na demonstração de resultado do período.

2.5 Mangueiras Flexíveis

As mangueiras flexíveis metálicas no campo automotivo, são largamente utilizadas como componentes de desacoplamento para sistemas de exaustão de veículos motorizados *on-road* e *off-road*, podendo ser veículos como caminhões pesados e médios, ônibus, veículos para setores de construção e agrícola.

Com o crescimento das leis de proteção ao meio ambiente e a restrição cada vez maior da emissão de poluentes, essa indústria está sendo desafiada a encontrar novas soluções a cada dia.

3 METODOLOGIA

O projeto será realizado na planta de Pindamonhangaba da empresa, nos processos de Perfilamento e de Corte, chamados respectivamente de processos WM15 e Plasma, utilizando a metodologia DMAIC de gerenciamento de projetos. As etapas do projeto serão dispostas de acordo com o cronograma realizado após a reunião de abertura do projeto, realizada na semana 10 do ano de 2015, pelo Green Belt responsável e o Black Belt do projeto.

Tabela 1 - Cronograma de abertura do projeto (DMAIC)

Cronograma de abertura do projeto (DMAIC)																		
	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27
Reunião de Abertura (Define)	X																	
Coleta de Dados (Measure)	X																	
Estudo dos Casos (Analyze)		X																
Definição de Atividades (Analyze)		X																
Implantação (Implement)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Coleta de Dados pós Implantação (Control)																		X

3.1 Fase Definir

A primeira fase é onde iremos fazer a identificação do projeto, explicaremos os objetivos do projeto, analisaremos as métricas do projeto e iremos compará-los com o plano estratégico da empresa, explicando os problemas que levaram à abertura do projeto, as metas do projeto, a equipe do projeto e todos os termos de abertura do projeto, que devem ser definidos para que o projeto tenha uma base sólida.

3.2 Fase Medir

Nessa fase serão coletadas as informações numéricas e históricas de dados referentes ao processo, para que possamos analisar e planilhar esse dados. Essa fase será fundamental, pois é a partir dela que iremos ter a base para justificar os investimentos que serão aplicados no projeto.

3.3 Fase Analisar

Nessa fase serão realizados os cruzamentos estatísticos para determinar se realmente existem relações entre as causas e os efeitos detalhados na fase anterior. Para isso, são realizadas as análises de causa raiz, processo, dados coletados, recursos e comunicação, e ao final, determinadas quais as melhorias que serão realmente aplicadas ao processo.

3.4 Fase Implementar

Essa será a fase em que iremos elaborar o plano de ação do projeto. Para isso, iremos reunir funcionários de todos os setores participantes do projeto, desde os operadores que trabalham no processo, até o gerente responsável pelo processo em que se aplica o projeto, para elaboração do documento. Esse documento deverá sempre conter, pelo menos, as seguintes informações: ação a ser tomada, com base nas definições tomadas na fase analisar; responsável por cada ação; data para implementação da ação.

3.5 Fase Controlar

Nessa fase iremos criar sistemáticas para o controle das melhorias aplicadas, ou seja, criação de documentos, dispositivos e métodos para que as práticas aplicadas não se percam e o processo volte a ter o mesmo desempenho que tinha anteriormente.

4 RESULTADOS

4.1 Fase Definir

Na primeira etapa do projeto, foi agendada uma reunião com o gestor do processo para definição do projeto. A reunião foi realizada no dia 05/03/15, pelo Green Belt responsável e o gestor da área. O objetivo da reunião foi primeiramente definir a equipe Seis Sigma responsável pelo projeto. Em seguida, definir e especificar os problemas que foram apresentados, qual a posição da empresa em relação a esses problemas, qual a relação dos problemas com os objetivos da empresa, quais os indicadores que seriam afetados, definição do escopo do projeto, objetivos e prazos do projeto e recursos necessários para o projeto.

A equipe foi composta pelo Champion do projeto, o gestor da área, o Green Belt responsável, Especialista do processo, e os demais membros da equipe Seis Sigma, sendo Encarregado e Líder de Produção, os Operadores de Máquina das máquinas correspondentes aos processos, Coordenador de PCP, Coordenador de Manutenção e estagiário da Qualidade.

O alto índice de rejeitos, problema principal apontado pela empresa, foi desmembrado e especificado para que fique mais claro e conciso. Ambos os processos apresentam produtos mal processados no final de suas etapas, o que gera um excesso de itens não conformes que devem ser tratados. Isso acaba por gerar um aumento no número de retrabalhos, quando possível, das peças que estão fora do padrão, que por sua vez, gera a necessidade da realização de horas extras de trabalho dos funcionários. Também aumenta o replanejamento de produção, quando não é possível se retrabalhar a peça, para que a peça perdida possa ser refeita dentro dos padrões necessários, o que também gera necessidade de horas extras não planejadas, necessidade de fretes extraordinários de matéria-prima, aumento no espaço ocupado por peças ruins (scraps) e aumento dos números de fretes do caminhão de sucata que fazia o recolhimento desse material inutilizado.

Para a empresa, esses problemas tem surtido impacto direto no lucro das peças produzidas nesses dois processos, pois os custos de mão-de-obra excedente, matéria-prima e frete extra, são descontados do valor de venda do produto, o que

tem diminuído o lucro recebido. Um projeto que consiga diminuir o custo de produção nessas células será essencial para o desenvolvimento da empresa.

O desenvolvimento do projeto vai de encontro com os objetivos da empresa, pois esse visa à redução do custo de produção nos processos WM15 e Plasma, aumentando assim a qualidade final do produto, coincidindo com o plano de negócios da empresa que são, dentre outros, gerar lucro e foco no cliente.

Para ajudar nesse projeto, foi criado um indicador específico para controle de rejeitos, chamado “Índice de Scrap”, que será controlado semanalmente pelo Green Belt responsável.

O projeto será realizado nos processos de perfilamento e corte plasma, que serão chamados de WM15 e Plasma, respectivamente, representados pelo esquema a seguir:

