

JOVANA RODRIGUES DE ALMEIDA

Metodologia *Lean Seis Sigma* para o aumento de produtividade: estudo de caso em uma empresa do setor hidráulico.

Guaratinguetá - SP
2017

Jovana Rodrigues de Almeida

Metodologia *Lean Seis Sigma* para o aumento de produtividade: estudo de caso em uma empresa do setor hidráulico.

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

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins

Guaratinguetá - SP
2017

A447m Almeida, Jovana Rodrigues de
Metodologia Lean Seis Sigma para o aumento de produtividade:
estudo de caso em uma empresa do setor hidráulico / Jovana Rodrigues de
Almeida – Guaratinguetá, 2017.
61 f: il.
Bibliografia: f. 52-53

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins

1. Produção enxuta. 2. Produtividade. 3. Controle de qualidade.
I. Título

CDU 658.56


Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB-8 3595

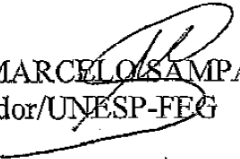
JOVANA RODRIGUES DE ALMEIDA

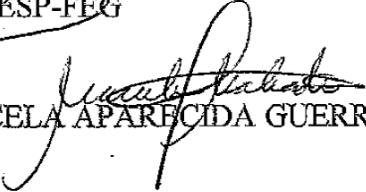
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA”

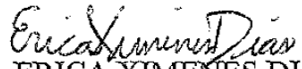
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Orientador/UNESP-FEG


Prof.ª. Dra. MARCELA APARECIDA GUERREIRO MACHADO DE FREITAS
UNESP-FEG


Prof.ª. Msc. ERICA XIMENES DIAS
UNESP-FEG

Outubro 2017

DADOS CURRICULARES

JOVANA RODRIGUES DE ALMEIDA

NASCIMENTO	27.05.1991 – São José dos Campos / SP
FILIAÇÃO	João Carlos de Almeida Ana Maria Rodrigues de Almeida
2011/2017	Engenharia Mecânica – Graduação Faculdade de Engenharia, Campus Guaratinguetá - UNESP
2014/2015	Engenharia Industrial e Mecânica – Intercâmbio de Graduação École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), Campus Paris.

dedico este trabalho
de modo especial, à professora Mde. Nathalie Musselon, que
abriu minha visão à cultura *Lean*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a oportunidade de aprendizado que este projeto me proporcionou. Então quero dizer meu muito obrigada à toda a equipe que trabalhou junto à mim no projeto.

ao meu orientador, *Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins* pelo apoio, incentivo e dedicação, tanto ao longo do desenvolvimento do presente trabalho quanto no decorrer do meu curso na faculdade. Precisamos de mais professores como você, engajados nessa profissão linda de ensinamentos e trocas.

aos meus pais *Ana e João*, que me deixaram a maior herança que eu poderia receber, o estudo, e aos meus irmãos, *Tati, Mari, André e Danillo*. Obrigada por sempre me incentivarem!

ao meu namorado e companheiro *Thiago*. Obrigada por estar sempre ao lado nessa aventura chamada vida.

aos meus amigos, por estarem sempre presentes. Em especial às minhas irmãs de coração, *Ana Luisa Deguer Funke e Ana Beatriz Perrone Fernandes*, que sempre dividiram comigo as dores e as delícias da vida universitária.

ao grupo PET, pelas amizades, pelas atividades, pelas viagens e pelo incalculável crescimento que proporcionou.

à todos os meus professores, que de uma forma ou de outra contribuíram para eu me tornar a profissional que sou hoje.

à todos os funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade em ajudar.

“Nada é permanente, exceto a mudança.”
Heráclito

RESUMO

Menor custo, menor prazo e melhor qualidade, características cada vez mais exigidas pelo mercado e nem tão simples de serem atendidas pelas empresas. É neste cenário competitivo que nasce o modelo de gestão *Lean Seis Sigma*, uma nova proposta que integra os conceitos de *Seis Sigma* aos de manufatura *Lean*, se baseando nas metodologias e ferramentas de ambos os programas. O presente trabalho estuda o caso de aplicação da metodologia PDSA, dentro de um programa de gestão *Lean Seis Sigma* praticado pela empresa, com o objetivo de encontrar as principais causas da baixa produtividade na linha de montagem de conjuntos de mangueiras hidráulicas, aplicando as ferramentas necessárias para chegar às suas causas raiz e oferecer soluções para eliminá-las, visando aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean Seis Sigma*. Metodologia PDSA. Aumento de produtividade.

ABSTRACT

Lesser cost, minor stated period and better quality, characteristics more and more demanded by the market and nor so simple to be taken care of for the companies, is in this competitive scene that is born the Lean Six Sigma management model, a new proposal that integrates the concepts of Six Sigma to the ones of Lean manufacture, based on methodologies and tools of both programs. This present work studies the application of PDSA methodology, inside of a Lean Six Sigma management program practised by the company, with the purpose of find the main causes of low productivity on the hydraulical hoses assembly line, applying the necessary tools and creating solutions to eliminate them, aiming to increase productivity and product quality.

KEYWORDS: Lean Six Sigma. PDSA methodology. Increasing productivity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	SEIS SIGMA – HISTÓRICO E CONCEITO	15
2.2	SEIS SIGMA – MEDIDA	16
2.3	LEAN – HISTÓRICO E CONCEITO	19
2.4	LEAN SEIS SIGMA: FILOSOFIAS UNIDAS – CONCEITO	23
2.5	LEAN SEIS SIGMA – METODOLOGIA PDSA.....	25
3	MÉTODO	31
3.1	PDSA.....	31
3.1.1	Primeira etapa: Planejar (Plan)	31
3.1.1.1	Histórico de dados da produção	31
3.1.1.2	Gemba Genbutsu – ir onde está o problema.....	32
3.1.1.3	O time de trabalho	33
3.1.1.4	O mapa de pensamento.....	33
3.1.2	Segunda etapa: Medir (Do)	34
3.1.2.1	Mapa de processo	34
3.1.2.2	Dados secundários	35
3.1.3	Terceira etapa: Estudar (Study)	35
3.1.3.1	Matriz de causa e efeito	36
3.1.3.2	Diagrama de Ishikawa	37
3.1.3.3	Os 5 porquês	38
3.1.4	Quarta etapa: Agir (Act)	38
4	RESULTADOS	40
4.1	RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA	40
4.2	RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA	43
4.3	RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA	47
4.4	RESULTADOS DA QUARTA ETAPA.....	49
5	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	52
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	57
	APÊNDICE A – FLUXO PRODUTIVO	59
	APÊNDICE B – MATRIZ DE CAUSA E EFEITO	60
	APÊNDICE C – DIAGRAMA DE ISHIKAWA	61
	APÊNDICE D – 5 PORQUÊS	59
	APÊNDICE E – CAUSAS RAÍZ E AÇÕES PROPOSTAS	61

1 INTRODUÇÃO

Manter os negócios da empresa em um patamar competitivo dentro do mercado significa em outros termos garantir as vendas e o crescimento em relação aos seus concorrentes. E para tanto, a satisfação dos clientes, cada vez mais exigentes devido ao aumento de oferta, é o ponto crucial dessa lógica.

Para garantir a satisfação dos clientes, mais do que entregar o produto no prazo, é necessário apresentá-lo à um custo reduzido e com qualidade. Foi devido à essa exigência do mercado que muitos programas e filosofias de gestão surgiram ao longo do tempo, como o *Lean Management* (gestão da manufatura enxuta) e o *Seis Sigma*, por exemplo (FEITOR, 2008).

O *Lean* se consolidou como um modelo de comportamento e organização do processo produtivo como um todo, que permite às empresas fazer melhor, mais rápido e com menores custos, tudo isso de uma maneira bem estruturada e durável no tempo. Para tanto, o *Lean* busca entender o que é valor para o cliente e a partir disso trabalha para adequar o processo para que ele seja o mais “enxuto”, ou seja, o mais eficiente e com o menor custo possível. Isso é alcançado por meio da eliminação dos desperdícios em todo o processo produtivo, por métodos de melhoria adaptados ao mesmo, aplicados por colaboradores treinados e motivados, que trabalham alinhados à visão da empresa e sempre focados no cliente (informação verbal)¹.

A metodologia que acompanha o conceito *Lean* de gestão é o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Essa metodologia se utiliza de ferramentas capazes de encontrar soluções para a melhoria dos processos, reduzindo assim seus erros e desperdícios e garantindo a qualidade do produto ou serviço final.

Embora as mais variadas ferramentas e metodologias tenham conseguido melhorar o cenário para o negócio de muitas empresas, esses ganhos não eram tão significativos e perenes na maioria das vezes, como disse Senge et al. (1994), “as práticas inovadoras crescem por um certo tempo e depois param de crescer. Talvez elas cessem de vez. Talvez a iniciativa persista timidamente (...)”. Surge então, na década de 80, o conceito do *Seis Sigma*, trazendo uma maneira mais robusta para se atingir ganhos mais expressivos e que se sustentem por si só por um longo período de tempo.

¹ Informação fornecida por Natalie Musselina na disciplina de Sistemas Lean dentro do curso de Engenharia Industrial Mecânica, na Universidade Artes et Métiers ParisTech, em Paris, no primeiro semestre de 2015.

O Seis *Sigma* utiliza-se de uma metodologia muito bem estruturada, o DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), baseada em ferramentas de melhoria contínua associadas à métodos estatísticos.

Essa nova metodologia, o DMAIC, permite o entendimento do processo e de seus problemas e auxilia na busca das verdadeiras causas dos mesmos, possibilitando agir de maneira consistente para encontrar e aplicar soluções para os pontos de melhoria encontrados e elevar a qualidade dos produtos e serviços, reduzindo praticamente à zero as ineficiências internas.

Mais especificamente, o Seis *Sigma*, por meio da metodologia DMAIC, procura caracterizar qual é a variabilidade do processo e quais são as causas dessa variação, de maneira a agir na raiz do problema e aplicar soluções que reduzam significativamente a chance de erros e defeitos, e que acima de tudo sejam sustentáveis ao longo do tempo. Um processo com alta variabilidade tem grandes chances de produzir produtos ou serviços com baixa qualidade, em elevado tempo de ciclo, e à custos altos, gerando assim insatisfação nos clientes e prejuízos ao negócio.

Segundo Pezeiro (2011), o DMAIC é a evolução natural do PDCA, trazendo ferramentas mais aperfeiçoadas de análise estatística. Entretanto, o PDCA continua sendo o núcleo da iniciativa de melhoria contínua.

Na metodologia Seis *Sigma*, DMAIC, nem toda a empresa é treinada com o mesmo nível de proficiência. Os níveis de proficiência seguem uma analogia com as faixas das artes marciais, ou seja, vai do nível básico (*White Belt* e *Yellow Belt*), até o nível intermediário (*Green Belt*), avançado (*Black Belt*) até o nível de líder da iniciativa (*Master Black Belt*). (PEZEIRO, 2011, p.1)

Ainda segundo Pezeiro (2011), a metodologia utilizada nos níveis mais básicos das práticas Seis *Sigma* (*White Belt* e *Yellow Belt*) se aproxima muito da antiga metodologia PDCA.

O presente trabalho estuda o caso de aplicação da metodologia PDSA, que combina características do PDCA e do DMAIC, dentro de um programa de gestão *Lean Seis Sigma*. O programa visa unir os conceitos de *Lean* aos de Seis *Sigma*, bem como suas ferramentas e metodologias, a fim de criar um enfoque holístico para solucionar os problemas.

Segundo Snee, Consulting e Hoerl (2007), reduzir os desperdícios e o tempo de ciclo, como busca o conceito *Lean*, é importante e necessário, mas não é suficiente para se atingir a excelência do processo. Tão pouco reduzir a variação somente, como busca o Seis *Sigma*, não

fará a empresa chegar a níveis extraordinários de eficiência. Nesse caso, o ideal é criar um enfoque holístico, uma visão mais ampla de melhoria do processo. Em outras palavras, para se alcançar o máximo rendimento e desempenho, *Lean* e *Seis Sigma* devem ser utilizados em conjunto, como parte de um método mais amplo de melhoria. Devem ser utilizados juntos, em um sistema no qual um complementa e reforça o outro.

O presente trabalho objetiva explicitar o estudo e a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma*, dentro de um projeto para aumento de produtividade em uma célula específica de produção, o que o caracteriza como um estudo de caso de natureza aplicada e caráter exploratório.

A realização do projeto foi motivada, em primeiro lugar, pelo programa de capacitação e treinamento oferecido pela empresa, que tem como objetivo formar especialistas *Lean Seis Sigma* e sistematizar a metodologia de implementação de projetos como uma estratégia de gerenciamento e melhoria do desempenho do negócio, tanto no âmbito da qualidade e satisfação dos clientes como no âmbito de saúde financeira e lucratividade da empresa, ambos inter-relacionados.

Em segundo lugar, a motivação veio do cenário atual da linha de produção escolhida para o projeto: baixa produtividade e alto índice de problemas de qualidade. Os números de produção não tem sido suficientes para atender a demanda dos clientes e essa situação exige uma atenção maior e um estudo mais profundo a fim de se chegar à verdadeira causa da baixa produtividade, de definir o que deve ser otimizado, e como otimizar, e por fim de mensurar quanto o indicador pode melhorar e quais serão os possíveis ganhos a serem atingidos.

A empresa é líder mundial no fornecimento de componentes e sistemas elétricos, hidráulicos, automotivos, aeronáuticos e de filtração, oferecendo marcas, produtos e soluções de comprovada excelência para seus clientes nos mercados sul-americanos. O trabalho foi desenvolvido na unidade de fabricação de mangueiras para aplicações hidráulicas, conjuntos montados para aplicações em ar condicionado, direção hidráulica automobilística, e também mangueiras termoplásticas para aplicações petroquímicas e químicas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Como defendido pelo princípio *Lean Six Sigma*, a empresa deve constantemente acompanhar, analisar e aperfeiçoar seus processos produtivos, visando sempre a redução de variações e a melhoria contínua, principalmente em tempos de fragilidade do contexto econômico mundial. As melhorias devem ser implementadas tendo como foco a eliminação

de gastos desnecessários, a redução do tempo e da variação do processo e dos defeitos de qualidade, aumentando assim a produtividade e a competitividade da empresa.

Percebe-se um esforço em todas as áreas da cadeia de produção em reduzir custos e manter boas relações com os clientes, mas o esforço principal deve ser concentrado nas linhas de produção, local onde o valor é agregado ao produto.

A operação produtiva, onde se executa o trabalho manual ou automatizado, segundo Contador (2010), é o primeiro nível da escala de produtividade. Segue-se em níveis posteriores a produtividade global da fábrica, da empresa e, em um nível mais elevado, a produtividade da nação. Levando em conta esse aspecto, os processos produtivos das empresas são e devem ser alvo de estudos sistemáticos e de constante aperfeiçoamento, já que eles constituem a força motriz da produção que atende ao mercado consumidor.

O presente trabalho se desenvolve então em uma célula específica da linha de montagem dos conjuntos de mangueiras hidráulicas. A escolha da célula se justifica pelo alto volume de demanda e pela complexidade do processo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudo e aplicação da metodologia PDSA em uma célula específica da linha de montagem de conjuntos de mangueiras hidráulicas de alta pressão, tendo como base o modelo de gestão *Lean Six Sigma* da empresa.

1.2.2 Objetivos específicos

Encontrar as principais causas da baixa produtividade na linha de montagem de conjuntos de mangueiras hidráulicas, aplicando as ferramentas necessárias para chegar às suas causas raiz e oferecer soluções para eliminá-las, visando aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SEIS *SIGMA* – HISTÓRICO E CONCEITO

Segundo Pande e Holpp (2001) o Seis *Sigma* não surgiu da noite para o dia, mas tem uma larga base, de mais de oitenta anos, que começa no início do século XX nos conceitos de gestão da qualidade desenvolvidos nos Estados Unidos e no Japão e vai até o sistema de Gestão Total da Qualidade (*Total Quality Management - TQM*) nas décadas de 1970 e 1980. Contudo, para melhor compreensão do conceito Seis *Sigma* e de seu nascimento, vale-se voltar um pouco na história e entender sobre a evolução do termo qualidade para as empresas.

Com o aparecimento da produção em massa, fez-se necessário a implementação da inspeção dos produtos finalizados, pois perdiam-se as habilidades específicas e o cuidado da manufatura artesanal. Entretanto ao decorrer da evolução industrial e com a necessidade de produção em massa para atender à alta demanda era impraticável a inspeção da totalidade de itens produzidos, então foi nesse contexto que surgiu o controle estatístico da qualidade, o qual instalava a inspeção por amostragem de uma certa quantidade de produtos fabricados, tornando o fluxo do processo produtivo menos travado. Conforme o mercado se tornava mais exigente, a responsabilidade pela qualidade aumentava e as empresas passaram a aprimorar seu conceito de qualidade, até que foram criados os sistemas normatizados de qualidade. Já nessa época haviam estudos, treinamentos e equipes especializadas, dedicadas à gestão da qualidade, e os conceitos de garantia e gestão estratégica da qualidade começaram a aparecer. Mas foi na década de 1960 que um sistema que preconizava a prevenção dos defeitos em face à correção (FEITOR, 2008) foi apresentado.