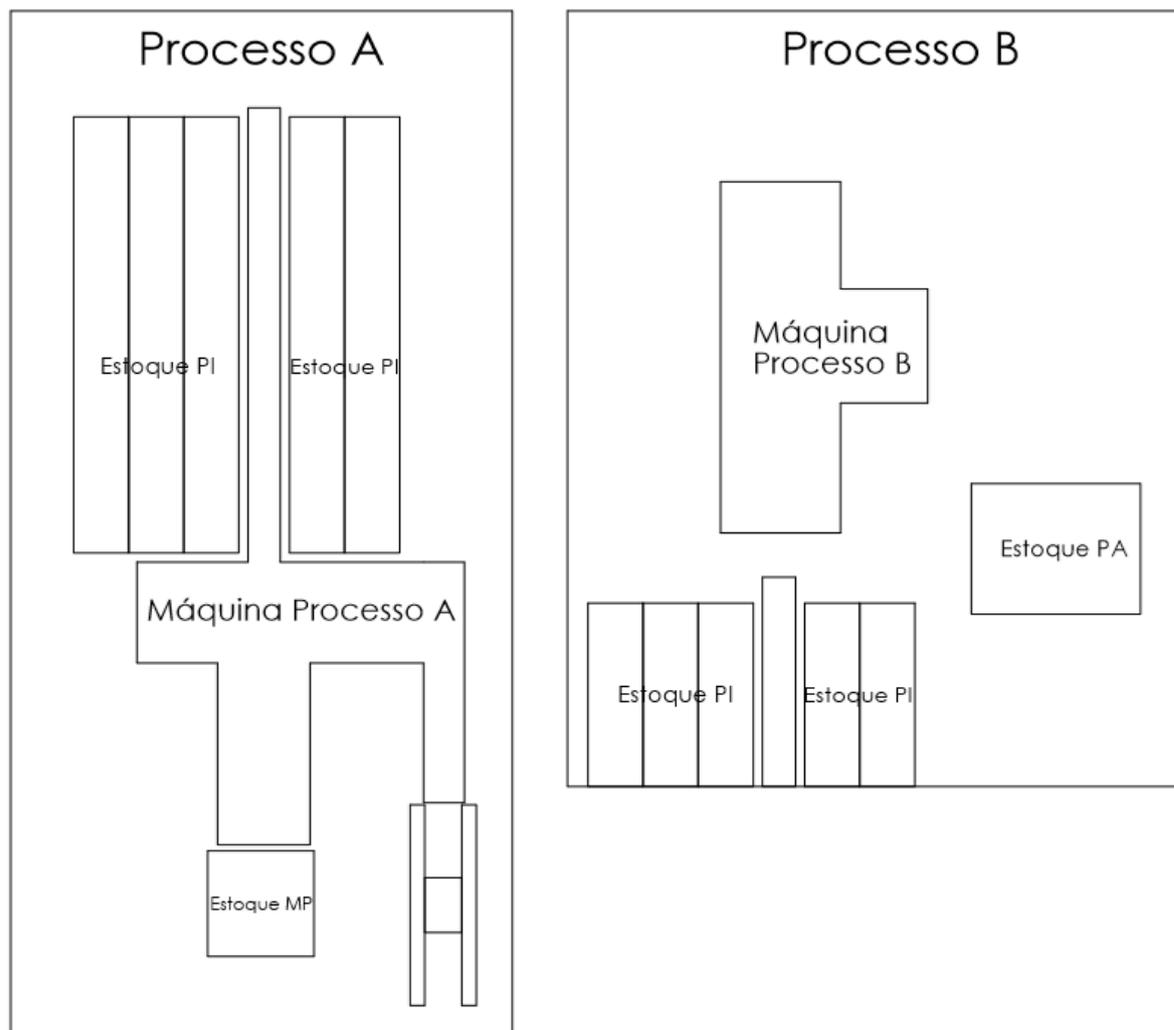


Figura 7 - Escopo do projeto: Processos A e B representam, respectivamente, o processo WM15 e Plasma.

O principal objetivo do projeto é reduzir o índice de rejeitos gerados nesses dois processos, que atualmente giram em torno de 10%, para o proposto pela direção da empresa, 7%. O prazo final para a aplicação do projeto ficou determinado, a princípio, para a semana 27 do ano de 2015, final do mês de Junho.

Os fatores que viabilizaram o desenvolvimento do projeto foram, primeiramente o apoio total da direção da empresa, o interesse dos setores envolvidos no projeto e a inclusão do projeto no plano de melhoria contínua internacional do *holding* em que a empresa faz parte.

4.2 Fase Medir

Depois de identificadas as necessidades apresentadas pela empresa, foi feita uma análise nos processos para verificar quais os possíveis fatores que levam as falhas descritas.

Para isso, foi feito um diagrama de Ishikawa, para verificar as variáveis de cada processo, como mostram os diagramas abaixo:

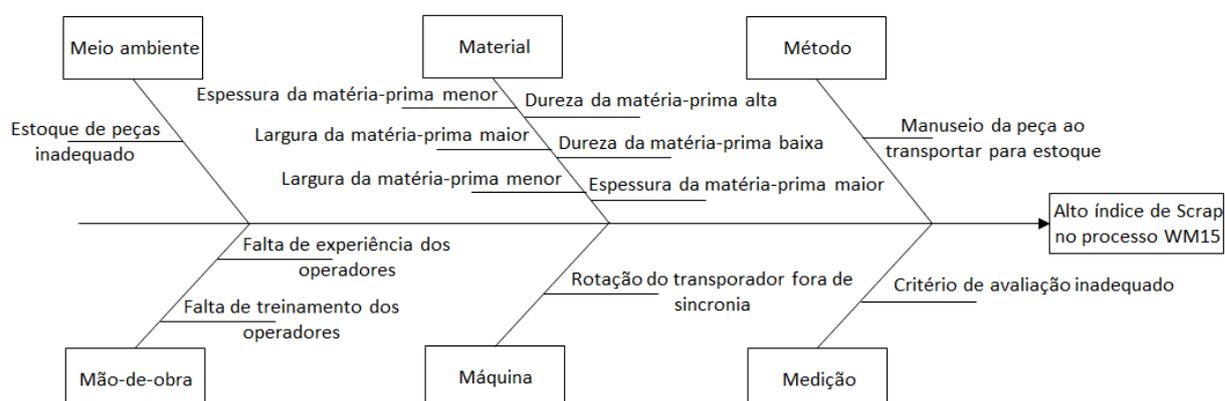


Figura 8 - Diagrama de Ishikawa: Processo WM15

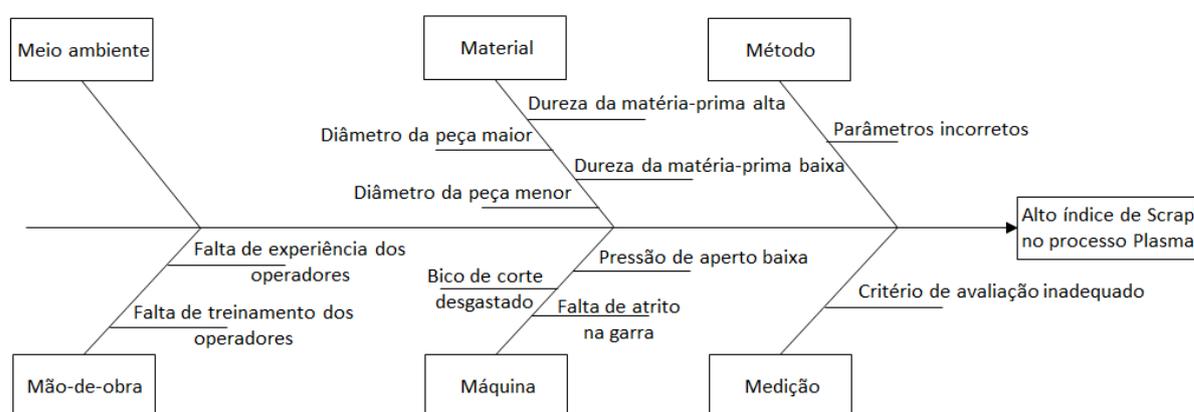


Figura 9 - Diagrama de Ishikawa: Processo Plasma

Após a análise do diagrama, foi elaborada a Matriz de Causa e Efeito, para pontuação dos itens com maior probabilidade de serem os causadores principais.