Esse sistema era chamado de Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control - TQC*, criado por Feigenbaum em 1961, com base numa definição diferente de qualidade:

A qualidade de um produto ou serviço pode ser definida como um conjunto total das características de marketing, engenharia, fabricação e manutenção do produto ou serviço que satisfazem as expectativas do cliente. (FEIGENBAUM, 1983).

A partir disso os sistemas de qualidade foram sendo aperfeiçoados, novas normas e perspectivas foram criadas, culminando no movimento chamado Gestão Total da Qualidade (*Total Quality Management – TQM*). O TQM tem como principais características a gestão participativa, o processo de melhoria contínua e o emprego de equipes. Entretanto, os

programas que se utilizam do sistema TQM não visam diretamente ganhos financeiros, o que não motiva o engajamento e o envolvimento da alta gerência (REIS, 2003).

Diante desta dificuldade, emerge na década de 1980, de uma necessidade da Motorola em alavancar a competitividade da empresa frente às concorrentes Japonesas, o sistema *Seis Sigma*, que se consolidou como uma forte cultura de gestão focada no aperfeiçoamento dos processos empresariais como um todo, e que resulta em impactos significativos nos resultados financeiros da companhia, no aumento da satisfação dos clientes e na ampliação da participação no mercado.

Pande e Holpp (2001) afirmam que o *Seis Sigma* focaliza seus esforços em três áreas principais: aumento da satisfação do cliente, redução do tempo de ciclo e redução dos defeitos. Ainda segundo Pande e Holpp (2001), “*Seis Sigma* é a maneira mais inteligente de gerenciar um negócio ou um departamento. O *Seis Sigma* coloca os clientes em primeiro lugar, utilizando fatos e dados para impulsionar as melhores soluções”.

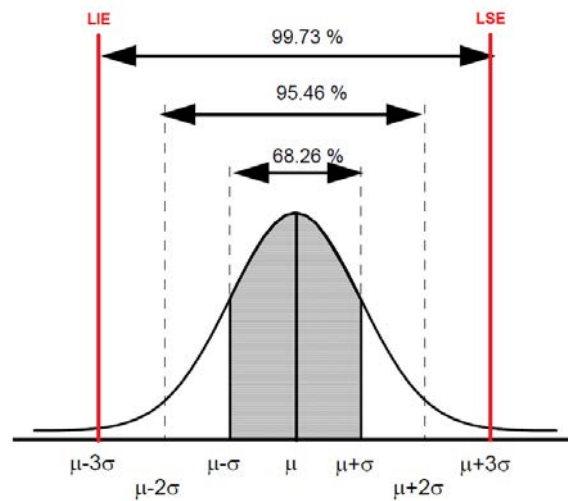
O *Seis Sigma* não criou nada do zero, nada muito novo ou diferente. Ele apenas se baseou nas metodologias da qualidade já existentes, mantendo o que era de fato eficaz, o que inclui os conceitos da qualidade total e do gerenciamento de processos, mas tudo inserido em uma metodologia bem estruturada e coerente, pautada na lógica e em ferramentas estatísticas. O *Seis Sigma* objetiva o sucesso do negócio por meio da satisfação do cliente e com foco voltado ao retorno financeiro (GALVANI, 2010).

2.2 SEIS SIGMA – MEDIDA

A letra grega *Sigma*, representada pelo símbolo σ , é utilizada pela matemática estatística para simbolizar o desvio padrão de uma população em estudo. Dentro de uma distribuição normal dos dados de uma população, desvio padrão é a medida da dispersão dos dados em relação à média, ou seja, é o quanto um dado pode ser distante do valor médio ou ideal, como ilustrado no gráfico da Figura 1 (CORREA, 2003).

A área sob a curva, delimitada pela média e um valor qualquer, representa uma probabilidade. É possível analisar no gráfico da Figura 1 que 68,26% dos valores medidos encontram-se entre -1σ e $+1\sigma$, ou seja, a área ou a probabilidade de um valor estar entre -1σ e $+1\sigma$ é de 68,26%. Seguindo essa lógica, se forem estipulados limites inferior e superior como especificação, conforme o número de sigmas dentro destes limites aumenta, maior é a probabilidade de um valor estar dentro destes limites (CORREA, 2003).

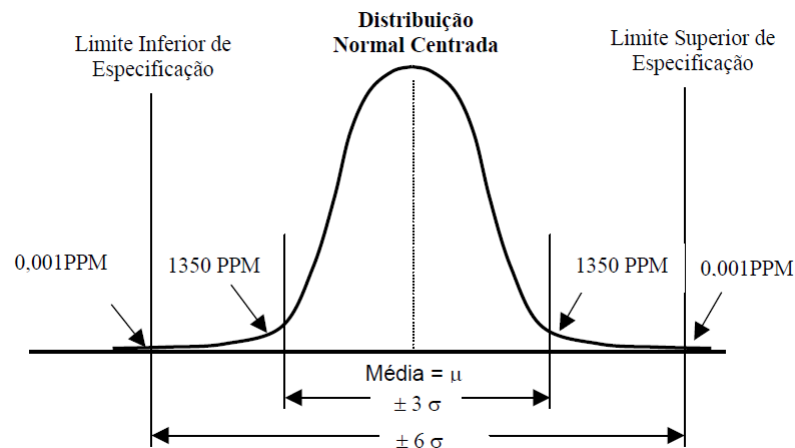
Figura 1 – Gráfico de uma distribuição normal, mostrando a média (μ), o desvio padrão (σ) e os limites inferior e superior de especificação (LIE e LSE).



Fonte: Adaptado Correa (2003, p.89).

Ao considerarmos que esses limites são os limites especificados em um projeto, a probabilidade de um valor estar dentro dos limites é a probabilidade de ocorrência de conformidades. Já a probabilidade de um valor estar fora dos limites especificados é a probabilidade de ocorrência de não conformidades. Por isso, se os limites englobam seis desvios padrão, conforme mostrado na Figura 2, significa que 99,9999998% dos itens produzidos estão dentro especificado, ou seja, há apenas 0,0000002% de chance (0,002 falhas por milhão ou ppm) de ocorrência de problemas de qualidade. Esse é o objetivo do programa Seis *Sigma*, chegar muito próximo de zero falha no processo produtivo (REIS, 2008).

Figura 2 – Distribuição normal centrada e desvio padrão de seis *Sigma*

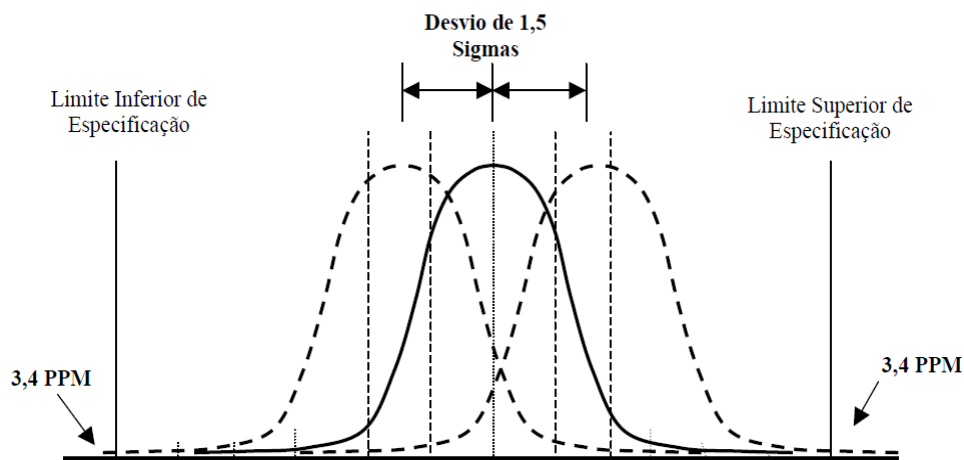


Fonte: Reis (2008, p.41).

Segundo Rotondaro (2002), o *sigma* é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o processo apresenta uma baixa capacidade sigma, o nível de qualidade não é tão alto se compararmos com níveis de processos quatro ou seis *sigma*, nos quais a qualidade é bem maior. Seguindo esta lógica e segundo o próprio Rotondaro (2002), o Seis *Sigma* é uma meta de qualidade de chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha.

Entretanto, o Seis *Sigma* segundo a Motorola, busca chegar à 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), ou em termos de porcentagem, 0,00034% de probabilidade de ocorrência de falhas. Isso se deve ao fato de ser praticamente impossível chegar à uma taxa 0,002 falhas por milhão de itens produzidos, pois segundo Feitor (2008) todo e qualquer processo, por mais bem planejado, possui um deslocamento da média em relação ao valor especificado, devido à perturbações naturais. Então assume-se um desvio de mais ou menos 1,5 *sigma* em relação à média. Assim, ao se considerar como limite superior seis *sigma* mais 1,5 *sigma* e como limite inferior menos seis *sigma* menos 1,5 *sigma*, obtém-se uma taxa de 3,4 DPMO, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Distribuição normal com desvio de mais ou menos 1,5 *sigma* em relação à média



Fonte: Reis (2008, p.42).

Em resumo, o termo “*sigma*” mostra o quão variável pode ser um processo produtivo. Uma baixa capacidade sigma significa uma alta variação do processo produtivo, o que por sua vez significa uma maior possibilidade de produzir um item fora do especificado pelo cliente, seja em termos de qualidade, custo ou prazo de entrega. Rotondaro (2002, p. 21) afirma que “se um processo tiver uma variabilidade alta, o resultado é um produto ou serviço de má qualidade, com custos altos e entrega deficiente, portanto, que não satisfaz ao cliente, ameaçando a sobrevivência do negócio”. Dentro dessa lógica, quando a variação de um

processo passa por análise, é possível verificar a inconsistência entre o valor alvo, ou seja, o que foi previamente especificado pelo cliente, e o desempenho real do processo (FEITOR, 2008).

Por isso, dentro do conceito estatístico, o Seis *Sigma* é “uma estatística calculada para cada característica crítica da qualidade, para avaliar o desempenho em relação à especificação ou à tolerância.” (ROTONDARO, 2002, p.19), entendendo qualidade como o conjunto de todas as características que envolvem o processo produtivo, como mencionado anteriormente.

2.3 LEAN – HISTÓRICO E CONCEITO

“*Lean*” significa “manufatura enxuta” e surgiu pela primeira vez em 1990, no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (*The Machine that changed the world: the story of Lean Production*, James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Ross), em um programa de pesquisas que tinha como objetivo criar um novo modelo de produção de automóveis, mais eficiente, flexível, ágil e inovador, de modo a superar a concorrência das montadoras japonesas, que na época já haviam adotado novas práticas de produção. Essas práticas eram conhecidas por Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System – TPS), que abordava o conceito de “produção enxuta” pela primeira vez. O TPS foi criado a partir de estudos e esforços realizados pelos engenheiros da Toyota Taiich Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda, unidos à William Edwards Deming, estudioso americano pioneiro na melhoria da qualidade, na década de 1950.

O TPS nasceu como uma evolução da produção em massa instalada por Henry Ford, trazendo inovações simples que se ajustassem melhor às necessidades da época, como o sistema produtivo à fluxo contínuo e possibilidade de produção de grande variedade de produtos. Segundo Moreira (2011), a produção *Lean* nasceu da combinação dos modelos de produção artesanal e em massa, evitando a rigidez da produção em massa e os altos custos da produção artesanal.

Depois da Segunda Guerra Mundial, em um contexto de baixo crescimento econômico, era necessário limitar a produção e fabricar apenas o necessário para suprir a demanda dos clientes, eliminando assim a superprodução e o acúmulo de estoque de itens finalizados. Limitando o tamanho dos lotes, era possível modificar mais vezes e mais rápido a linha de produção, flexibilizando-a e abrindo-a à uma maior variedade de produtos.

Entretanto, além de produzir somente uma variabilidade maior de produtos na quantidade demandada pelo cliente, era necessário também produzir mais rápido, à um menor

custo e com maior qualidade. Assim, o TPS presumia a eliminação de desperdícios ligados à produção, com o intuito de reduzir os custos e tempo de processo, o foco total no especificado pelo cliente, tanto em termos de qualidade quanto em termos de quantidade e prazo e a motivação e a capacitação dos funcionários.

O *Lean* se consolidou então como um modelo de comportamento e organização do processo produtivo como um todo, que permite às empresas fazer melhor, mais rápido e com menores custos, tudo isso de uma maneira bem estruturada e durável no tempo. Mas como implementar esse modelo? Por meio da eliminação dos desperdícios em todo o processo produtivo, por métodos de melhoria adaptados ao mesmo e aplicados por colaboradores treinados e motivados, que trabalham alinhados à visão da empresa e sempre focados no cliente (informação verbal)².

Desperdício, ou “muda” em japonês, é toda atividade que consome recursos, mas não agrega nenhum valor ao produto, ou seja, tudo o que é realizado durante o processo produtivo que não é pago pelo cliente. Taiichi Ohno classificou sete tipos de “muda”, quatro deles são relativos ao produto e os outros três, ao homem. Segue as definições de cada um dos sete “muda”, segundo Domingues (2013):

- Superprodução: ocorre quando a quantidade produzida é superior ao requisitado pelo cliente, consumindo desnecessariamente matéria prima, ocupação de área e mão de obra para estocagem e recursos para transporte;
- Estoques: materiais, componentes ou produtos finalizados em quantidade maior do que o necessário para a produção e venda, que ficam parados, consumindo recursos de espaço, mão de obra e transporte. Quando os estoques são reduzidos ou eliminados, outros tipos de problemas aparecem
- Transporte: o excesso de transporte pode ser consequência de um mau planejamento de layout ou má distribuição e organização de armazenamento, que resulta na movimentação em excesso de material, gastando tempo e mão de obra;
- Defeitos e correções: os defeitos estão relacionados à erros ou falhas em produtos, que implique em rejeição ou retrabalho, e são decorrentes de problemas de qualidade internos. Os defeitos podem ser encontrados tanto ao longo do processo produtivo, resultando em parada de linha e/ou espera no posto seguinte, aumentando o *lead time*, quanto após a entrega, no cliente, o que é mais grave devido aos altos custos de garantia e entregas adicionais e ao risco de insatisfação e até perda do cliente;

² Informação fornecida por Nathalie Musselon na disciplina de Sistemas Lean dentro do curso de Engenharia Industrial Mecânica, na Universidade Arts et Métiers ParisTech, em Paris, no primeiro semestre de 2015.

- Espera: ocorre sempre que material, pessoas, equipamentos ou informações não estão disponíveis para dar prosseguimento ao processo quando necessário. Faltas de equipamentos e máquinas, falta de material ou mão de obra, interrupções do processo, gargalos de produção, entre outros, são as principais causas desse defeito;
- Movimentos: a falta de padronização ou organização do trabalho, disposição ineficiente de equipamentos e máquinas ou execução de práticas incorretas de trabalho geram um excesso de movimentação das pessoas durante o processo produtivo. Um exemplo clássico de desperdício por movimentação é o operador se manter ocupado à procura de ferramentas e insumos necessários para produzir. Durante esse tempo ele não acrescenta nenhum valor ao produto, gastando suas horas de trabalho e acrescentando tempo à entrega do produto ao cliente;
- Processos em excesso: a realização desnecessária de qualquer operação durante o processo resulta em perdas para a empresa, e isso resulta de um mal entendimento do que foi requisitado pelo cliente ou pela má interpretação das instruções de como o trabalho deve ser feito.

Todas essas atividades realizadas sem necessidade e em excesso resultam em gasto de recursos, mas sem transformá-los em valor no produto, ou seja, são desperdiçados.

De acordo com Womack e Jones (2003), o conceito *Lean* é o “antídoto” contra os *muda*, e para guiar a mudança rumo à extinção desses desperdícios e criar uma manufatura enxuta, eles listaram os cinco princípios fundamentais do *Lean* que devem ser incorporados em uma nova cultura:

- Especificar o valor do produto: entender o que o cliente quer como valor no produto e o que acrescenta ou cria valor no processo;
- Identificar o mapa do fluxo de valor: mapear o fluxo de valor no processo produtivo, ou seja, entender qual o caminho o produto percorre para receber o valor que à ele é agregado;
- Transformar o fluxo produtivo em um fluxo contínuo: em outros termos, eliminar os estoques e as paradas entre as operações, transformando a produção em uma linha contínua;
- Criar um fluxo produtivo puxado: estabelecer a produção de acordo com a demanda do cliente, produzindo assim somente o que é necessário, evitando estoques de produtos finalizados;

- Buscar a perfeição do processo: buscar produzir sempre da melhor maneira possível, no sentido de diminuir continuamente o número de etapas, a quantidade de informação e o tempo necessário para entregar o produto ao cliente.