Nessa matriz foram dispostas as possíveis causas na segunda coluna e os defeitos que tem ocorrido nas peças na terceira linha. Os defeitos serão pontuados entre 1, 3 e 9, com relação a sua relevância nos problemas que tem ocorrido na empresa, por exemplo, “Peça torcida” é totalmente relevante, pois é imediatamente rejeitada e descartada, por tanto, deve ser pontuada como 9. As possíveis causas também serão pontuadas entre 1, 3 e 9, de acordo com a sua relevância com os defeitos que tem ocorrido, por exemplo, “Rotação do transportador fora de sincronia” impacta diretamente no problema “Peça torcida”, por tanto, esse deve ser pontuado como 9. Feito isso, serão multiplicadas as pontuações dos Defeitos e das Possíveis Causas, para ao final, cada linha de possível causa ser somada para ver qual a causa mais provável.

Tabela 2 - Matriz de Causa e Efeito: Processo WM15

		Matriz de Causa e Efeito				
Impacto		9	9			
		1	2	3	4	5
Possíveis Causas		Peça torcida	Peça muito rígida			Total
1	Manuseio da peça ao transportar para estoque	9	3			108
2	Critério de avaliação inadequado	3	3			54
3	Rotação do transporador fora de sincronia	9	3			108
4	Dureza da matéria-prima alta	1	9			90
5	Dureza da matéria-prima baixa	1	9			90
6	Espessura da matéria-prima maior	1	9			90
7	Espessura da matéria-prima menor	1	9			90
8	Largura da matéria-prima maior	1	9			90
9	Largura da matéria-prima menor	1	9			90
11	Falta de experiência/treinamento dos operadores	9	9			162
12	Estoque de peças inadequado	9	3			108
Total		45	75	0	0	1080

Tabela 3 - Matriz de Causa e Efeito: Processo Plasma

		Matriz de Causa e Efeito				
Impacto		9	9	9	9	
		1	2	3	4	5
Possíveis Causas		Peça torcida	Peça maior	Peça menor	Peça com rebarba	Total
1	Parâmetros incorretos	1	3	3	9	144
2	Critério inadequado	9	1	1	3	126
3	Pressão de aperto baixa	3	3	3	1	90
5	Falta de atrito na garra	9	9	9	1	252
6	Dureza da matéria-prima alta	1	1	1	3	54
7	Dureza da matéria-prima baixa	1	1	1	3	54
8	Diâmetro da peça maior	1	1	1	3	54
9	Diâmetro da peça menor	1	1	1	3	54
11	Falta de experiência/treinamento	3	3	3	3	108
12	Bico de corte desgastado	9	3	3	9	216
Total		38	26	26	38	0

Feita a pontuação das possíveis causas, foi feito um Diagrama de Pareto para podermos aplicar a classificação ABC e priorizar os itens principais.

Possíveis causas - Processo WM15

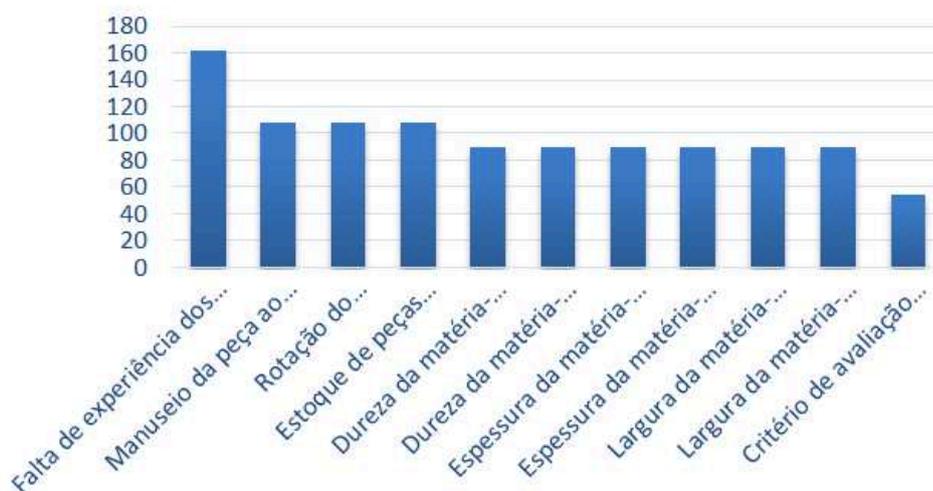


Figura 10 - Diagrama de Pareto: Processo WM15

Para o processo WM15, foram selecionadas as possíveis falhas de falta de experiência/treinamento do operador, manuseio da peça do transportar para estoque, rotação do transportador fora de sincronia e estoque de peças inadequado, pois esse grupo sozinho representa 45% da pontuação total obtida para esse processo.

Possíveis causas - Processo Plasma

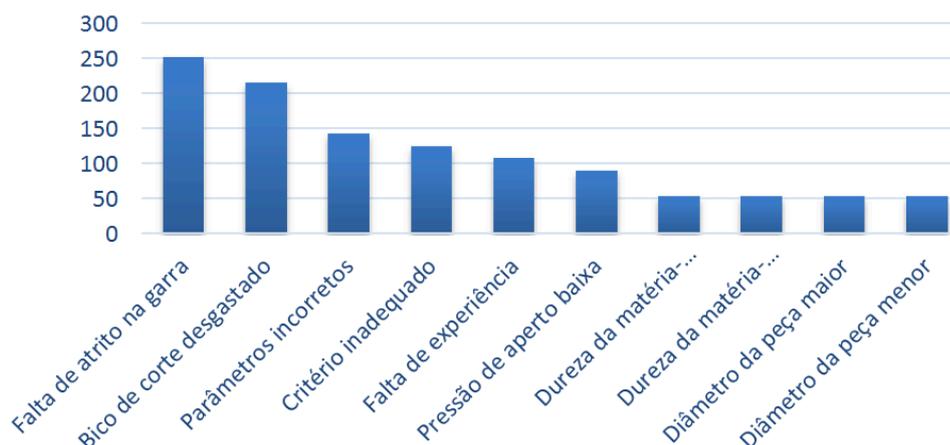


Figura 11 - Diagrama de Pareto: Processo Plasma

Para o processo Plasma, foram selecionadas as possíveis falhas de falta de atrito na garra, bico de corte desgastado, parâmetros incorretos, critério inadequado, pois esse grupo sozinho representa 64% da pontuação total obtida para esse processo.

Para começarmos com as ações de melhoria, fizemos a medição do DPMO e nível Sigma dos dois processos, para verificar quais os rendimentos e valores Sigma de cada processo.

Amostragem	31835,34	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	1845,14	Unidades
Total de oportunidades	31835,34	Erros
Rendimento	94,204	%
Rejeição	5,796	%
DPU	0,05796	
DPO	0,05796	
DPMO	57958,85956	
Nível Sigma	3,07214	Curto Prazo
	1,57214	Longo Prazo

Figura 12 - Análise de Nível Sigma e DPMO do Processo A (Campo "Oportunidade de Erro" com valor 1, por ser um dado unilateral).