Em resumo, pode-se concluir que o objetivo maior do programa *Lean* é aumentar o valor do produto por meio da redução dos desperdícios, ou seja, criar mais valor utilizando menos recursos. Para isso é necessário entender o que é valor para o cliente e como é o processo de criação desse valor, e a partir disso, adequar o processo para que ele seja o mais “enxuto” possível, ou melhor, com menos perdas, construído em fluxo contínuo e com ritmo de produção ditado pela necessidade do cliente, buscando melhorar sempre, objetivando alcançar a perfeição (DOMINGUES, 2013).

O processo de implementação de uma nova cultura guiada pelos princípios *Lean* não é simples e rápida, mas sim complexa e gradual. É necessário ter pensamento à longo prazo e iniciar por pequenos progressos até alcançar mudanças profundas, rompendo paradigmas, que são modelos, regras ou hábitos que influenciam a maneira de interpretar uma situação ou um problema dado. E como romper com os paradigmas? A formação de uma nova cultura começa com a percepção do novo, e em sequência vem a mudança na maneira de pensar, a mudança no comportamento de trabalho, a criação de novos hábitos, culminando na mudança total da cultura (informação verbal)³.

O *Lean* possui cinco valores que auxiliam nessa mudança, são eles:

- *Gemba Genchi Genbutsu*: esse termo em japonês significa “vá ver no local real”, e significa o hábito de ir ver o problema na fonte, onde ele acontece, para verificar os fatos e colher dados, a fim de tomar as decisões certas que irão auxiliar a atingir os objetivos;
- Desafios: ter coragem, foco e criatividade para eliminar os desafios e realizar os objetivos, mantendo uma visão à frente;
- Espírito de equipe: perceber que a equipe é importante para alcançar o objetivo otimiza o desempenho individual e do grupo e favoriza o desenvolvimento pessoal e profissional de cada um;
- Respeito: dentro da filosofia *Lean* entender e respeitar o próximo é essencial. Aceitar as responsabilidades e criar uma confiança mútua começa com o respeito ao outro;

³ Informação fornecida por Nathalie Musselon na disciplina de Sistemas Lean dentro do curso de Engenharia Industrial Mecânica, na Universidade Arts et Métiers ParisTech, em Paris, no primeiro semestre de 2015.

- *Kaizen*: esse termo em japonês significa “melhorar sempre”, melhorar continuamente. Nenhum processo pode ser tido como perfeito, pois sempre haverá algo à melhorar. Então é necessário buscar melhorar sempre.

Em resumo, o *Lean* é a melhoria em todos os lugares, para todos, todos os dias. E estabelecer o *Lean* é criar uma organização eficaz e harmoniosa, capaz de se adaptar de acordo com as exigências do mercado e de seus clientes, sustentada por uma cultura capaz de mudanças radicais e de melhoria contínua, se apoiando sobre um sistema de organização ao justo e necessário e orientada à satisfação dos clientes, dos funcionários, dos acionistas e da sociedade como um todo (informação verbal)⁴.

2.4 LEAN SEIS SIGMA: FILOSOFIAS UNIDAS – CONCEITO

Percebe-se que ao longo dos anos as empresas têm se empenhado em diversos programas de qualidade e melhoria contínua dos processos a fim de manter a competitividade. E com o intuito de aprimorar e aproveitar ainda mais essas técnicas, uma nova proposta que integra os conceitos de Seis *Sigma* aos de manufatura *Lean*, se baseando nos métodos e ferramentas de ambos os programas, tem sido discutida e incorporada por muitas empresas. Essa proposta recebe o nome intuitivo de *Lean Seis Sigma*.

A utilização desses dois conceitos juntos não é tão nova, há algum tempo eles vêm sendo utilizados em paralelo, como duas maneiras distintas para resolução dos problemas, aplicadas em alguns casos de forma desordenada e não complementar. Ambos os programas almejam resultados similares, mas trabalham em abordagens diferentes sobre o processo e se não forem utilizados de modo a se integrarem podem ocasionar outros problemas, como por exemplo o aumento do tempo para finalizar os projetos e a falta de recursos para dividir entre os mesmos (BOSSERT, 2003).

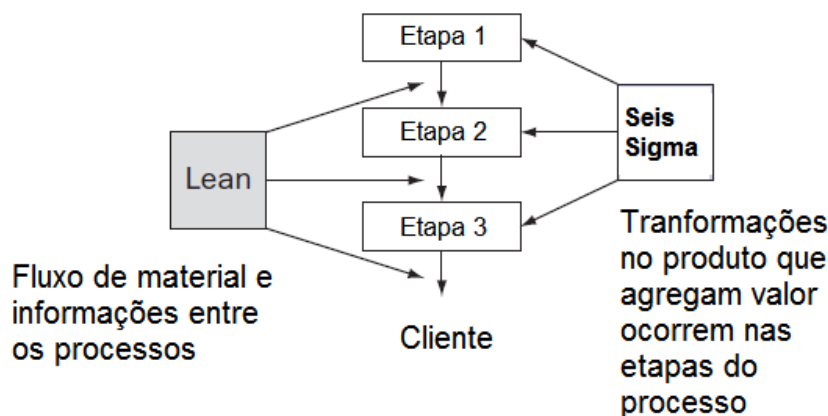
De acordo com Antony (2010), o *Lean* foca na eficiência, produzindo produtos ou serviços o mais rápido possível e com o menor custo. Sua estratégia engloba uma série de ferramentas e técnicas para reduzir o *lead time* (tempo de processo), inventários, tempo de *Set Up*, parada de máquinas, refugo e retrabalho, ou seja, focando sempre em criar mais valor agregado, eliminando as atividades que não agregam valor ao produto. Já o Seis *Sigma* é uma percepção de melhoria de negócio que busca encontrar e eliminar as causas da variação do

⁴ Informação fornecida por Nathalie Musselon na disciplina de Sistemas Lean dentro do curso de Engenharia Industrial Mecânica, na Universidade Arts et Métiers ParisTech, em Paris, no primeiro semestre de 2015.

processo, que acarretam em defeitos, focando nas suas saídas que são mais críticas para os clientes. Os princípios do Seis *Sigma* podem ser usados para revelar e reduzir drasticamente as variações do processo, ajudando a criar um processo e um produto mais robusto, aumentando a qualidade do produto.

Para Snee, Consulting e Hoerl (2007), o *Lean Seis Sigma* pode ser comparado a um esquema como o mostrado na Figura 4, no qual as caixas são as etapas do processo de produção, onde o valor é agregado ao produto, e as setas são os fluxos de informação e de material que ocorrem entre cada uma das etapas.

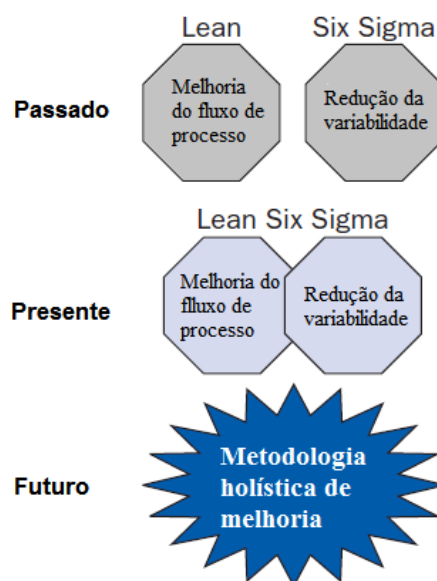
Figura 4 – Ilustração da aplicação do *Lean* e do Seis *Sigma* num processo produtivo



Fonte: Adaptado Snee; Consulting; Hoerl (2007, p.19).

Segundo os autores, os problemas de fluxo são muitas vezes as causas raiz do baixo desempenho do processo, entretanto, em cada etapa pode haver variações ou atividades que não agregam valor ao produto, podendo também serem a causa raiz de um baixo desempenho. O princípio *Lean* é tipicamente mais efetivo quando aplicado para resolver problemas relacionados aos fluxos entre as etapas, sendo o Seis *Sigma* mais efetivo quando usado para reduzir as variações em cada etapa específica do processo, aumentando o desempenho.

Reduzir os desperdícios e o tempo de ciclo é importante e necessário, mas não é suficiente para se atingir a excelência do processo. Tão pouco reduzir a variação somente não fará a empresa chegar a níveis extraordinários de eficiência. Nesse caso, o ideal é criar um enfoque holístico, uma visão mais ampla de melhoria do processo. Em outras palavras, para se alcançar o máximo rendimento e desempenho, *Lean* e Seis *Sigma* devem ser utilizados em conjunto, como parte de um método holístico de melhoria. Devem ser utilizados juntos, em um sistema no qual um complementa e reforça o outro (SNEE, CONSULTING, HOERL, 2007), conforme ilustrado na Figura 5:

Figura 5 – Evolução do conceito *Lean Seis Sigma*

Fonte: Adaptado Snee; Consulting; Hoerl (2007, p.19).

A escolha do projeto vai primeiramente de encontro com as metas da empresa, das quais derivam diversas oportunidades de projeto e ainda segundo os autores, nesse momento, para o programa *Lean Seis Sigma* ser o mais efetivo possível atingindo e mantendo ganhos expressivos, é importante saber escolher qual abordagem é melhor indicada para cada projeto, antes de começarem. Dessa maneira, o *Lean* e o *Seis Sigma* podem ser aplicados de maneira correta, complementando-se.

Se ambos os programas estão sendo usados para o sucesso, é preciso primeiro que eles definam o problema em termos dos objetivos da empresa. E esse objetivo não é para integrar o *Lean* e o *Seis Sigma*, mas sim para melhorar o desempenho da maneira mais compreensiva e sustentável possível.

2.5 LEAN SEIS SIGMA – METODOLOGIA PDSA

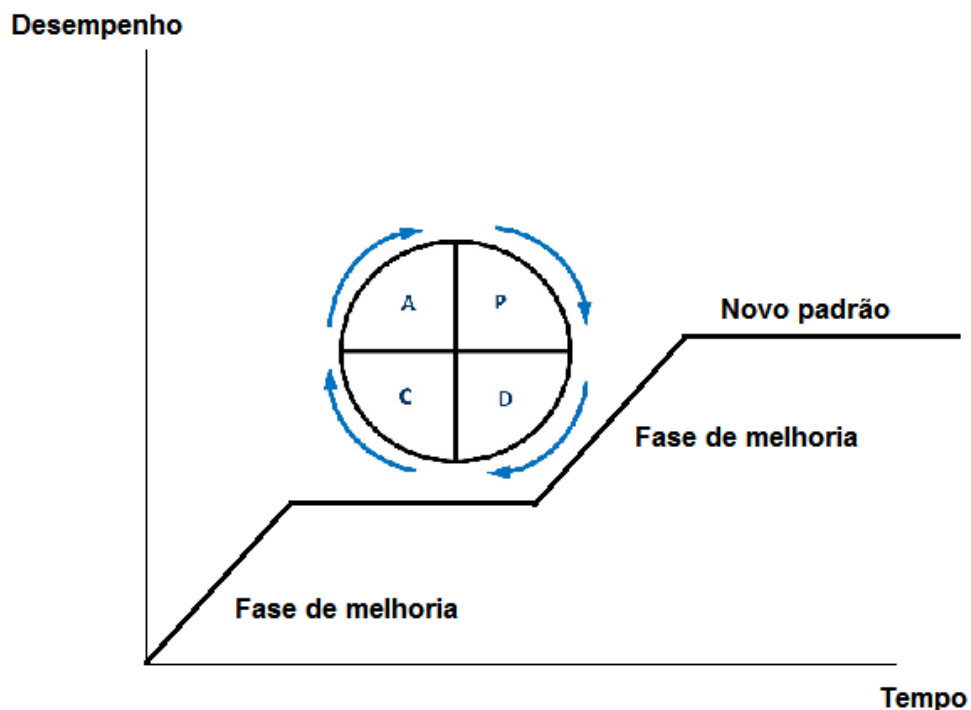
Os programas de qualidade desenvolvidos ao longo da história criaram metodologias estruturadas capazes de direcionar os procedimentos de resolução dos problemas e de implementação das melhorias, que utilizam as ferramentas da qualidade para a compreensão do processo e que auxiliam na busca das causas raiz.

O método melhor difundido e muito utilizado em projetos de melhoria *Lean* é o Ciclo PDCA (*Plan* – Planejar, *Do* – Executar, *Control* – Verificar, *Act* – Agir), introduzido por W.

Edwards Deming na década de 1950. As quatro fases da metodologia garantem a natureza cíclica da melhoria contínua dos processos, que prevê um processo ininterrupto de busca e resolução de problemas, buscando sempre um estado melhor. Segundo Andrade (2003):

- Planejar (*PLAN*): nesta etapa o problema é localizado e estudado, por meio da coleta e análise de dados históricos e atuais. Uma vez bem definido e entendido o problema, passa-se para o estudo do processo, a fim de encontrar as causas raiz, as quais servirão de base para o estabelecimento de um plano de ações. A fase de planejamento também determina a meta para o projeto, que deve ser objetiva quanto ao resultado esperado em termos de valores e prazos;
- Executar (*DO*): o plano de ações traçado na fase de planejamento é colocado em execução neste momento, de forma gradual e organizada. Durante a execução é realizada a coleta de dados, que alimentarão a próxima etapa;
- Verificar (*CHECK*): após a execução das ações, os resultados são analisados nesta fase de verificação, de modo a validar o projeto de acordo com a meta estabelecida;
- Atuar (*ACT*): tendo sido validadas as ações, elas são padronizadas e se tornam novas práticas no processo, de forma que o mesmo opere de uma maneira mais otimizada.

Figura 6 – A evolução da melhoria contínua por meio da aplicação do ciclo PDCA



Fonte: Autoria própria.

Nessa metodologia, uma vez encontrado e resolvido um problema (fases de planejamento e execução), há uma fase de controle, que irá verificar se realmente as ações surtiram o efeito desejado, e em caso positivo, o processo estará em um estado mais otimizado, e este deve então ser padronizado. O ciclo deve ser refeito sempre que novos problemas acontecem ou quando o padrão se torna desatualizado, e à isso dá-se o nome de melhoria contínua, ilustrado na Figura 6.

Quatro décadas depois, criada pela Motorola e aperfeiçoada pela GE, surge a metodologia DMAIC, um modelo utilizado para melhoria de processos na estratégia Seis Sigma. As letras de sua sigla em inglês, que representam cada etapa do processo de melhoria, e significam: *Define, Measure, Analyze, Improve* e *Control* (em português: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar):

- Definir (*Define*): fase de definição do problema e alinhamento com as metas estabelecidas pela empresa;
- Medir (*Measure*): após definido o problema elabora-se um plano de coleta de dados que sejam relevantes para o bom entendimento do fenômeno em estudo e do processo no qual ele está inserido;
- Analisar (*Analyse*): por meio dos resultados da coleta de dados o processo é analisado para identificar a relação causa e efeito entre as suas entradas e saídas. Nesta etapa acontece uma busca minuciosa pela causa raiz do problema;
- Melhorar (*Improve*): Tendo sido analisados o problema e o processo que o engloba e encontradas as causas raiz, é criado e colocado em prática o plano de ações e um plano de controle, para garantir que as ações surtirão o efeito positivo desejado;
- Controlar (*Control*): Se o resultado do plano de ação for positivo, cria-se um padrão nesta fase. Os indicadores são constantemente monitorados, a fim de validar a sustentabilidade dos resultados ao longo do tempo.

Essas fases são integradas por diversas ferramentas, permitindo a sistematização do método baseado em dados para se atingir os objetivos da empresa (FEITOR, 2008).

Rechulski e Carvalho (2004) destacam que a metodologia DMAIC não prevê um sistema cíclico de melhoria contínua, ou seja, um projeto que é bem aplicado e sucedido não deve retornar as fases anteriores. Se o resultado não for o esperado, com certeza não houve uma correta análise das variáveis do processo que realmente incidem sobre o problema. A

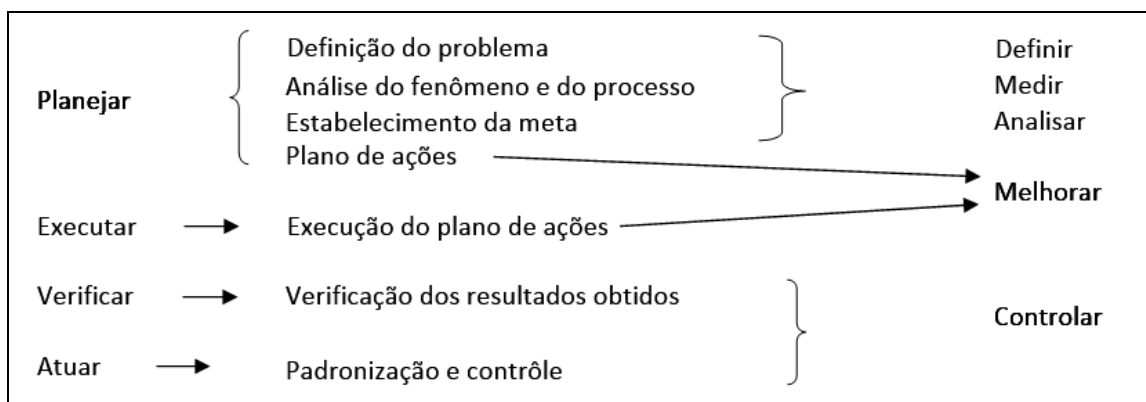
melhoria contínua não é garantida pela retroalimentação da metodologia, mas pelo emprego da metodologia em outros projetos consequentes ao anterior, e assim sucessivamente.

Essa mais nova metodologia permite o entendimento detalhado do processo e de seus problemas e auxilia na busca das verdadeiras causas dos mesmos, possibilitando agir de maneira consistente para encontrar e aplicar soluções para os pontos de melhoria encontrados e elevar a qualidade dos produtos e serviços, reduzindo praticamente à zero as variações do processo e as ineficiências internas.

O método utiliza o poder analítico das ferramentas estatísticas para desenvolver projetos para melhorar a satisfação do cliente, aumentar a receita, reduzir custos fixos e variáveis, além de gerar mais caixa livre para que as organizações pudessem realizar mais investimentos (PEZEIRO, 2011).

O DMAIC pode ser considerada uma variação do ciclo PDCA, ou segundo Pezeiro (2011), uma evolução natural do mesmo. As fases do PDCA são subdivididas ou unidas para compor as fases do DMAIC, conforme ilustrado no esquema da Figura 7:

Figura 7 – Comparativo entre as metodologias PDCA e DMAIC



Fonte: Autoria própria.

Segundo Pezeiro (2011), a metodologia DMAIC utilizada nos níveis mais básicos das práticas Seis *Sigma* se aproxima muito da antiga metodologia PDCA.

Na metodologia Seis *Sigma*, DMAIC, nem toda a empresa é treinada com o mesmo nível de proficiência. Os níveis de proficiência seguem uma analogia com as faixas das artes marciais, ou seja, vai do nível básico (White Belt e Yellow Belt), até o nível intermediário (Green Belt), avançado (Black Belt) até o nível de líder da iniciativa (Master Black Belt). (PEZEIRO, 2011, p.1)

O autor ainda acrescenta que embora as metodologias tenham evoluído e cada modelo de gestão utilize aquela que mais se adequa à sua filosofia, pode-se considerar que o PDCA ainda é o coração da maioria das iniciativas de melhoria contínua e é complementado pelo DMAIC e suas ferramentas estatísticas mais avançadas.

No programa *Lean Seis Sigma* praticado pela empresa na qual este projeto foi executado, a metodologia adotada é uma mescla das metodologias PDCA e DMAIC. O PDSA, como é chamada, mantém a natureza cíclica e a brevidade das etapas do ciclo PDCA, mas traz o caráter investigativo de dados do DMAIC. Dessa maneira, a metodologia denominada PDSA, se caracteriza por um longo período de estudos do problema e de planejamento, para somente no fim, na última etapa (Act), agir a fim de consertar o problema e trazer melhorias para o processo:

- Definir (*Plan* - planejar): fase de compreensão do processo e de avaliação de questões triviais como o que é o problema e quais são objetivos que se almeja alcançar com o projeto. Nesta etapa acontece o levantamento de dados que estão disponíveis e, se preciso, o planejamento de coleta de novos dados.
- Medir (*Do* - realizar): avaliação dos dados complementares e início da identificação de alguns sintomas do problema: onde ele ocorre, qual é a incidência, como ele se comporta ao longo do tempo. Define-se também o limite do projeto, de modo a focalizar as ações.
- Analisar (*Study* - estudar): nesta fase ocorre o estudo aprofundado do problema de acordo com os dados levantados nas etapas precedentes. Busca-se pelas variáveis que influenciam no problema e quais as causas raiz do mesmo, o que permite a identificação das melhorias que podem ser feitas e a partir disso cria-se o plano de ações.
- Agir (*Act*): aplicação prática das ações levantadas e estudo dos resultados obtidos. Nesta fase é avaliado se o projeto obteve êxito conforme o planejado ou se é necessário aplicar outro ciclo de melhoria. Caso o problema seja resolvido, é criado um novo padrão e verifica-se se pode ser replicado para outros processos similares.

Tanto o DMAIC quanto o PDSA são utilizadas no programa *Lean Seis Sigma*. O PDSA é a metodologia utilizada para guiar projetos de resolução de problemas menores e mais curtos, com resultados a curto prazo e liderados por colaboradores que estão em fase inicial de treinamento. Já o DMAIC é utilizado em projetos de resolução de problemas mais complexos

e maiores, que exigem um poder analítico mais aguçado e ferramentas estatísticas mais robustas, por isso requer um nível mais elevado de conhecimento e de prática.

O PDSA, é desenvolvido em projetos Yellow Belt, que exigem um nível de proficiência menor e são desenvolvidos em locais e processos menores, como uma célula produtiva, por exemplo. O DMAIC, em sua forma completa, é desenvolvido em projetos *Green Belt* e *Black Belt*, que abordam processos mais amplos, como por exemplo a linha completa de produção de conjuntos.

3 MÉTODO

O projeto se desenvolveu durante três meses, baseado na metodologia PDSA, a qual será abordada neste capítulo. Embora a metodologia seja composta por quatro etapas, no presente trabalho foram abordadas apenas as três primeiras, não alcançando a etapa de aplicação e monitoramento das ações propostas.

3.1 PDSA

O trabalho tinha um objetivo amplo de proporcionar melhoria ao processo produtivo da célula em estudo, de modo a alavancar a produção e trazer melhores resultados para a empresa, por meio da redução de atrasos nos clientes e de problemas de qualidade. Entretanto, não se sabia qual a causa da baixa produtividade e nem por qual ação iniciar o programa de melhoria de forma efetiva. Esses pontos foram esclarecidos por meio da aplicação da metodologia PDSA e com o auxílio de ferramentas, como mostrado na sequência.

3.1.1 Primeira etapa: Planejar (*Plan*)

Na primeira etapa da metodologia acontece o planejamento de todo o projeto. São definidos: os objetivos, a equipe, os prazos. Para isso era necessário conhecer o problema e o processo no qual ele estava inserido, ou seja, era preciso saber a situação em que se encontrava a célula de montagem e porquê aquele fenômeno indesejado estava ocorrendo.

Para conhecer um problema é necessário analisá-lo qualitativa e quantitativamente. Primeiramente analisar os dados e os indicadores de produção, que demonstram o desempenho do processo, e então seguir para um estudo *in loco*, de modo a observar como acontece na prática e se há alguma evidência das causas do problema.

A partir do conhecimento do problema foi possível traçar objetivo específico do projeto e criar uma equipe de pessoas capacitadas que iria auxiliar na sua execução.

3.1.1.1 Histórico de dados da produção

O dado selecionado para análise do desempenho da produção foi o volume mensal de conjuntos produzidos, para entender se o atraso das entregas ao cliente era por conta de

atrasos na produção. Como mostrado mais adiante, a produção não estava sendo suficiente para atender a demanda dos clientes.

Os volumes mensais produzidos foram obtidos junto ao time de planejamento e controle da planta, e eram computados a partir do lançamento dos lotes produzidos no software de gestão. Já o planejamento mensal de produção, em termos de volume ideal a produzir para atingimento das metas, é realizado pelo conselho de planejamento, formado por gestores das áreas de engenharia de processos, planejamento e manufatura. Foram analisados dados referentes à quatro meses de produção, a contar a partir de julho de 2016.

Em seguida analisou-se a porcentagem de utilização da capacidade de produção disponível. A capacidade disponível é a quantidade de produtos que a linha de montagem é capaz de disponibilizar para o cliente final em um determinado intervalo de tempo e a porcentagem de utilização da mesma é calculada como mostra a equação (1):

$$\% \text{ de utilização da capacidade} = \frac{\Sigma(\text{volume produzido} \cdot \text{tempo gargalo de processo})}{\text{quantidade de horas trabalhadas no mês}} \quad (1)$$

Em outros termos, de acordo com os recursos aplicados à produção, a linha de montagem pode produzir um volume máximo em determinado intervalo de tempo, e a equação 1 calcula a quantidade real produzida em relação à essa quantidade máxima.

Nessa segunda pesquisa de dados, o objetivo era investigar se o problema do baixo volume de produção tinha relação com uma suposta falta de capacidade ou se eram desperdícios que interferiam nos resultados.

3.1.1.2 Gemba Genbutsu – ir *onde* está o problema

Após a primeira análise, e a fim de entender melhor as causas do problema, realizou-se duas semanas de imersão na produção, o chamado *Gemba Genbutsu*, termo em japonês que significa “o local onde o trabalho acontece e como ele realmente acontece”. A produção é o coração da empresa, onde o trabalho é realizado, o valor é adicionado ao produto e onde os problemas acontecem ou aparecem. Por esse motivo é necessário esse tempo de imersão, para detectar os problemas e achar pistas para uma resolução coerente, em consenso com os operadores.

A imersão foi realizada em forma de observação da sequência de etapas do processo produtivo, sendo anotadas e registradas todas as atividades que pudessem ter relação com o

problema da baixa produtividade. Para todos os pontos que geravam dúvida ou que estavam divergentes do método padronizado eram colocados questionamentos aos operadores, a fim de entender a fundo o que pudesse estar causando tal avaria. A participação dos operadores foi crucial para o desenvolvimento desta etapa do projeto, pois eles detêm o conhecimento e a experiência prática do processo.

Ao ir na produção e ver como o processo de montagem dos conjuntos é realizado, é possível notar muitos desperdícios e atividades que não agregam valor, o que faz aumentar o tempo de produção (do inglês “*Lead Time*”) e em consequência reduzir a produtividade.

3.1.1.3 O time de trabalho

A partir deste ponto então foi escolhido o time de trabalho do projeto, composto pelos operadores da célula, o líder de produção, o responsável por melhoria contínua e excelência da planta, o engenheiro de processos responsável pela linha de montagem de conjuntos, pelo gestor da área de engenharia de processos (como *Champion*), o responsável pelas melhorias e excelência e também pelos treinamentos e certificações em Seis *Sigma* da companhia (como *Black Belt*, o facilitador do projeto) e por dois estagiários da área, sendo a autora deste trabalho um deles e líder do projeto.

3.1.1.4 O mapa de pensamento

Tendo sido escolhido o time, foi confeccionado o mapa de pensamento. O mapa de pensamento funciona como um *Brainstorm*, ou seja, gera e captura ideias dos membros da equipe, auxiliando na busca pelas causas raiz do problema, além de documentar, organizar e comunicar os esforços, mostrando a direção e o foco do projeto. O problema é escrito no centro de uma cartolina e a partir dele saem setas que interligam questionamentos sobre os tópicos que se relacionam a ele. Quanto mais se questiona, mais dúvidas aparecem e mais se abre a visão sobre o problema. Todas as ideias e observações devem ser anotadas, sem excluir ou inibir qualquer uma delas.

Essa atividade aconteceu com a equipe toda reunida na linha de produção, por meio da integração de opiniões e pontos de vista diversos, que permitem ampliar a visão sobre o processo e sobre o problema em si, objetivando levantar hipóteses sobre as causas deste último.

3.1.2 Segunda etapa: Medir (*Do*)

Na segunda etapa da metodologia mais dados numéricos foram analisados, a fim de encontrar mais evidências sobre o problema e também obter fundamento para determinar a meta do projeto e os consequentes ganhos financeiros. A meta de um projeto *Lean Seis Sigma* deve ser definida logo no início do projeto, antes mesmo de iniciar as etapas, uma vez que o retorno financeiro pode ser um importante atrativo para ganhar a aprovação da gerência. Entretanto, no caso desse projeto, os dados disponíveis inicialmente não explicitavam o percentual de melhoria que poderia ser atingido, então foi preciso uma análise mais refinada do problema para se chegar em uma meta coerente e atingível.

Além de colher mais dados, definiu-se os limites do processo abordado no projeto, delimitando assim o foco das ações que serão levantadas nas etapas posteriores.

3.1.2.1 Mapa de processo

Para entender melhor o processo e conseguir evidenciar em que etapas há desperdícios, relacionando-os, foi elaborado o mapa de processo. O mapa de processo ilustra graficamente o processo e identifica seu fluxo real, com as entradas e saídas de cada etapa.

Para elaborá-lo foi preciso acompanhar novamente a produção, ou seja, realizar um novo *Gemba*, mas dessa vez de maneira mais aprofundada e detalhista, analisando e anotando cada pequena etapa do processo.

Por ser mais detalhista, a elaboração do mapa de processo permitiu perceber e listar quais fatores deveriam ser melhor investigados ou omitidos e quais dados estavam faltando para o estudo do problema. Além disso destacou outros desperdícios que antes não haviam sido percebidos, ampliando a gama de possibilidades de ganho com o projeto.

Outro ponto importante levado em consideração são as entradas e saídas de cada etapa do processo, chamadas de variáveis, as quais foram analisadas em um passo mais adiante da metodologia. As variáveis delimitam o escopo do projeto, e servem como um limite para as ações dele resultantes, de modo a não permitir que o projeto saia do foco de estudo. Em um projeto *Seis Sigma* as variáveis de saída são analisadas estatisticamente, tornando o objetivo do projeto a redução da sua variação. Neste presente trabalho a variação será relacionada ao volume de produção, como será mostrado mais adiante.

3.1.2.2 Dados secundários

Até o presente momento as ferramentas aplicadas mostraram os problemas e os indícios de suas causas, mas os dados que se tinha em mãos não traduziam esses problemas em números, a partir dos quais tomam-se as decisões e quantifica-se o ganho do projeto. Logo o questionamento inicial foi: qual dado, ou quais dados, podem explicitar quantitativamente os problemas da produção?

E a partir disso, ao realizar uma breve pesquisa entre os dados, concluiu-se que os que pudessem explicitar diretamente as perdas no processo são os tempos de parada das células. Eles foram coletados da planilha de apontamento horário, na qual os operadores anotam a cada hora o total de conjuntos produzidos e o tempo de parada de produção, ou seja, o tempo em que não se produziu nenhum conjunto. Foram analisados dados de 168 turnos de trabalho.

O ideal nesta etapa seria analisar o indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*, em português “Efetividade Global do Equipamento”), que é uma forma de medir e avaliar a performance de um equipamento, através da comparação entre a quantidade de itens bons produzidos com a quantidade de itens que o equipamento do processo gargalo, o qual acaba por determinar o ritmo da célula, tem capacidade de produzir. O OEE dispensa o estudo de diversos dados para se chegar à conclusão de onde está o problema de produtividade, pois ele é composto de diversos dados, que levam em consideração a qualidade, através dos índices de refugo e retrabalho, o tempo de parada de máquina e o volume de produção. Entretanto, esses dados da empresa não eram confiáveis, principalmente os relacionados à longas paradas para manutenção, pois não existia uma sistemática eficiente para coletá-los e controlá-los, e desse modo não seria possível afirmar que a melhora da produtividade foi devida às ações do presente projeto.

Por esse motivo os dados de volume de produção e de tempo de parada de célula foram analisados pura e individualmente e as interferências que eles pudessem sofrer foram estudadas mais adiante na metodologia.

3.1.3 Terceira etapa: Estudar (*Study*)

A terceira etapa, como o próprio nome diz, é a etapa de estudo e análise crítica dos resultados obtidos até então, de modo a encontrar, enfim, as soluções para o problema por meio de um plano de ações objetivo. Com o auxílio de algumas ferramentas, foi possível

trabalhar com as informações e encontrar as causas raiz, imprescindíveis para se chegar à ações que solucionem o problema de maneira eficaz e que tragam ganhos permanentes.

3.1.3.1 Matriz de causa e efeito

A matriz de causa e efeito mostra o impacto das entradas do processo sobre as saídas que são mais significantes para o cliente, sendo este interno ou externo, como por exemplo a qualidade final do produto ou o prazo de entrega. As variáveis de entradas que apresentam maior impacto sobre as variáveis de saída são o foco do projeto, pois ao reduzir os *desperdícios* ligados àquelas, maior será o resultado positivo nas saídas.