Amostragem	110375	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	5111	Unidades
Total de oportunidades	110375	Erros
Rendimento	95,369	%
Rejeição	4,631	%
DPU	0,04631	
DPO	0,04631	
DPMO	46305,77576	
Nível Sigma	3,18178	Curto Prazo
	1,68178	Longo Prazo

Figura 13 - Análise de Nível Sigma e DPMO do Processo B (Campo "Oportunidade de Erro" com valor 1, por ser um dado unilateral).

Tendo definidas as possíveis causas e realizadas as medições nos processos, foi definida uma ação de contenção para ajudar a reduzir o índice de defeitos. Foi designada ao estagiário da qualidade a tarefa de inspecionar todas as peças julgadas como inadequadas pela produção, para verificar se as peças julgadas pela produção como inadequadas são realmente inadequadas de acordo com o julgamento da Qualidade. Essa ação reduziu o índice de rejeitos em aproximadamente 0,15%, pois obteve bons resultados apenas para as peças fora de medida, que puderam ser reaproveitadas em outras peças ou outros clientes, que possuíam códigos diferentes, mas medidas iguais. Para os outros casos, os critérios do setor da produção estavam aceitáveis.

4.3 Fase Analisar

Nessa fase, foram reunidos os funcionários responsáveis por cada uma das máquinas para especificar as dificuldades que eles encontram em suas respectivas máquinas com base nos principais defeitos encontrados anteriormente. O objetivo principal foi discutir a relevância das dificuldades dos operadores com base nos problemas identificados como críticos pelas análises realizadas anteriormente.

4.3.1 Processo A

4.3.1.1 X1 – Falta de experiência/treinamento do operador

A máquina utilizada no processo é uma máquina exclusiva, elaborada e desenvolvida pela própria empresa, o que torna sua utilização e o conhecimento sobre a máquina muito restrito. Devido a isso, o ajuste de parâmetros no setup depende muito da experiência do operador, pois para a liberação da produção, são feitos testes destrutivos com amostras, que podem levar a grandes desperdícios antes mesmo do início da produção.

4.3.1.2 X2 – Manuseio da peça ao transportar para estoque

Os produtos principais da empresa são mangueiras flexíveis para escapamentos. Essas tem seu desempenho medido pela flexibilidade, porém, um dos fatores que interfere na flexibilidade é a torção, que faz com que uma parte da mangueira fique mais flexível do que a outra, prejudicando seu desempenho.

O manuseio é feito de uma forma que pode levar a mangueira a ficar torcida, de maneira a ser rejeitada nos processos seguintes, pois para o transporte, é necessário “girar” a mangueira.

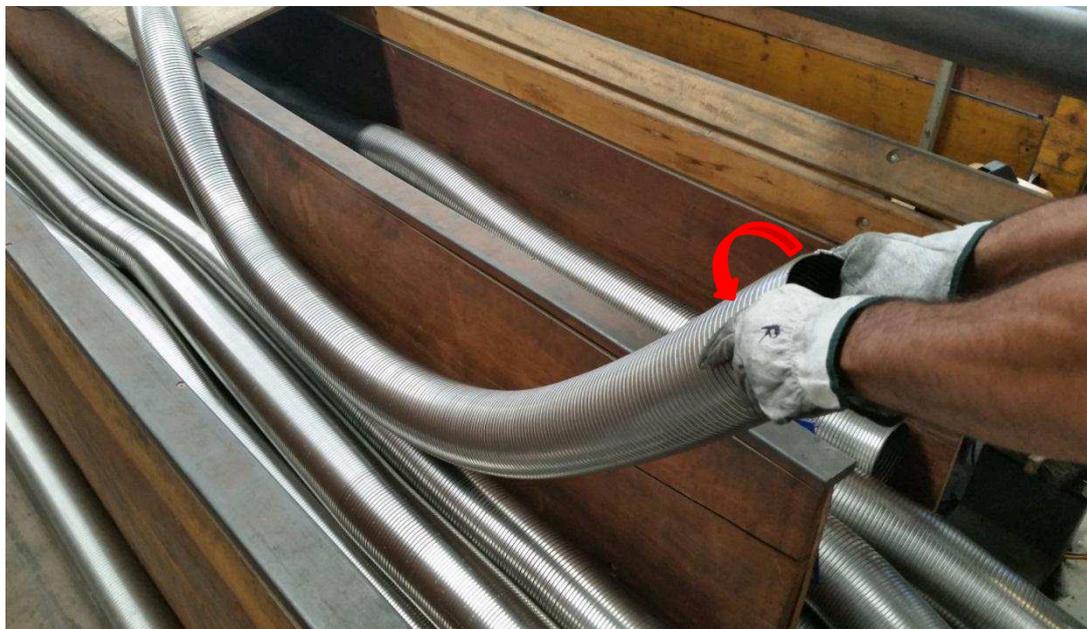


Figura 14 - Ilustração de operador torcendo a peça ao retirá-la do transportador para o estoque.

4.3.1.3 X3 – Rotação do transportador fora de sincronia

A máquina produz as mangueiras enrolando uma fita perfilada, através de um mandril, que passa para um transportador, que gira na mesma frequência que o mandril, para que a mangueira não torça durante o processo.

Caso o transportador não esteja girando na mesma frequência do mandril, a mangueira pode ser torcida durante o processo, que pode gerar uma produção inteira torcida.



Figura 15 - Transportador da mangueira à esquerda e mandril à direita.

4.3.1.4 X4 – Estoque de peças inadequado

As peças produzidas são todas semelhantes, variando apenas no diâmetro, que são 5 diferentes, e no perfil das mangueiras, que são 2 diferentes. Grande parte das peças produzidas são mangueiras de 20 metros de comprimento, o que dificulta o acondicionamento dessas. Atualmente utilizamos compartimentos ao lado do transportador da máquina, isso para facilitar a movimentação dessas peças.

Entretanto, o estoque de peças não era separado por nenhum critério, ou seja, as peças eram todas direcionadas para o estoque que tivesse mais vazio no momento e apenas em seguida eram identificadas. Isso gera uma quantidade grande de peças sobrepostas de vários diâmetros diferentes, dificultando na hora da produção da próxima etapa.



Figura 16 - Na imagem, podemos notar mangueiras de diversos diâmetros diferentes, entre elas, diâmetros de 127, 115, 90 e 80 milímetros.

4.3.2 Processo B

4.3.2.1 X1 – Falta de atrito na garra

A etapa seguinte ao processo A, o processo B, consiste no corte das mangueiras de 20 metros em peças menores de comprimentos variados entre 110 e 550 milímetros. Para isso, a máquina desse processo conta com uma garra com um

tecido colado na superfície de contato que puxa a mangueira e abastece a máquina automaticamente para os cortes.

Entretanto, as mangueiras produzidas vêm do processo anterior, com o óleo refrigerante que auxilia no perfilamento da fita, e caso essa garra não esteja tendo atrito suficiente, algumas peças ou lugares das peças em que a quantidade de óleo esteja maior, essa garra não gera atrito suficiente para puxar a mangueira e abastecer a máquina.

4.3.2.2 X2 – Bico de corte desgastado

Para realizar o corte, a máquina conta com um bico de corte, que funciona para direcionar o plasma e cortar a mangueira em todo o seu perímetro.

Acontece que depois de certo tempo, esse bico se desgasta com o calor, fazendo com que o direcionamento não fique tão preciso. Isso pode influenciar na condição visual da peça, gerando rebarbas e até mesmo irregularidades no corte, impossibilitando a montagem nos próximos processos.



Figura 17 - Exemplos de bicos de corte desgastados, tendo a saída do arco de Plasma comprometida e irregular.



Figura 18 - Exemplos de bicos de corte em bom estado.

4.3.2.3 X3 – Parâmetros incorretos

A máquina do processo B também conta com parâmetros específicos que influenciam diretamente na qualidade do corte. Caso esses parâmetros não estejam definidos corretamente, é provável que isso possa causar condições consideradas como Scrap.

Os parâmetros utilizados são os mesmos desde que a máquina foi instalada e ajustada por especialistas da matriz da empresa, porém, alguns componentes foram trocados durante esse período, o que pode ter influenciado e requerer novos ajustes nos parâmetros.

Parâmetros:

Altura do bico:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	(mm)	De 3.9 a 4.3 mm
Régua de corte:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		Tabela orientativa
Pressão Canhão:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Bar	De 2 a 6
Pressão Garra:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Bar	De 2 a 6
Pressão Alicata:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Bar	De 2 a 6
Pressão Alimentador:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Bar	De 2 a 6
Pressão Alta Alimentador:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Bar	De 4 a 6
Pressão Baixa Alimentador:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Bar	De 2 a 4

Figura 19 - Lista de parâmetros utilizados desde a instalação da máquina.

4.3.2.4 X4 – Critério inadequado

Os problemas que podem ser gerados nesse processo são a peça torcida, a peça com comprimento fora do especificado e a peça com rebarba. Atualmente, peças ligeiramente torcidas são consideradas como scrap, peças fora das tolerâncias de comprimento também são consideradas como scrap e peças com rebarba que impeçam elas de passar pelos passa / não-passa, também são consideradas como scrap.

A intensão desses critérios é impedir qualquer peça chegue ao cliente com seu desempenho comprometida.

4.4 Fase Implementar

Nessa fase foram definidas as atividades que deveriam ser realizadas para a aplicação das melhorias, determinando os responsáveis e os prazos finais para cada uma.

4.4.1 Processo A

4.4.1.1 X1 – Falta de experiência/treinamento do operador

Fazer um workshop com operadores e especialistas da Alemanha sobre os parâmetros da máquina, para aprofundar o conhecimento dos operadores do Brasil e tirar dúvidas que foram apresentadas durante a utilização da máquina. Desse workshop, elaborar uma planilha de auxílio aos operadores brasileiros.

O responsável por essa ação foi o Green Belt responsável pelo projeto, Lucas Battestin, tendo seu prazo final para o dia 30/04/2015, que foi finalizado.

Foi elaborada uma planilha com todos os parâmetros e possíveis problemas que podem ocorrer na máquina:

Tabela 4 - Parte da planilha elaborada a partir do *Workshop* realizado com os especialistas da máquina da Alemanha.

Propriedades	Primeira opção		
	Descrição	Nome do parâmetro	
Mangueira muito dura (Ram1)	Ram 2 axial para frente	Posição axial do Ram2 [0.01 mm]	Max: Min:
Mangueira muito flexível (Ram1)	Ram 2 axial para trás	Posição axial do Ram2 [0.01 mm]	Max: Min:
Aumentar extensão	Reduzir o ângulo do rolete	Posição angular do Ram1 [degree]	Max: Min:
Diminuir Extensão	Aumentar o ângulo do rolete	Posição angular do Ram1 [graus]	Max: Min:
Diminuir taxa de vazamento	Fazer a mangueira mais reta		
Torção para a direita (Vista da máquina)	Reduzir a velocidade do transportador - Reduzir fator	Fator de perfilamento [0.0001]	Max: Min:
Torção para a esquerda (Vista da máquina)	Aumentar a velocidade do transportador - Aumentar fator	Fator de perfilamento [0.0001]	Max: Min:
Torção nos primeiros 500 - 600 mm	Mover a posição axial do mandril de perfilamento	Posição axial do mandril [mm]	Max: Min:
Ram2	Ram2 depende do Ram1		
Aumentar diâmetro	Usar um mandril maior		
Diminuir diâmetro	Usar um mandril menor		
Danos na mangueira	Não existe propriedade específica para isso		

4.4.1.2 X2 – Manuseio da peça ao transportar para estoque

A proposta de melhoria nesse caso consiste na mudança do modo de movimentar a mangueira, que atualmente é “girada” para o lado do estoque, para ser acondicionada, para um modo sugerido pelo especialista da máquina, puxando a mangueira na direção do estoque, até que ela caia por completo no local correto. Por tanto deverá ser realizado o treinamento com os operadores envolvidos no processo.

O responsável por essa ação foi o Green Belt responsável pelo projeto, Lucas Battestin, tendo seu prazo final para o dia 30/04/2015, que foi finalizado.



Figura 20 - A imagem mostra um operador devidamente treinado realizando a operação de movimentação da mangueira de maneira correta.

4.4.1.3 X3 – Rotação do transportador fora de sincronia

Para garantir que o transportador estará sempre girando na mesma frequência do mandril, inserir no plano de manutenção diário da máquina, uma ação para fazer a referencia do transportador sempre que a máquina é ligada.

O responsável por essa ação foi o Green Belt responsável pelo projeto, Lucas Battestin, tendo seu prazo final para o dia 30/04/2015, que foi finalizado.

ATIVIDADES \ DIA		1	2	3	4	5	6	7
<i>Verificar eventuais vazamento de ar comprimido no equipamento;</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Verificar todas as botoeiras de acionamento do equipamento;</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Fazer limpeza superficial externa x interna do equipamento;</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Verificar sistema de ajuste do Cassete</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Verificar Reguladores de Pressão</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Verificar possíveis desgastes x vazamentos de óleo</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Verificar possíveis desgastes Roldana do Carimbo</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Verificar Mandril / Sistema de Transporte do Rolete</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Verificar sistema de freio do Alimentador</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
<i>Realizar referenciamento do transportador em relação ao mandril</i>		①②	①②	①②	①②	①②	①②	①②
EXECUTANTE	1º Turno	Nº MATRICULA	N	N	N	N	N	N
	2º Turno		N	N	N	N	N	N

Figura 21 - Parte da ficha de manutenção diária do equipamento, contendo agora o campo referente a sincronia entre o transportador e o mandril.

4.4.1.4 X4 – Estoque de peças inadequado

Elaborado um critério para a separação das mangueiras por estoque.

Como atualmente temos 5 diâmetros de mangueira e 5 estoques, consideramos que separando as mangueiras por diâmetro, já iria diminuir a movimentação das mangueiras consideravelmente. Foi definido então que os estoques devem ser identificados e os operadores treinados.

O responsável por essa ação foi o Green Belt responsável pelo projeto, Lucas Battestin, tendo seu prazo final para o dia 30/04/2015, que foi finalizado.