A matriz é elaborada a partir do mapa de processos, do qual são destacadas as principais saídas na visão do cliente, ou seja, quais as variáveis mais importantes e que mais impactam o mesmo. Para a elaboração desta matriz, a equipe foi reunida novamente e cada integrante contribuiu com sua experiência e ponto de vista em relação ao processo produtivo, de modo a obter as principais variáveis de modo imparcial e mais próximo do que acontece na realidade. Todas as entradas são listadas na vertical, como mostra a Figura 8, e as saídas destacadas na horizontal, formando uma matriz.

Figura 8 – Exemplo de Matriz de Causa e Efeito

Cause and Effect Matrix					
Importance to customers		Peso de importância de cada saída			
Sequence number		1	2	3	4
Process Output					
Principais entradas para cada etapa do mapa de processos					
Principais saídas para o cliente					
Process Step		Total			
Process Input					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Total		0	0	0	0

Nota final de cada entrada

Nota de influência de cada entrada em relação à cada saída

Fonte: Autoria própria.

A equipe reunida atribui pesos de importância para cada saída, de 0 a 10, sendo 0 a nota para as saídas que não tem importância para o cliente e 10 as saídas que tem muita importância. Em seguida se discute o quanto cada entrada do processo influencia sobre cada saída, dando as notas 0, 1, 3 e 9, sendo 0 a nota para quando a entrada não influencia a saída, 1 quando tem pouca influência, 3 tem influência significativa e 9 forte influência. Veja na Figura 8 o local onde a nota de influência é inserida.

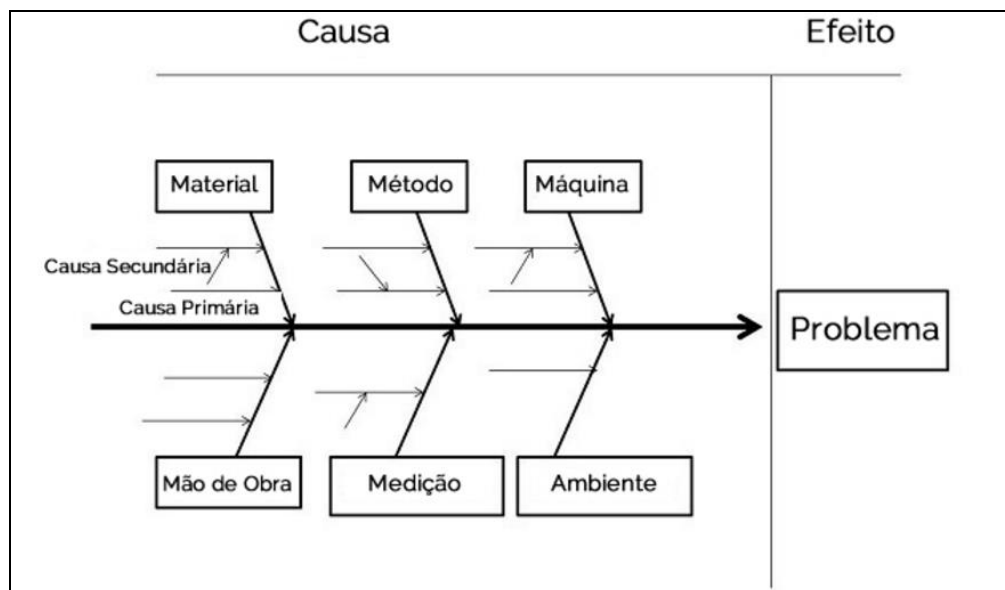
Essas notas são multiplicadas pelos pesos das saídas, atribuídos no passo anterior, e somadas. Assim cada entrada tem uma nota final, conforme ilustrado na Figura 8, e as que tiverem maior nota apresentam maior influência sobre as saídas.

Obtidas as principais variáveis de entrada, ou seja, as que mais influenciam as variáveis de saída, tem-se os pontos nos quais devem ser concentrados os esforços do projeto, pois são eles que causarão maior impacto nos resultados.

3.1.3.2 Diagrama de *Ishikawa*

O diagrama de *Ishikawa*, ou espinha de peixe, é uma ferramenta gráfica que tem como finalidade organizar o raciocínio e a discussão sobre as causas de um problema e compilar os pontos potenciais de melhoria. As causas encontradas nesta ferramenta devem estar de acordo com as variáveis destacadas na matriz de causa e efeito, assim sabe-se que todas as ferramentas estão direcionando o projeto para o mesmo foco e este é preciso.

Figura 9 – Exemplo de Diagrama de *Ishikawa*



Fonte: Autoria própria.

O problema a ser estudado é chamado de efeito e é colocado em evidência na parte frontal do diagrama, do qual saem ramificações com as possíveis causas. Essas são classificadas em seis categorias diferentes: **método** utilizado para executar o trabalho; **máquina**, que engloba o maquinário e os equipamentos utilizados no processo; **medida**, ou medição, é como o processo é monitorado e reportado em dados; **meio ambiente** que envolve o processo; **mão de obra** que executa a produção; e **material**. A Figura 9 ilustra esse diagrama.

Para encontrar as causas do problema, coloca-se o questionamento “o quê em termos de tal categoria de causa pode resultar em tal efeito?”. Assim, para cada tipo são evidenciadas causas primárias, e para cada causa primária pode-se expandir o questionamento para encontrar a causa secundária, que pode até ser a causa raiz do efeito final.

A aplicação dessa ferramenta foi realizada com a equipe toda reunida e os pontos destacados são caracterizados como as causas principais do problema e devem estar de acordo com as principais variáveis de entrada encontradas na matriz de causa e efeito, demonstrando assim que a análise do projeto está focada e convergindo para as soluções mais eficazes.

3.1.3.3 Os 5 porquês.

As causas principais obtidas no passo anterior foram selecionadas e trabalhadas em mais uma ferramenta da metodologia, os 5 porquês. Nessa ferramenta foram feitos questionamentos sistemáticos do porquê cada uma das causas ocorre, explorando mais a fundo e chegando nas causas raiz do problema.

A partir da obtenção das causas raiz traçou-se o plano de ações de melhoria. As ações devem ser específicas, ter prazo e serem conduzidas por um responsável, de modo a facilitar o acompanhamento da execução e dos resultados obtidos. Além disso devem contemplar não só a melhoria do problema, mas também medidas para que ele não volte à acontecer, ou seja, as ações devem ser sustentáveis no tempo e impessoais, sendo praticáveis por qualquer pessoa que ocupe o posto.

3.1.4 Quarta etapa: Agir (*Act*)

Na quarta e última etapa o plano de ações é colocado em prática e as melhorias acontecem. Entretanto, mais do que aplicar, é necessário controlar o processo produtivo para assegurar que as ações foram bem implementadas e realmente estão surtindo o efeito

esperado. Essa melhoria deve ser permanente e com o passar do tempo o problema não pode ressurgir.

É também nesta etapa que se faz uma análise crítica e se discute o resultado do projeto, levantando pontos que poderiam melhorar para se obter um resultado melhor ou mais próximo do esperado. Em alguns casos é necessário reaplicar o projeto e realizar um novo ciclo de melhorias, ou expandir o projeto para outras áreas, a fim de se chegar a resultados mais otimizados, embora o ideal seja conseguir esse objetivo na primeira aplicação da metodologia.

O presente trabalho desenvolveu a metodologia até esta etapa, propondo um plano de ações e demonstrando os ganhos potenciais. Portanto os resultados das ações e o controle da sustentabilidade do projeto não serão abordados.

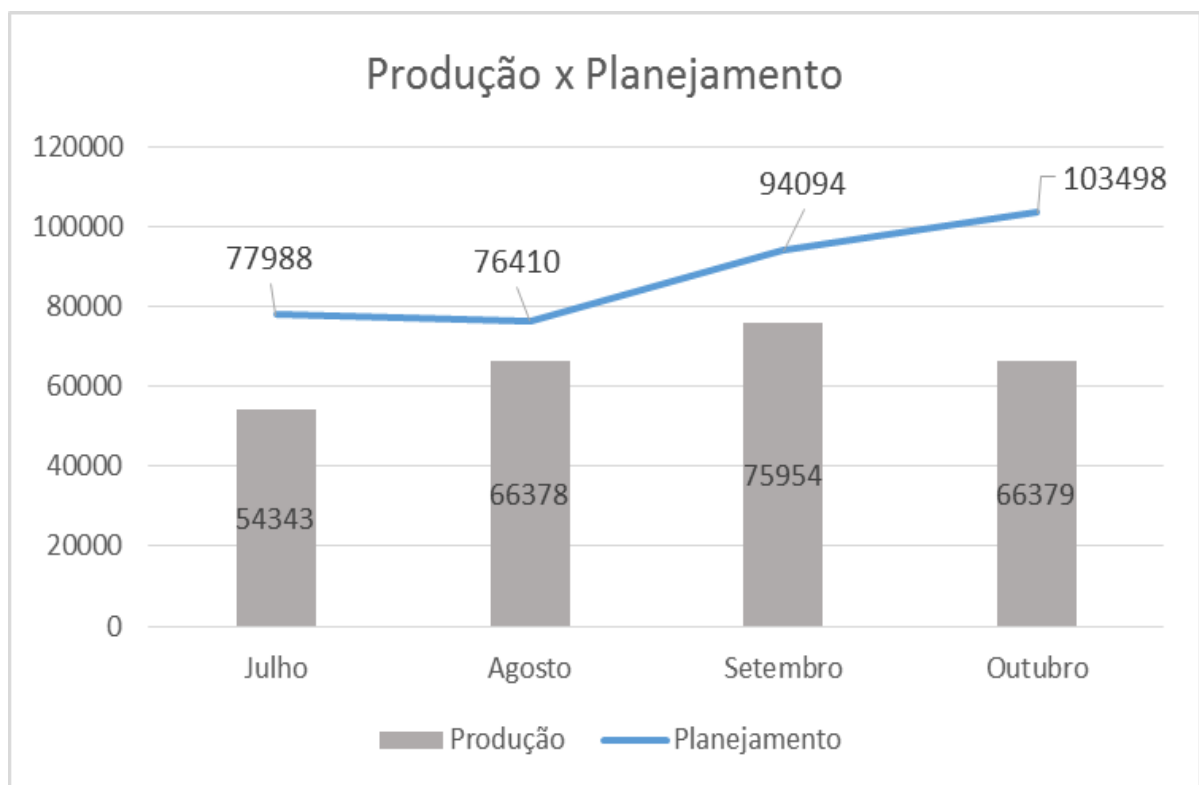
4 RESULTADOS

A cada etapa da metodologia foram obtidos resultados parciais, que contribuíram para chegar ao resultado final do projeto, o plano de ações.

4.1 RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

O primeiro resultado obtido se refere à análise do volume de produção em comparação com o volume planejado, e é mostrado no gráfico da Figura 10. Para os meses de julho a outubro de 2016, percebe-se que o que foi produzido está abaixo do esperado, o que significa que a demanda do cliente não foi atendida em sua totalidade.

Figura 10 – Gráfico Produção x Planejamento

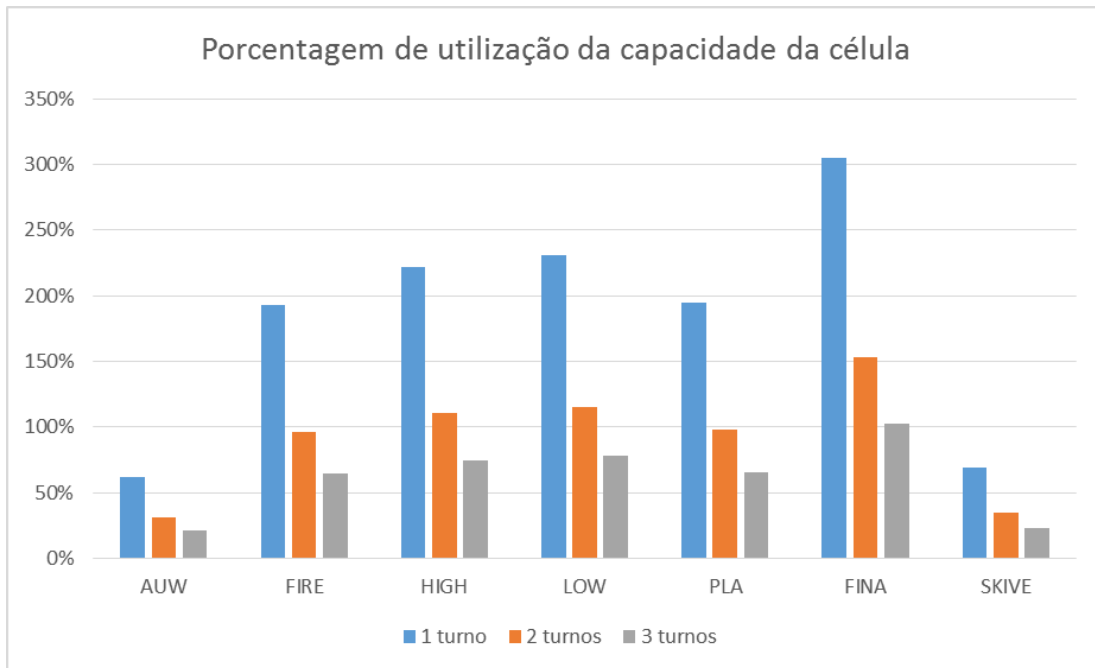


Fonte: Autoria própria.

Em seguida, para complementar a primeira análise de dados, foram examinados os dados de capacidade das células, explicitados no gráfico da Figura 11. Verifica-se que nenhuma célula atinge completamente a utilização dos recursos, ou seja, os atrasos nas entregas não são decorrentes de falta de recursos humanos e ou maquinários. Então a primeira conclusão retirada é que o problema está no baixo volume de produção, mas não se trata de

um problema de capacidade de produção instalada, e sim da existência de desperdícios no processo.

Figura 11 – Porcentagem de utilização da capacidade total de cada célula de montagem de conjuntos, trabalhando em um, dois ou três turnos.



Fonte: Autoria própria.

Tendo sido feita uma parte do estudo quantitativo e concluído que o problema estava nos desperdícios de processo, seguiu-se para a realização do *Gemba*, a análise qualitativa *in loco*.

Ao concluir o *Gemba* foi possível entender que o problema da baixa produtividade eram relacionados às perdas durante o processo, ocasionadas pelo elevado número de atividades que não acrescentam valor à peça e que deveriam ser evitadas, como por exemplo: paradas de produção por falta de material e para conferência de informações; deslocamentos dos operadores; transporte da peça; desorganização da célula de montagem, que dificulta ao operador encontrar as ferramentas e instrumentos necessários para a produção; muitos pontos de controle de qualidade, entre outros.

Então o objetivo principal do projeto foi definido como sendo o aumento de produtividade de uma célula de montagem de conjuntos por meio da redução ou eliminação dos desperdícios e perdas de processo, utilizando as ferramentas *Lean Seis Sigma*.

A empresa possui um robusto sistema de gestão *Lean*, que fornece os treinamentos e ferramentas necessárias para que todo o processo produtivo seja o mais enxuto possível,

produzindo com qualidade, à um custo baixo e de maneira que o trabalho seja o mais confortável e seguro possível para os funcionários. Entretanto, o que se constata no decorrer deste trabalho é que o processo está muito precário no que concerne a gestão *Lean*, com muitos desperdícios e altos índices de defeitos produzidos. Isso requer um projeto que recupere o processo à um patamar mínimo de práticas *Lean*, como gestão visual, poucos pontos de controle, organização do local de trabalho e de ferramentas e etc., para que ele esteja livre de desperdícios, ou “*MUDA*”, e assim melhorias mais complexas possam ser realizadas em projetos futuros.

O *Gemba* possibilitou perceber isso na prática e auxiliou a equipe na elaboração do mapa de pensamento. Com o mapa de pensamento levantou-se a ocorrência de mais desperdícios relacionados ao processo produtivo e criou questionamentos sobre as suas possíveis causas. Essa ferramenta mostra a direção do projeto, onde devem ser concentrados os esforços. O resultado se encontra no Quadro 1:

Quadro 1 – Resultados do Mapa de Pensamento

Pontos do processo com necessidade de melhoria	Desperdício
Indisponibilidade ou desorganização de ferramental para tamponamento de conjuntos no teste hidrostático	Gasto de tempo na procura e no deslocamento
Maquinário lento	Elevado tempo de processo
Informações no delineamento de processo divergentes da Ordem de Trabalho	Gasto de tempo na procura por confirmação de informações
Planilha de apontamento de produção (hora a hora) e etiqueta de peça refugada	Gasto de tempo no controle e apontamento de informações
Espera de operador externo à célula para conferência de parâmetros de prensagem	Excesso de controle para evitar problemas de qualidade
Falta de matéria prima nas células	Gasto de tempo na espera e no deslocamento para abastecimento
Paradas longas para inicialização de novo lote (<i>Set Up</i>)	Gasto de tempo em recursos parados sem produzir

Fonte: Autoria própria

O mapa de pensamento mostra a direção do projeto, mas também permite expandir a visão sobre o problema e pode chegar à abranger diversas áreas da empresa. Nessa etapa, chegou-se a levantar também algumas questões relacionadas à logística e ao planejamento de material que pudessem interferir no desempenho da produção, como por exemplo atraso no recebimento de material de fornecedores e consequente falta de material no almoxarifado para abastecimento das células. Embora esse ponto seja de extrema importância para o bom

funcionamento da empresa, não foi abordado diretamente neste projeto, pois a falta de material atingia apenas uma parte da gama de produtos, portanto sempre há lotes que possuem a matéria prima disponível e que possam ser produzidos, mesmo que não sejam os produtos mais críticos. Além disso, este projeto visa reparar erros de processo na linha de produção, não relacionados aos serviços da empresa no geral. A má gestão do planejamento de material foi tratado em um projeto *Green Belt*.