Figura 22 – Na imagem acima, vemos exemplos de estoques identificados, separados por diâmetro de mangueira, já com mangueiras de seus respectivos diâmetros dentro deles.

4.4.2 Processo B

4.4.2.1 X1 – Falta de atrito na garra

Entrar em contato com a sede da empresa na Alemanha para perguntar qual o material utilizado nas garras para fixação das mangueiras e comprar uma quantidade para deixar em estoque.

Feito isso, inserir no cronograma de manutenção da máquina para anualmente realizar a troca desse tecido, para prevenir o aumento do índice de peças com comprimento fora do especificado.

O responsável por essa ação foi o Coordenador de Manutenção, tendo seu prazo final para o dia 30/04/2015, que foi finalizado.



Figura 23 – A imagem mostra as garras que seguram as mangueiras já com o material trocado e em funcionamento.

4.4.2.2 X2 – Bico de corte desgastado

Para evitar o desgaste excessivo dos bicos de corte, elaborar uma sistemática de como e com qual frequência devem ser feitas as trocas do bico de corte.

Para isso, foi definido que será inserido no plano de controle um campo exigindo a troca do bico de corte depois de uma determinada série de cortes.

O responsável por essa ação foi o Green Belt responsável pelo projeto, Lucas Battestin, tendo seu prazo final para o dia 30/04/2015, que foi finalizado.

No.	Flow	Characteris	Characteristics type	I	Inspection text	Ty	Nominal siz	cpk value	Z	n	ea.	Inspection equipmer	Handling
32	P	TORÇÃO	Aparência - Torção	*	Peça sem torção	A			[RS	1	1	Visual	WIp3003 SP
33	P	REBARBA	Aparência - Rebarba	*	Peça sem rebarba	A			[RS	1	1	Visual	WIp3003 SP
34	P	ELETRODC	Aparência - Eletrodo	*	Eletrodos em boas	A			[R_	1	1	Visual	WIp0304 SP
35	P	BICO	Aparência - Bico de Corte	*	Bico de corte em boas	A		1,00	[RS	1	1	Visual	WIp0304 SP
36	P	LAY-LINE	Aparência - Lay-line	*	Fazer lay-line na peça	A			[RS	1	1	Visual	WIp3036 SP

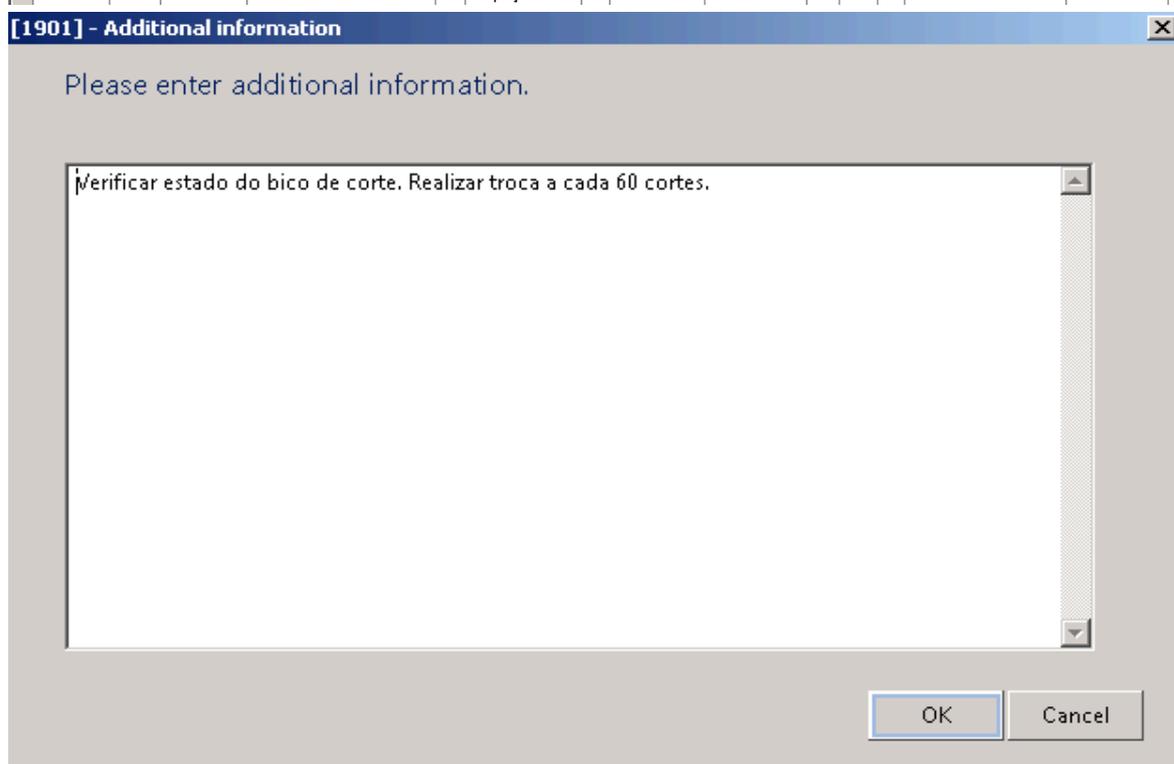


Figura 24 – Imagem mostra uma visão do plano de controle do operador, da maneira que ele visualiza enquanto realiza as operações, contendo a periodicidade da troca dos bicos de corte.

4.4.2.3 X3 – Parâmetros incorretos

Realizar testes com combinações de parâmetros, de acordo com as recomendações do especialista da máquina, para definir qual o intervalo mais apropriado.

Ajustar o plano de controle de acordo com os parâmetros encontrados com os testes realizados.

Foi programado um dia não produtivo para a realização dos testes. Feitos os testes, obtivemos resultados satisfatórios quanto à forma do corte, velocidade e precisão. Os parâmetros foram registrados e inseridos no plano de controle sistêmico, para que seja obrigatória a checagem desses e para que possam ser controlados pelo departamento da qualidade.

O responsável por essa ação foi o Green Belt responsável pelo projeto, Lucas Battestin, tendo seu prazo final para o dia 30/04/2015, que foi finalizada.

PRES CAN	37	Plasma - Parâmetros	E	4,000 bar +6,000/-0,000	X
PRES GAR	38	Plasma - Parâmetros	E	4,000 bar +6,000/-0,000	X
PRES AL	39	Plasma - Parâmetros	E	4,000 bar +6,000/-0,000	X
PRES ALI	40	Plasma - Parâmetros	E	4,000 bar +6,000/-0,000	X
PRES ALT	41	Plasma - Parâmetros	E	4,000 bar +6,000/-0,000	X
PRES BAI	42	Plasma - Parâmetros	E	4,000 bar +6,000/-0,000	X

Figura 25 – A imagem mostra os parâmetros atualizados e testados que deverão ser utilizados à partir deste projeto pelos operadores na realização dos cortes.

4.4.2.4 X4 – Critério inadequado

Visando manter o desempenho da peça, realizar uma reavaliação nos critérios de torção e de rebarba, pois o parâmetro de comprimento impacta diretamente no desempenho da peça. Após isso, treinar os operadores com relação aos critérios reavaliados.

Para o critério de torção, foram feitos testes para verificar qual o melhor critério para as peças.

Também foi feita uma reavaliação nos critérios de rebarba, e foi concluído que as peças devem ser retrabalhadas, testadas nos passa / não-passa, e somente se forem reprovadas depois de retrabalhadas, scrapeadas.

O responsável por essa ação foi o Green Belt responsável pelo projeto, Lucas Battestin, tendo seu prazo final para o dia 31/05/2015, que não foi finalizada.

Amostras	Torção x Flexibilidade			LIE	3 LSE	14
	10°	20°	30°			
1	19,95	28,39	42,55			
2	20,08	27,48	-			
3	20,22	28,33	-			
4	20,13	29,94	-			
5	20,07	28,18	42,43			
6	19,91	27,89	-			
7	20,18	29,55	-			
8	20,20	31,28	-			
9	20,15	28,88	-			
10	19,98	28,35	42,48			

Amostras	Torção x Flexibilidade		
	3°	5°	7°
1	2,28	5,83	15,37
2	1,39	6,18	15,88
3	2,01	5,43	14,39
4	0,89	5,77	16,01
5	1,85	6,22	15,28
6	1,34	5,62	14,87
7	1,75	5,38	15,13
8	2,12	6,13	15,65
9	1,41	4,97	15,37
10	1,77	5,21	15,08



Figura 26 – Na esquerda, podemos ver a tabela contendo os testes realizados com as amostras e os resultados obtidos com os testes, concluindo que peças com até 5° de torção são aceitáveis. Na direita, vemos um operador devidamente treinado realizando a operação proposta.

Tendo em vista as atividades planejadas e executadas, foi elaborado um cronograma simples, com escalas em semanas, para o acompanhamento do andamento do projeto:

Tabela 5 – Cronograma de planejamento e implementação de atividades.

Cronograma de implementação													
Ação	Março				Abril				Maio				
	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
Processo A													
Falta de experiência/treinamento do operador													
Manuseio da peça do transportador para o estoque													
Rotação do transportador fora de sincronia													
Estoque de peças inadequado													
Processo B													
Falta de atrito na garra													
Bico de corte desgastado													
Parâmetros incorretos													
Critério inadequado													

■ Planejado
■ Realizado

4.5 Fase Controlar

A fase controlar visa garantir que os procedimentos adotados venham ser sempre utilizados de maneira correta, para assim garantir a qualidade e a continuidade do processo.

4.5.1 Processo A

4.5.1.1 X1 – Falta de experiência/treinamento do operador

A planilha de problemas foi inserida na instrução de trabalho e os operadores foram treinados sobre a atualização. Também foi feita uma reunião com todos os operadores para incentivar a sugestão de melhorias no processo. Essa reunião está programada para acontecer todas as semanas entre a engenharia e a produção.

4.5.1.2 X2 – Manuseio da peça do transportador para estoque

O novo método de transferência foi inserido na instrução de trabalho e foi aplicado o treinamento nos operadores envolvidos com o processo.

4.5.1.3 X3 – Rotação do transportador fora de sincronia

Foi inserido no plano de manutenção diário da máquina e nas instruções de trabalho como deve ser feito e qual a frequência que deve ser feita o referenciamento, e todos os operadores envolvidos foram treinados.

4.5.1.4 X4 – Estoque de peças inadequado

Foi inserida nas instruções de trabalho a identificação de cada estoque e os operadores envolvidos foram treinados.

4.5.2 Processo B

4.5.2.1 X1 – Falta de atrito na garra

Foi inserida no plano de manutenção da máquina a troca anual do material das garras que proporciona o atrito nas peças. Os operadores também foram treinados para observar com frequência as variações muito bruscas das dimensões das peças.

4.5.2.2 X2 – Bico de corte desgastado

Foi inserido nas instruções de trabalho e no plano de controle a frequência para troca dos bicos de corte, os operadores foram treinados e agora foi criado um espaço para o “estoque mínimo de bicos de corte”, que facilita o alcance dos operadores para realizar as trocas.

4.5.2.3 X3 – Parâmetros incorretos

A folha de set-up foi inserida no plano de controle sistêmico, o que obriga os operadores a realizarem o set-up de acordo com os parâmetros do plano, que podem ser controlados pelo setor da qualidade, caso necessário.

4.5.2.4 X4 – Critério inadequado

Foi inserido nas instruções de trabalho o tópico sobre o retrabalho das peças ao invés de serem diretamente scrapeadas. Também foi passado um treinamento para os operadores para avaliar de melhor forma a torção das peças, porém, foi observado que será melhor desenvolver um dispositivo que auxilie os operadores a realizar essa inspeção, que ainda está em processo de desenvolvimento.

Para esse dispositivo, foi solicitada uma liberação de investimento para desenvolvimento e confecção, que não foi liberado pela alta direção da empresa.

4.6 Resultados alcançados

Após a maioria das ações terem sido implementadas, foi realizado um novo estudo de nível Sigma e DPMO, para comparar com os resultados obtidos anteriormente.

Amostragem	3849,46	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	136,81	Unidades
Total de oportunidades	3849,46	Erros
Rendimento	96,446	%
Rejeição	3,554	%
DPU	0,03554	
DPO	0,03554	
DPMO	35540,04977	
Nível Sigma	3,30497	Curto Prazo
	1,80497	Longo Prazo

Figura 27 - Análise de Nível Sigma e DPMO do Processo A entre as semanas 14 e 21 (Campo "Oportunidade de Erro" com valor 1, por ser um dado unilateral).

Amostragem	17576	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	714	Unidades
Total de oportunidades	17576	Erros
Rendimento	95,938	%
Rejeição	4,062	%
DPU	0,04062	
DPO	0,04062	
DPMO	40623,57761	
Nível Sigma	3,24350	Curto Prazo
	1,74350	Longo Prazo

Figura 28 - Análise de Nível Sigma e DPMO do Processo B entre as semanas 14 e 21 (Campo "Oportunidade de Erro" com valor 1, por ser um dado unilateral).

Desta forma, podemos verificar que o Processo A teve uma redução de 2,242% no índice de rejeição (Anterior: 5,796%; Atual: 3,554%), e um aumento no nível Sigma de 0,233 (Anterior: 3,07214; Atual: 3,30497), e que o Processo B teve uma redução de 0,569% no índice de rejeição (Anterior: 4,631%; Atual: 4,062%) e um aumento no nível Sigma de 0,062 (Anterior: 3,18178; Atual: 3,2435), o que indica uma melhoria significativa nos processos.