4.2 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Na fase anterior de planejamento, a atividade de *Gemba* e o mapa de pensamento auxiliaram a visualizar o problema de uma forma mais ampla, expondo os possíveis desperdícios e suas causas. Pode-se concluir que a baixa produtividade tem relação com o excesso de tempo gasto com atividades que não agregam valor.

Na segunda etapa, o mapa de processo auxiliou a organizar o processo produtivo, por meio do mapeamento de suas etapas e do fluxo de material e de informações que ocorre entre elas.

Dessa maneira foram identificadas as variáveis do processo e limitou-se o escopo do projeto, reduzindo os tópicos levantados no mapa de pensamento e no *Gemba* aos limites do fluxo do processo. A ilustração da célula produtiva, com as etapas do processo de produção, pode ser visualizada no Apêndice A. As entradas de cada etapa e as principais saídas obtidas no mapa de processo podem ser encontradas na Matriz de Causa e Efeito, no Apêndice B.

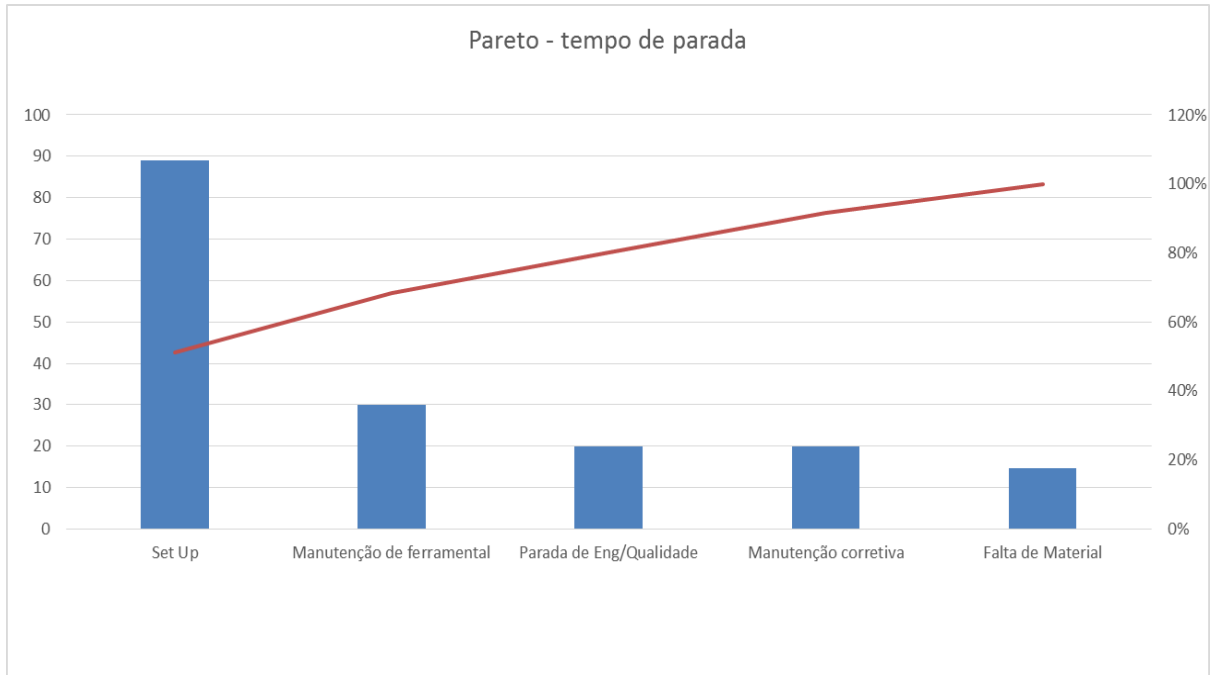
Conhecendo a amplitude do processo e suas etapas em detalhe e tendo identificado atividades que poderiam ser consideradas como desperdício, era necessário quantificar essas evidências, em termos de perda de produtividade. Para tanto, foram analisados os tempos de parada de produção, anotados pelos próprios operadores em uma planilha.

A partir desta análise pôde-se mensurar o quanto o projeto traria de ganho, pois ao eliminar ou otimizar algumas dessas atividades o tempo de produção de cada conjunto se reduziria, ou seja, mais peças seriam produzidas em um mesmo intervalo de tempo, mais valor seria agregado à cada peça.

Ao analisar os gráficos das Figuras 12 e 13, percebe-se que o tempo de parada mais expressivo é por conta da preparação da célula para produzir o próximo lote, atividade chamada de *Set Up*, seguido do tempo de parada por manutenção de ferramental. Entretanto, ao levar em consideração o número de ocorrências, o segundo maior problema de paradas passa a ser a falta de material. Seguindo então a lógica de Pareto, a baixa produtividade é

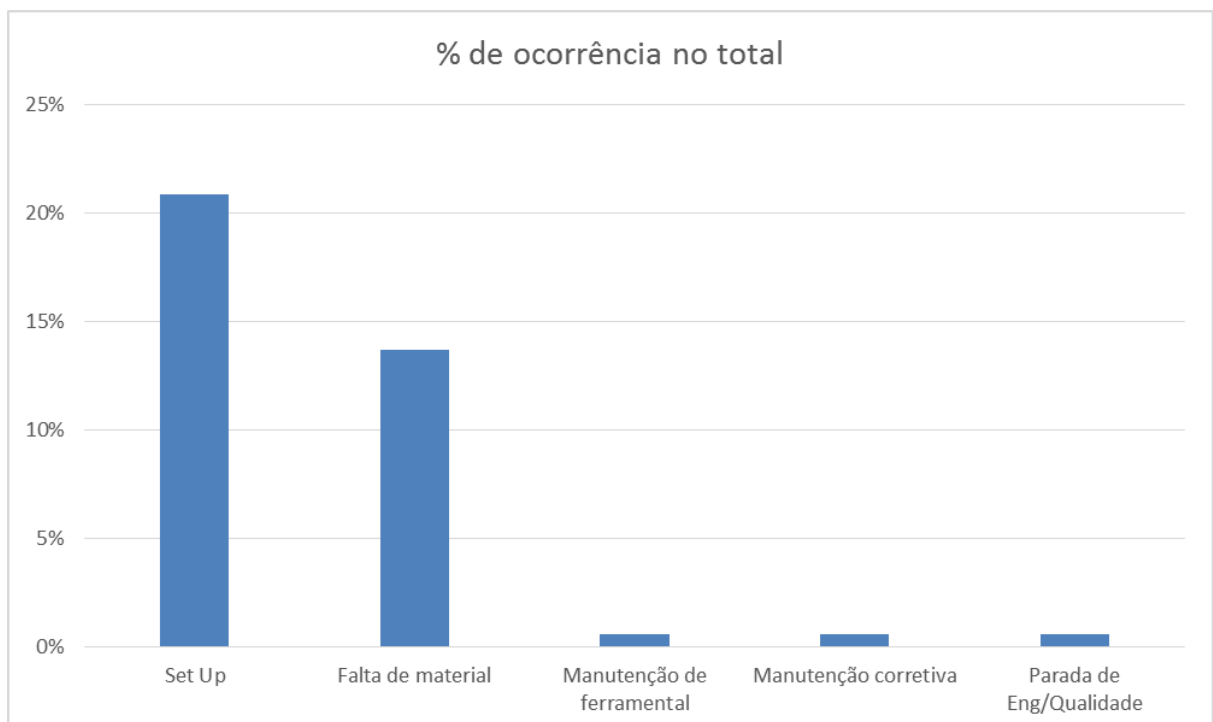
causada principalmente pelo alto tempo de *Set Up* da célula e por falta de material disponível no início da célula para iniciar a produção do lote.

Figura 12 – Tempo médio gasto por cada motivo de parada de produção por turno, em minutos.



Fonte: Autoria própria.

Figura 13 – Taxa de ocorrência de cada tipo de parada de produção por turno de produção.



Fonte: Autoria própria.

Para isso, acompanhou-se mais uma vez a produção, durante uma semana, focando no *Set Up*, para entender como o mesmo funciona. Em seguida foram listadas todas as etapas dessa atividade, conforme mostrado na Tabela 1.

A atividade de *Set Up* consiste na preparação da célula e do maquinário para a produção de um novo lote. Para tanto os operadores posicionam as peças próximo ao posto que serão utilizadas, selecionam e separam as ferramentas que serão necessárias, ajustam o programa das máquinas e produzem uma peça teste que passará por um controle, para que assim seja liberada a produção do lote.

Tabela 1 – Atividades do *Set Up*

Etapa	Etapas à eliminar	Externo
Fechar relatório de produção do lote anterior		
Selecionar novo lote e conferir códigos das peças		
Posicionar caixas de peças nos carinhos da célula		
Posicionar mangueira na bancada de corte		
Abrir relatório e conferir parâmetros de montagem		
Medir comprimento de corte na calha e ajustar topador		
Buscar projétil fora da célula, no armário de projéteis		X
Regular máquina de corte		
Regular prensa (castanhas e programa)		
Cortar, limpar com projétil e marcar mangueira		
Pré-montar conexões e medir comprimento do conjunto		
Prensar conexões e medir o diâmetro obtido e o comprimento do conjunto		
Preparar etiqueta de identificação da 1ª peça piloto	X	
Aplicar acessórios e etiquetas de identificação		
Aplicar a etiqueta na 1ª peça piloto	X	
Requisitar e aguardar conferência externa	X	

Fonte: Autoria própria.

Para quantificar melhor o tempo que pode ser reduzido no *Set Up*, analisou-se cada uma das tarefas listadas na Tabela 1 e reconheceu-se quais são as etapas necessárias, quais poderiam ser eliminadas e quais poderiam ser realizadas externamente ao processo. Para as etapas necessárias e que não poderiam ser eliminadas ou realizadas externamente, foram pensadas soluções para reduzir o tempo de execução, conforme será mostrado mais adiante nas próximas etapas. Já para as atividades que poderiam ser realizadas externamente ou eliminadas, mediu-se o tempo de execução de cada uma, conforme mostrado na Tabela 2.

Foram analisados cinco *Set Ups* e dessa maneira chegou-se à média de redução de **6,034 minutos por *Set Up***. E cada célula executa em média 8 *Set Ups* por turno, então a redução do tempo pode ser de **48,272 minutos em um turno**. Sendo três turnos de produção diário, podem ser reduzidos até **144,816 minutos de parada por célula, em um dia de trabalho**. Levando em consideração que em um turno a média de tempo gasto com *Set Up* é de 89 minutos, conforme mostra o gráfico da figura 12, a redução representa cerca de 54% do tempo. As ações relativas ao *Set Up* comporão o plano de ações, e serão mostradas no final deste capítulo.

Tabela 2 – Estudo de tempos do *Set Up*

Etapa	Etapas à eliminar	Externo	Tempo (min)
Buscar projétil no armário de projéteis		X	0,717
Preparar etiqueta de 1ª peça piloto			1,217
Aplicar etiqueta de 1ª peça piloto	X		0,5
Requisitar e aguardar conferência externa	X		3,6
TOTAL			6,034

Fonte: Autoria própria.

O estudo do processo e os dados obtidos na segunda etapa permitiram entender de antemão o que poderia ser melhorado e a partir disso é possível estimar o retorno financeiro que o projeto pode trazer à empresa.

Para o cálculo da redução de custos foi realizado um levantamento dos itens que foram produzidos pela célula em estudo, no ano anterior ao projeto, que vai de setembro de 2015 à outubro de 2016, as quantidades e os custos de cada um.

Com isso foi possível calcular uma média ponderada do custo de um item produzido por esta célula, que é igual à R\$ 37,56 reais. Em seguida foram levantados os tempos de produção de cada item, e novamente uma média ponderada foi realizada obtendo-se um tempo médio de produção de um item igual à 3,14 minutos. Assim foi possível chegar à um custo médio por minuto de produção de um item igual à R\$ 11,94 reais.

Analisando os dados, estima-se como meta uma redução de aproximadamente 25% do tempo de parada por turno, isso equivale à aproximadamente 65 minutos que serão utilizados para produzir mais itens, ou seja, gerar mais valor.

Essa meta de redução foi multiplicada pelo custo médio do minuto de produção de um item, chegando à um valor de R\$ 776,10 reais por turno. Multiplicando por 3 turnos ao dia,

por 24 dias trabalhados no mês e por 12 meses no ano, a redução total do custo com os desperdícios que o projeto prevê é de R\$ 670.550,40 reais anualmente.

Em outros termos, ao aplicar as ações propostas, o projeto pode alcançar a meta de reduzir em 25% o tempo de paradas, aumentando em aproximadamente 1490 conjuntos produzidos por mês, ou 17880 conjuntos por ano, o que equivale à um acréscimo anual de R\$ 670.550,40 reais na receita da fábrica.

4.3 RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

Para alcançar o objetivo do projeto, é necessário traçar um plano de ações eficiente e que traga resultados perenes. Para se chegar à esse plano de ações assertivo, foi realizada uma busca pelas causas raiz dos problemas. Causas raiz, como o próprio nome sugere, são as raízes dos problemas, onde eles começam, portanto as ações devem ser pensadas de modo a revertê-las ou minimizá-las.

O primeiro resultado em direção às causas raiz vem da Matriz de Causa e Efeito. A partir do mapa de processos, o grupo elegeu como principais saídas para os clientes as listadas no Quadro 2, seguidas do peso de importância que cada uma tem.

Quadro 2 – Principais saídas elegidas e seus pesos de importância

Saída	Peso
Tempo de <i>Set Up</i>	9
Conjunto montado corretamente conforme especificado pelo cliente	5
Tempo de processo de produção	8
Prazo de entrega final	10
Apontamento da produção e do refugo	5

Fonte: Autoria própria

Nesta escolha foram levados em consideração os principais pontos exigidos pelo cliente, seja ele interno ou externo à empresa, mas sem perder o foco do projeto, que é a redução do tempo de produção. Assim foram elegidas saídas relacionadas à qualidade e ao prazo, que atingem diretamente o cliente final, mas também foram selecionadas saídas que atingem clientes internos, ou seja, processos posteriores à produção, e que acabam por impactar o cliente final de certa forma, por isso são tão importantes quanto às demais.

Após isso a matriz foi preenchida e as entradas, ou variáveis, que obtiveram maior pontuação são as listadas no Quadro 3. Essas variáveis são as que possuem maior

possibilidade de impacto no resultado final do processo, portanto foram mantidas no foco do projeto. A matriz completa é encontrada no Apêndice B.

Quadro 3 – Principais variáveis de entrada da Matriz de Causa e Efeito

Entrada	Etapa do processo produtivo
Ferramental em bom estado de funcionamento e disponível	<i>Set Up</i>
Delineamento de processo e ordem de trabalho com informações corretas e claras	Recebimento de novo lote
Material correto disponível no início da célula	Recebimento de novo lote
Maquinário e dispositivos ajustados corretamente	<i>Set Up</i>
Apontamento do volume de produção e refugo	Etapa final: etiquetagem, embalagem e apontamento
Operador liberador para conferência dos parâmetros da primeira peça do lote	<i>Set Up</i>

Fonte: Autoria própria

Percebe-se que essas entradas são referentes às etapas de *Set Up* e de recebimento de novo lote para produção, as atividades com maior tempo de parada obtidas nos gráficos da segunda etapa da metodologia. Isso mostra que a aplicação das ferramentas e as análises estão convergindo para o mesmo ponto e que o projeto está seguindo em uma boa direção.

As próximas duas ferramentas que foram aplicadas permitiram aprofundar o estudo e chegar às causas raiz do problema, sob as quais serão elaboradas ações de melhoria. As ações derivadas desta etapa do projeto serão correspondentes ou complementares às soluções propostas no fim da etapa anterior, decorrentes do estudo do *Set Up*.

Quadro 4 – Causas primárias encontradas no Diagrama de *Ishikawa*

Tipo de causa	Causa primária
Método	Muitos pontos de controle durante o processo
	<i>Set Up</i> muito lento
Mão de obra	Operadores destreinados
	Falta de motivação
Medição	Necessidade de conferência de parâmetros de montagem em Relatório de produção
	Necessidade de inserir manualmente o volume de produção e refugo em planilha de reporte de produção
Máquina	Necessidade de reajuste de máquinas durante <i>Set Up</i>
	Tempo de parada para manutenção elevado
	Falta ou mal estado de ferramentais, ferramentas e dispositivos utilizados na produção
Material	Falta de material na célula
	Necessidade do operador sair da célula para buscar alguns acessórios que compõem o produto
Meio ambiente	Célula desorganizada e em mal estado de limpeza e organização
	Layout apertado

Fonte: Autoria própria.

O Diagrama de *Ishikawa*, ou Espinha de Peixe, apontou as causas primárias para o problema de baixa produtividade, conforme mostrado no Quadro 4.

Para algumas dessas causas primárias foram encontradas causas secundárias, que auxiliam na execução da ferramenta seguinte, uma vez que estão mais próximas às causas raiz. O Diagrama completo pode ser visto no Apêndice C à este trabalho.

Para quase a totalidade das causas primárias, foi aplicada a ferramenta dos 5 porquês, para alcançar as causas raiz e viabilizar a elaboração do plano de ações. A aplicação completa da ferramenta pode ser visualizada no Apêndice D à este trabalho.

4.4 RESULTADOS DA QUARTA ETAPA

Foram criadas vinte e oito ações para melhoria do quadro de produtividade das células de montagem, todas elas são realizáveis e acarretam melhorias para o processo. Entretanto, para o sucesso de um projeto *Lean Seis Sigma*, é preciso que as mudanças de melhoria aconteçam aos poucos. As ações devem ser escolhidas com cuidado, pois ao aplicar um plano de ações muito extenso o esforço e o investimento são maiores, o que acaba oferecendo mais risco ao sucesso do projeto. Por essa razão, decidiu-se por focalizar em um grupo menor de ações, as que podem apresentar maior benefício à curto prazo, conforme mostra o Quadro 5.

Quadro 5 – Plano de ações

Ação	Departamento responsável	Modo de monitoramento e controle
Treinamento dos operadores em 5S.	Engenharia de Manufatura	Auditoria de 5S
Realização de 5S na célula.	Engenharia de Manufatura	Auditoria de 5S
Criação de trabalho padrão para a etapa de <i>Set Up</i> .	Engenharia de Processos	Auditoria de processos
Retirar a conferência por um operador externo. Manter a conferência dentro da própria célula.	Engenharia de Processos e Qualidade	Índice de falhas / Auditoria de qualidade
Retirar a etiqueta de peça piloto.	Engenharia de Processos	--
Criar Kanban das mangueiras mais utilizadas próximo às células de produção.	Engenharia de Manufatura e Planejamento	--
Concentrar o abastecimento de todos os materiais no operador abastecedor.	Engenharia de Manufatura e Planejamento	--
Criar plano de compra, reposição e manutenção do ferramental utilizado na célula.	Engenharia de Processos	Auditoria de ferramental
Revisão dos parâmetros de montagem dos itens já cadastrados.	Engenharia de Processos	--
Planejamento e aplicação de auditorias de processos, de ferramental e de qualidade.	Engenharias de Processos, Qualidade e Manufatura.	--

Fonte: Autoria própria

Para que o efeito do plano de ações se mantenha com o tempo é imprescindível que hajam mecanismos de controle e monitoramento do processo após a implementação das ações. Para o plano elaborado neste projeto, os mecanismos encontrados foram as auditorias.

A auditoria de processo e de qualidade se apresentam como ferramentas efetivas para a detecção, prevenção e eliminação de não-conformidades no processo produtivo, atuando como um meio de controle do processo e fornecendo elementos para sua melhoria contínua. Além disso, elas permitem uma aproximação entre os operadores de produção e as equipes de apoio, possibilitando maior cooperação e entendimento entre as partes, o que é benéfico para o bom funcionamento da produção.

Mais do que implementar ações e controlar seus resultados, é necessário que a empresa como um todo acredite no benefício da gestão *Lean Seis Sigma* e siga suas práticas no dia a dia. Toda mudança gera quebra de paradigmas e toda quebra de paradigmas gera desconforto e receios. Entretanto, a persistência é o primeiro passo. É fundamental que se pratique o *Lean* no dia a dia, e com a prática gera-se o hábito e do hábito cria-se uma cultura.

O próximo passo para a equipe do projeto, depois de o plano de ações estar totalmente posto em prática, é manter as práticas presentes dentro da empresa, servindo como suporte e motivação para toda a empresa.

5 CONCLUSÃO

O trabalho se desenvolveu tendo como base a metodologia PDSA e utilizou-se das ferramentas que mais se adequavam às variáveis, chegando em um plano de ações realizável e objetivo, com potencial de ganho de produtividade em cerca de 17880 conjuntos por ano, o que equivale à um acréscimo anual de R\$ 670.550,40 reais na receita da fábrica.

O projeto teve uma abordagem *Lean* para a resolução do problema posto. Isso se justifica pelo fato de as causas do problema estarem relacionadas ao fluxo do processo e não às suas variações. Elas estão relacionadas aos “*MUDA*” de transporte, defeitos e correções, espera, movimentos e processos em excesso. Uma vez que esses desperdícios tiverem sido eliminados, abre-se espaço para o desenvolvimento de novos projetos que podem, inclusive, ser de abordagem Seis Sigma, focando mais nas variações do processo, melhorando o desempenho do mesmo.

Com este trabalho foi possível aprofundar os conhecimentos sobre a metodologia PDSA e a gestão *Lean Seis Sigma*, e o quanto a cultura de melhoria contínua faz diferença em um ambiente produtivo. Foram várias as dificuldades encontradas na sua elaboração, mas as duas que mais impactaram o andamento do trabalho estão relacionadas às pessoas. A primeira grande dificuldade foi a falta de incentivo por parte da gerência. Apesar de o projeto estar ligado a um dos objetivos da empresa, o aumento de produtividade, a fábrica passava por momentos de mudanças e cortes de efetivo, o que acabou por comprometer o andamento dos projetos. A outra dificuldade foi obter apoio por parte dos operadores de produção para a coleta de dados. Muitos deles não compreendiam a importância do projeto. Entretanto, de acordo com o objetivo de encontrar as causas e propor soluções para o problema dado, pode-se concluir que o projeto obteve sucesso.

Por fim, tira-se a conclusão de que a cultura *Lean Seis Sigma* realmente é essencial para que as mudanças ocorram, mas que ela é construída aos poucos e com muita persistência. “O processo de implementação de uma nova cultura guiada pelos princípios *Lean* não é simples e rápida, mas sim complexa e gradual. É necessário ter pensamento à longo prazo e iniciar por pequenos progressos até alcançar mudanças profundas, rompendo paradigmas. A formação de uma nova cultura começa com a percepção do novo, e em sequência vem a mudança na maneira de pensar, a mudança no comportamento de trabalho, a criação de novos hábitos, culminando na mudança total da cultura. (informação verbal)⁵.”

⁵ Informação fornecida por Nathalie Musselon na disciplina de Sistemas Lean dentro do curso de Engenharia Industrial Mecânica, na Universidade Arts et Métiers ParisTech, em Paris, no primeiro semestre de 2015.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Fábio Felipe de. **O método de melhorias PDCA**. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ANTONY, Jiju. Six sigma vs lean: some perspectives from leading academics and practitioners. **International journal os productivity and performance management**, Bingley, v. 60, n. 2, p.185-190, ago. 2011.

BOSSERT, James. Lean and six sigma - Synergy made in heaven. **Quality Progress**, Milwaukee, n. 36, p.31-32, jul. 2003.

CONTADOR, José Celso et al. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa : produção industrial, construção civil, competitividade, mercado**. 3.ed.,São Paulo: Editora Blucher, 2010. 582 p.

CORREA, Sônia Maria Barros Barbosa. **Probabilidade e estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: Puc Minas, 2003. 116 p.

DOMINGUES, João Pedro Diogo. **Aplicação de ferramentas lean e seis sigma numa indústria de sistemas de fixação**. 2013. 183 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

FEIGENBAUM, A.V. **Total quality control**. Nova York: Mcgraw-Hill, 1983.

FEITOR, C. D. C. **Aplicação da metodologia seis sigma em uma empresa de médio porte do setor têxtil**. 2008. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

GALVANI, Luis Ricardo. **Análise comparativa da aplicação do programa seis sigma em processos de manufatura e serviços**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

MOREIRA, Sónia Patrícia da Silva. **Aplicação das ferramentas Lean: caso de estudo**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011.

PANDE, P. Holpp L. **What is six sigma?** Milwaukee, ASQ Quality Press, 2001

PEZEIRO, Alberto. **Qualidadeonline's Blog**. Disponível em: <<https://qualidadeonline.wordpress.com/2011/11/01/o-pdca-e-o-six-sigma-dmaic-sao-metodologias-complementares/>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

RECHULSKI, Denise Kaufman; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Programas de qualidade seis sigma: características distintivas dos modelos DEMAIC e DFSS**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 11. 2004, Bauru. Bauru: Simpep, 2004. v. 1, p. 1 - 8.

REIS, Delmar Alfredo Flemming dos. **Seis sigma**: um estudo aplicado ao setor eletrônico. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ROTONDARO, Roberto G. et al. **Seis sigma**: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 376 p.

SENGE, Peter M et al. **The fifth discipline fieldbook**: strategies and tools for building a learning organization. Nova York: Doubleday Publishing, 1994.

SNEE, Ronald D.; HOERL, Roger W.. Integrating Lean and Six Sigma - a Holistic Approach. **Six Sigma Forum Magazine**, Milwaukee, v. 6, n. 3, p.15-21, maio 2007. Trimestral.

WOMACK, James P; JONES, Daniel T. **Lean thinking**: banish waste and create wealth in your corporation. Nova York: Free Press, A Division Of Simon & Schuster, Inc, 2003. 396 p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AGUIAR, Milena Cabral. **Análise de causa raiz:** levantamento dos métodos e exemplificação. 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

CABRERA JUNIOR, Alvaro. **Dificuldades de implementação de programas seis sigma:** estudos de casos em empresas com diferentes níveis de maturidade. 2006. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ESTORILIO, Carla Cristina Amodio; AMITRANO, Fernanda Gonçalves. Aplicação de Seis Sigma em uma empresa de pequeno porte. **Produto & produção**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p.01-25, jun. 2013. Quadrimestral.

GUIMARÃES, Paulo Ricardo. **Métodos quantitativos estatísticos.** Curitiba: Iesde, 2008. 245 p.

GEORGE, Michael L. **Lean sis sigma:** Combining Sis Sigma Quality with Lean Production Speed. Dallas: McGraw-hill, 2002. 101 p. Preview booklet.

KNABBEN, Bernardo Calixto. **Gestão do Conhecimento:** o KAIZEN como ferramenta para organização de aprendizagem. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PARIS, Wanderson Stael. **Proposta de uma metodologia para identificação de causa raiz e solução de problemas complexos em processos industriais:** um estudo de caso. 2003. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

PERES, Ramon Moreira. **Otimização de custo no processo de fabricação de mangueira hidráulica.** 2013. 48 f. TCC (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

PINHEIRO, Thiago Henrique; SCHELLER, Alisson Christian; MIGUEL, Paulo A Cauchick. Integração dos Seis Sigma com o Lean Production: uma análise por meio de múltiplos casos. **Produção online:** revista científica eletrônica de engenharia de produção, Florianópolis, v. 13, n. 4, p.1297-1324, out. 2013. Trimestral.

SAKURADA, Eduardo Yuji. **As técnicas de análise dos modos de falhas e seus efeitos e análise da árvore de falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.** 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

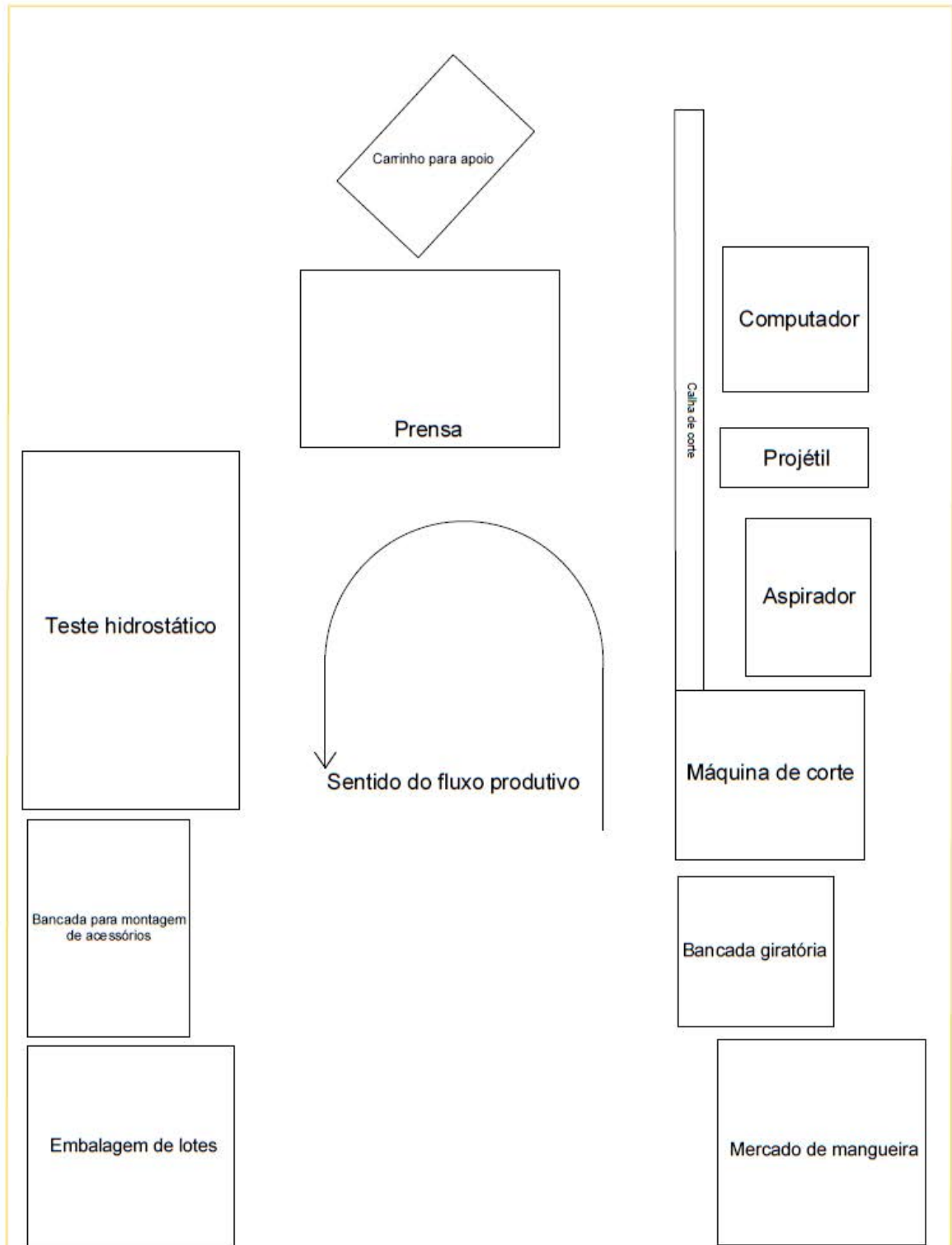
SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Operations management.** 6. ed. Edinburgh Gate: Pearson, 2010. 713 p.

STRAATMANN, Jeferson. **Estudo das práticas adotadas por empresas que utilizam a produção enxuta em paralelo ao seis sigma no processo de melhoria.** 2006. 202 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

TRAD, Samir; MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Seis Sigma:** fatores críticos de sucesso para sua implantação. *Rac*, Curitiba, v. 13, n. 4, p.647-662, out. 2009. Trimestral.