Abaixo, temos o gráfico atual de desempenho dos processos, com o acompanhamento semanal após as melhorias implementadas:

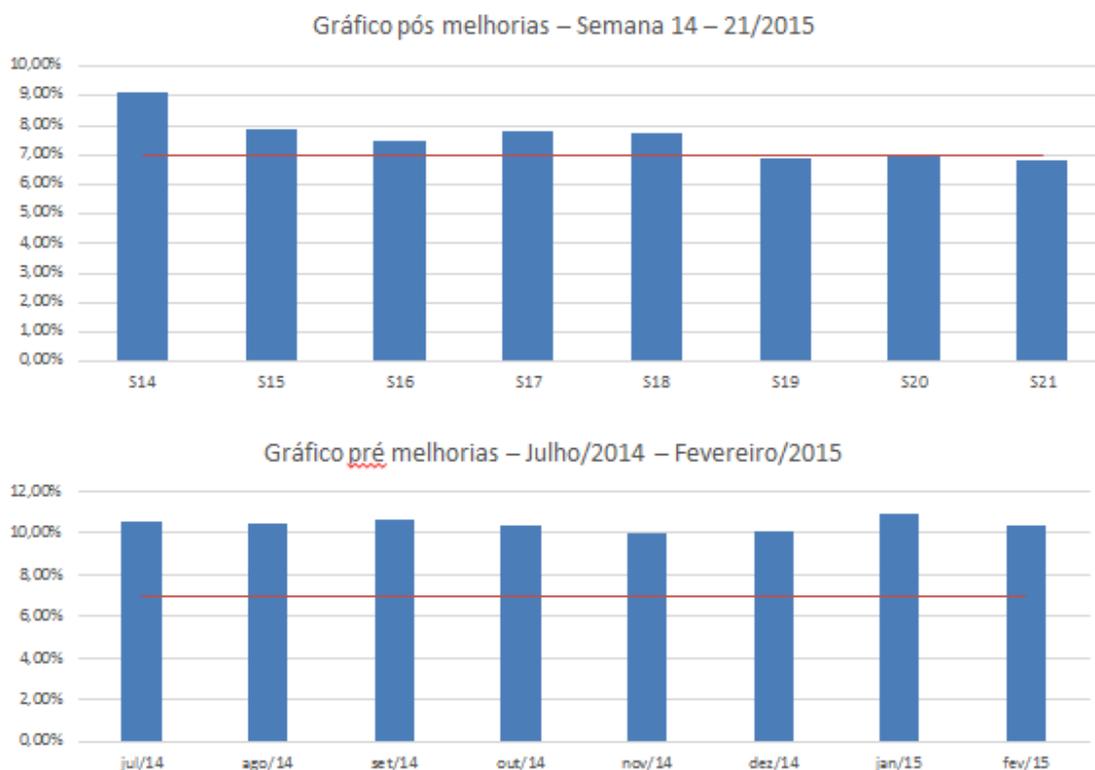


Figura 29 – A figura mostra a comparação dos processos antes e depois das melhorias aplicadas.

Abaixo, temos uma tabela que mostra os dados recolhidos após as melhorias:

Tabela 6 - Resultados alcançados após a implantação das melhorias.

		S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
Plasma	Produzidas	2.553	2.114	1.941	2.099	1.886	2.812	2.127	2.044
	Rejeitadas	121	89	81	91	82	103	77	70
WM15	Produzidas	598,13	476,80	455,75	399,05	391,19	537,37	512,40	478,77
	Rejeitadas	26,19	17,54	15,19	13,92	13,26	17,46	16,95	16,30
	Índice	9,12%	7,89%	7,51%	7,82%	7,74%	6,91%	6,93%	6,83%

4.7 Considerações Finais

Com base nas informações apresentadas no item 3.4 Fase Implementar, podemos observar que o projeto alcançou os objetivos apresentados no início da proposta, chegando a marca de 6,83% de rejeitos nos dois processos, que é 0,17% menor do que o proposto nos objetivos do projeto, que era de 7%.

Também é importante ressaltar de que o projeto não chegou ao final de suas implantações, tendo o item X4 do Processo B a necessidade de ser aprovado o investimento para aplicação da melhoria, que não foi aprovado pela direção.

Todo o projeto foi realizado sem investimentos altos, apenas aumentando a frequência de trocas e manutenções em alguns itens e treinamentos com operadores.

5 CONCLUSÃO

Analisando os Resultados Alcançados, podemos concluir que o projeto atingiu seu objetivo principal, reduzindo o índice de rejeitos gerado nos dois processos.

O projeto também indica que o projeto poderia ter um desempenho melhor, caso todos os pontos observados fossem aprovados para execução.

Também que, mesmo atingindo os objetivos propostos, o investimento feito no projeto foi praticamente nulo, já que os gastos foram apenas com manutenção.

6 REFERÊNCIAS

GESTAO INDUSTRIAL. Lean Manufacturing: Reduzindo desperdícios e aumentando a qualidade, Disponível: Site Gestão Industrial, URL: <http://www.gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/lean-manufacturing>, consultado em 05/04/2016.

WIKIPEDIA. Lean Manufacturing, disponível: Site Wikipédia, URL: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing, consultado em 05/04/2016.

TOYOTA. Uma história de inovação e qualidade, disponível: Site Toyota, URL: <http://www.toyota.com.br/mundo-toyota/sobre-a-toyota/>, consultado em 05/04/2016.

MIRANDA, DOUGLAS M. Os Pilares do Sistema Toyota, disponível: Site Scribd, URL: <https://pt.scribd.com/doc/36628365/Os-Pilares-Do-Sistema-Toyota#download>, consultado em 06/04/2016.

REZENDE, Daniel M.; SILVA, Jessica F. da; MIRANDA, Sheila M.; BARROS, Anderson. Lean Manufacturing: Redução De Desperdícios E A Padronização Do Processo. AEDB. Faculdade de Engenharia de Resende. Maio de 2015. Artigo do Curso de Engenharia de Produção Automotiva, disponível: Site AEDB, URL: <http://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/104157.pdf>

CAMPOS, Marco S. Em Busca do Padrão Seis Sigma, Revista Exame nº 689, ano 32, nº 11, Junho de 1999.

PEREZ-WILSON, M. Seis Sigma: compreendendo o conceito, as implicações e desafios. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

ROTONDARO, Roberto G. Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Atlas, 2008.

QSP DEPOIMENTOS, O Seis Sigma no Citibank, disponível: Site QSP, URL: <http://www.qsp.org.br/biblioteca/citibank.shtml>, consultado em 11/04/2016.

MORANDO, Guilherme H.F. GESTÃO DA QUALIDADE: SEIS SIGMA NA 3M DO BRASIL. Curso de Administração e Comércio Exterior, UNAERP, 2004. Disponível: Site Convibra, URL: <http://www.convibra.com.br/2004/pdf/71.pdf>, consultado 28/06/2016.

ESPUNY, Herbert. COMPROMETER-SE COM A INTERDISCIPLINARIDADE. 2011. Disponível: Site Artigos, URL: <http://www.artigos.com/artigos-academicos/8760-comprometer-se-com-a-interdisciplinaridade>, consultado 03/08/2016.

FARMACEUTICAS. 11 ferramentas da qualidade e suas estratégias de gestão, disponível: Site Farmaceuticas, URL: <http://www.farmaceuticas.com.br/11-ferramentas-da-qualidade-e-suas-estrategias-de-gestao/>, consultado 03/08/2016.

CHANCELLOR. Refugo, Desperdício: Sobras e Unidades Defeituosas, disponível: Site Chancellor, URL: http://chancellor.com.br/downloads/Stark_Refugo,%20sobras,%20desperdicio_v18a_go2011.pdf, consultado 03/08/2016.