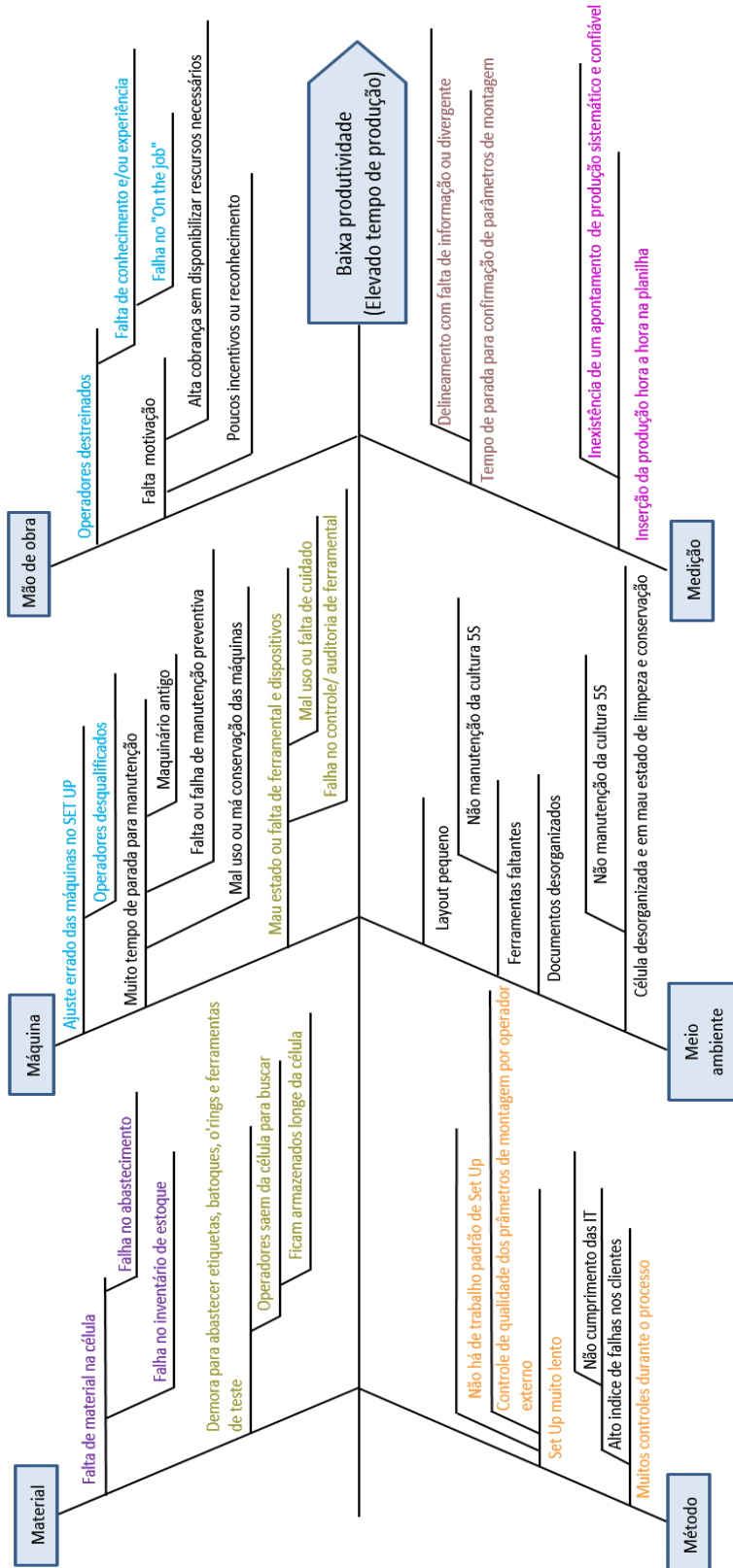
APÊNDICE A – FLUXO PRODUTIVO



APÊNDICE B – MATRIZ DE CAUSA E EFEITO

Cause and Effect Matrix		Importance to customers					Total	
Sequence number		9	5	8	10	5		
Process Output		1	2	4	5	6		
Process Step	Process Input	Tempo de SETUP	Conjunto montado corretamente como especificado pelo cliente	Tempo de processo	Prazo de entrega	Apontamento da produção e do refugo(coleta de dados)		
30	SET UP	Ferramental funcional e disponível (procura e manutenção de terramental)	9	3	1	9	0	194
38	Receber OT e Material	Delineamento de Processo correto (parada para conferência de parâmetros)	9	1	1	9	1	189
37	Receber OT e Material	Input de material correto (falta de material)	9	1	1	9	0	184
36	Receber OT e Material	Ordem de Trabalho correta (parada para conferência de parâmetros)	9	0	1	9	0	179
8	Produção da primeira peça	Maquinário e dispositivos ajustados corretamente (parada para ajuste de maq.)	1	0	9	9	0	171
17	Etiquetar, embalar e apontar	Apontamento de produção e de refugo (parada para apontar na planilha hra/hra)	0	1	9	3	9	152
	Produção da primeira peça	Conferência pelo operador liberador (espera do 3º conferente)	0	9	9	3	0	147
48	Prensagem	Conexões corretas	0	9	9	1	0	127
31	SET UP	Maquinário e dispositivos funcionais e disponíveis	9	3	0	3	0	126
9	Produção da primeira peça	Operadores qualificados	0	3	9	1	1	102
23	Limpeza	Caixa coletora	0	3	9	1	0	97
24	Marcação	Ferramentas (lápis, gabarito)	0	3	9	1	0	97
43	Corte	Mangueira correta	3	3	3	3	0	96
2	Etiquetar, embalar e apontar	Operadores qualificados	0	9	3	1	3	94
10	Corte	Operadores qualificados	0	9	3	1	0	79
11	Limpeza	Operadores qualificados	0	9	3	1	0	79
12	Marcação	Operadores qualificados	0	9	3	1	0	79
13	Prensagem	Operadores qualificados	0	9	3	1	0	79
14	Teste	Operadores qualificados	0	9	3	1	0	79
15	Batocar	Operadores qualificados	0	9	3	1	0	79
16	Aplicação de mola	Operadores qualificados	0	9	3	1	0	79
28	Etiquetar, embalar e apontar	Etiquetas corretas	1	9	1	1	0	72
52	Etiquetar, embalar e apontar	Embalagem correta	1	9	1	1	0	72
45	Limpeza	Projéteis corretos e limpos	0	9	3	0	0	69
19	Corte	Maquinário e dispositivos ajustados	1	1	3	3	0	68
20	Corte	Ferramental funcional e disponível	1	1	3	3	0	68
26	Prensagem	Ferramentas e programa corretos (castanha, suporte de castanha)	1	1	3	3	0	68
27	SET UP	Delineamento de Processo correto	3	0	1	3	0	65
4	Teste	Ferramental funcional e disponível	1	3	3	1	0	58
5	Aplicação de mola	Ferramental funcional e disponível	1	3	3	1	0	58
21	Limpeza	Ferramental funcional e disponível	0	3	3	1	0	49
25	Prensagem	Maquina ajustada	0	3	3	1	0	49
32	Teste	Ar comprimido	0	3	3	1	0	49
34	Teste	Conjunto montado	0	3	3	1	0	49
41	Etiquetar, embalar e apontar	Conjuntos com mola	0	9	0	0	0	45
44	Limpeza	Mangueira cortada	0	9	0	0	0	45
1	SET UP	Operadores qualificados	3	1	0	1	0	42
22	Limpeza	Maquina disponível	0	1	3	1	0	39
6	Produção da primeira peça	Delineamento de Processo	0	3	1	1	0	33
33	Corte	Delineamento de Processo	0	3	1	1	0	33
35	Aplicação de mola	Conjuntos batocados	0	3	1	1	0	33
39	Limpeza	Delineamento de Processo	0	3	1	1	0	33
40	Prensagem	Delineamento de Processo	0	3	1	1	0	33
61	Teste	Delineamento de Processo	0	3	1	1	0	33
63	Batocar	Delineamento de Processo	0	3	1	1	0	33
67	Marcação	Delineamento de Processo	0	3	1	1	0	33
7	Produção da primeira peça	Ferramental funcional e disponível (tampões e adaptadores de teste, discos de corte, bicos de projétil e castanhas)	1	1	1	1	0	32
18	Receber OT e Material	Operadores qualificados	1	1	1	1	0	32
50	Batocar	Batoques	1	3	1	0	0	32
51	Aplicação de mola	Mola correta preparada	1	3	1	0	0	32
68	Receber OT e Material	Documentação (IT, PC, TP)	1	1	1	1	0	32
53	Etiquetar, embalar e apontar	Documentação (IT, PC, OT, TP)	0	1	1	1	1	28
54	SET UP	Documentação (IT, PC, TP)	1	1	0	1	0	24
29	Etiquetar, embalar e apontar	Delineamento de Processo	0	1	1	1	0	23
47	Prensagem	Mangueira marcada	0	3	1	0	0	23
49	Batocar	Conjuntos testados	0	3	1	0	0	23
56	Produção da primeira peça	Documentação (IT, PC, TP)	0	1	1	1	0	23
57	Corte	Documentação (IT, PC, TP)	0	1	1	1	0	23
58	Limpeza	Documentação (IT, PC, TP)	0	1	1	1	0	23
59	Marcação	Documentação (IT, PC, TP)	0	1	1	1	0	23
60	Prensagem	Documentação (IT, PC, TP)	0	1	1	1	0	23
62	Teste	Documentação (IT, PC, TP)	0	1	1	1	0	23
64	Batocar	Documentação (IT, PC, OT, TP)	0	1	1	1	0	23
65	Aplicação de mola	Delineamento de Processo	0	1	1	1	0	23
66	Aplicação de mola	Documentação (IT, PC, OT, TP)	0	1	1	1	0	23

APÊNDICE C – DIAGRAMA DE ISHIKAWA



APÊNDICE D – 5 PORQUÊS

Medição	
Conferência dos parâmetros de montagem	
Por quê?	Há alto índice de falta ou erro de informação no delineamento de processo
Por quê?	Ocorrem erros no cadastro dos parâmetros de montagem dos novos produtos
Por quê?	Cadastro é realizado manualmente por estagiários que obtêm conhecimento limitado da variação da gama de produtos
Por quê?	Há falha no treinamento
Causa raíz	<i>Não há um programa de treinamento para os estagiários sobre as tarefas rotineiras</i>
Apontamento manual do volume de produção e de refugo	
Por quê?	Necessidade de inserir de hora em hora a quantidade produzida, o número do lote e do produto e o volume de refugo
Causa raíz	<i>Não há um sistema automático de contagem e reporte da quantidade de item produzidos</i>
Máquina	
Paradas recorrentes para manutenção corretiva do maquinário	
Por quê?	Falha ou falta de manutenção preventiva eficiente e mau uso dos equipamentos
Por quê?	Falha na gestão da manutenção e no treinamento sobre utilização das máquinas
Causa raíz	<i>Alta demanda da manutenção pela idade dos equipamentos e falta de controle e auditoria de 5S</i>
Mal estado ou falta de ferramental e dispositivos utilizados na produção	
Por quê?	Falha no controle de estocagem, manutenção e compra de ferramental e dispositivos de medição e mau uso
Por quê?	Alta demanda e falta de um responsável exclusivo e falha na auditoria de processos
Causa raíz	<i>Material de custo elevado que necessita planejamento de compra e reposição e de cuidado na utilização</i>
Meio ambiente	
Célula desorganizada e em mal estado de limpeza e conservação	
Por quê?	Não há padrão e controle de organização das células
Causa raíz	<i>Não há manutenção e auditoria de 5S</i>
Mão de obra	
Falta de motivação dos operadores	
Por quê?	Pouco reconhecimento do trabalho executado no dia a dia ou incentivos
Causa raíz	<i>Alta cobrança para entrega de resultados com poucos recursos</i>
Método	

Set Up lento	
Por quê?	Não há Trabalho Padrão de <i>Set Up</i> , para sequenciar as tarefas e nomear quem às executa
Causa raíz	<i>Nunca houve a necessidade de criação de um trabalho padrão, pois a operação é rápida e os operadores antigos tinham sincronia para realizá-la</i>
Por quê?	Há espera pela liberação da produção do lote pelo operador externo à célula
Por quê?	Criou-se essa medida de controle para conter problemas de qualidade
Por quê?	Os problemas de qualidade eram recorrentes, causados na maioria por desatenção ou desconhecimento de procedimentos por parte dos operadores
Por quê?	Falta de treinamento ou seguimento das instruções
Causa raíz	<i>Falha no treinamento e na auditoria de processos</i>
Por quê?	Necessidade frequente de repetir o <i>Set Up</i> para reajuste do maquinário
Por quê?	Ocorrem erros de ajuste do maquinário na primeira vez que são ajustados
Por quê?	Desatenção dos operadores ou não conferem corretamente os parâmetros de montagem da peça
Por quê?	Falta de treinamento
Causa raíz	<i>Falha no treinamento dos operadores</i>
Material	
Falta de material para produzir o lote (material direto)	
Por quê?	Falha ou atraso no abastecimento
Por quê?	Há demora na busca de mangueiras e atraso na separação de conexões no almoxarifado
Por quê?	O almoxarifado de mangueiras é distante e não há uma relação de prioridade de lotes a serem produzidos para guiar a separação das conexões
Causa raíz	<i>Há uma grande variedade de mangueiras e não há espaço suficiente para armazená-las próximo às células de produção; não há uma sistemática de demanda de lotes</i>
Operadores saem da célula e se deslocam para buscar de etiquetas de identificação, batoque de proteção das extremidades da mangueira e projéteis para limpeza interna da mangueira	
Por quê?	Cada material fica armazenado em um local diferente e separado
Por quê?	Há dificuldade de gestão desses materiais
Causa raíz	<i>Não há um responsável exclusivo pela gestão desses materiais</i>
Operadores saem da célula e se deslocam para procurar por ferramentas e instrumentos	
Por quê?	Não ficam armazenados nos locais que devem estar
Por quê?	Não há manutenção da cultura 5S
Causa raíz	<i>Falha na auditoria de processos</i>

APÊNDICE E – CAUSAS RAIZ E AÇÕES PROPOSTAS

Tipo de Causa	Problema inicial	Causa raiz	Ações
Medição	Parada para confirmação de parâmetros de montagem	Não há um programa de treinamento para os estagiários sobre as tarefas rotineiras	Revisão dos parâmetros de montagem dos itens já cadastrados
	Apontamento manual do volume de produção e de refugo	Não há um sistema automático de contagem e reporte da quantidade de item produzidos	Aplicação de uma sistemática de reporte e reconhecimento pelo reporte de erros por parte dos operadores Criar programa de treinamento para os estagiários sobre tarefas rotineiras que envolvem alta responsabilidade
Máquina	Paradas recorrentes para manutenção corretiva do maquinário	Alta demanda da manutenção pela idade dos equipamentos e falta de controle e auditoria de 5S	Instalação de leitor óptico no final do processo para apontamento automático de produção por meio de leitura de código de barras Instalação de luzes de atenção na entrada da célula para chamar abastecedor em caso de refugo, para reposição de peças e etiquetas faltantes
	Mal estado ou falta de ferramental e dispositivos utilizados na produção	Material de custo elevado que necessita planejamento de compra e reposição e de cuidado na utilização	Treinamento sobre importância de se conservar as máquinas e ferramentas Aplicação e manutenção da cultura 5S por meio de auditorias Criar canal de comunicação mais eficiente entre produção e manutenção para reporte de problemas Aplicação da TPM
Meio Ambiente	Célula desorganizada e em mau estado de limpeza e conservação	Não há manutenção e auditoria de 5S	Nomear responsável exclusivo para gestão de ferramental Criar plano de compra, reposição e manutenção de ferramental Aplicar auditoria de ferramental
Mão de obra	Falta de motivação dos operadores	Alta cobrança para entrega de resultados com poucos recursos	Conscientização sobre a necessidade de conservar e utilizar com cuidado o ferramental
	Set Up lento	Nunca houve a necessidade de criação de um trabalho padrão, pois a operação é rápida e os operadores tinham sincronicidade para realizá-la	Treinamento em 5S Realização de 5S nas células Planejamento e aplicação de um cronograma de auditoria
Método	Falta de material para produzir o lote (material direto)	Falha no treinamento e na auditoria de processos	Treinamento de liderança motivadora para os líderes Programa de reconhecimento mais ágil
	Operadores saem da célula e se deslocam para buscar por ferramentas e instrumentos	Falha no treinamento dos operadores	Criação de Trabalho Padrão e treinamento dos operadores
Material	Falta de identificação, batoque de proteção das extremidades da mangueira e projéteis para limpeza interna da mangueira	Falha no treinamento e na auditoria de processos	Retirada da conferência por operador externo. Realizar dupla conferência na própria célula Implantação de auditoria de processos e qualidade
	Operadores saem da célula e se deslocam para procurar por ferramentas e instrumentos	Há uma grande variedade de mangueiras e não há espaço suficiente para armazená-las próximo às células de produção; não há uma sistemática de demanda de lotes	Reciclagem do treinamento sobre qualidade e instruções de trabalho para os operadores Criar Kanban de estoque das mangueiras mais utilizadas próximo às células Criar sistema FIFO para a separação das conexões de acordo com a prioridade dos lotes
Material	Operadores saem da célula e se deslocam para procurar por ferramentas e instrumentos	Não há um responsável exclusivo pela gestão desses materiais	Concentrar o estoque e gestão do material junto ao time de planejamento de material, no almoxarifado
	Operadores saem da célula e se deslocam para procurar por ferramentas e instrumentos	Falha na auditoria de processos	Abastecimento na célula pelo abastecedor, dessa maneira operador não precisa se deslocar para buscar esse material Criar quadro de ferramentas para cada célula e sistematizar conferência e reporte de falta de ferramentas à cada troca de turnos Treinamento 5S para os operadores