



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE – FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

OSWANDERSON ALMEIDA SANTOS

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA NA LINHA
DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE
EQUIPAMENTOS ESPORTIVOS**

**Aracaju - SE
2017.1**

OSWANDERSON ALMEIDA SANTOS

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA NA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE
EQUIPAMENTOS ESPORTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia de Produção da FANESE,
como requisito parcial para obtenção do
grau de bacharel em Engenharia de
Produção.

Orientador: Prof. Ma. Sandra Patrícia
Bezerra Rocha

Coordenador do Curso: Prof. Me. Alcides
Anastácio de Araújo Filho

**Aracaju - SE
2017.1**

OSWANDERSON ALMEIDA SANTOS

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA NA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS
ESPORTIVOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE, como elemento obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2017.1.

Prof. Me. Sandra Patrícia Bezerra Rocha
Orientadora

Prof. Esp. Carlosvaldo Alves Gomes
Examinador

Prof. Dr. Marcelo Boer Grings
Examinador

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju, ____ de _____ de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar o dom da vida e me cercar de pessoas que acreditam em mim, no meu potencial e queiram sempre o melhor pra mim. Agradeço também por me dar forças para transpor os obstáculos.

Aos meus pais, pela educação, sacrifício, pelo amor e que mesmo nas horas mais difíceis nunca deixaram de me apoiar.

Aos meus avós, pela educação, ensinamentos, pelo amor e todo suporte que precisei nesta jornada.

Aos meus tios e primos que por sinal são os melhores do mundo, pelo apoio, companheirismo e pelos grandes momentos que passamos.

A minha madrinha Abedahi (*in memorian*) que sempre esteve presente, contagiando todos com sua alegria e dando suporte para minha formação como pessoa, além do carinho e atenção.

Aos meus amigos de longa data, por que não dizer irmãos de pais diferentes? Jefferson, Iury, Raidison e Josiele pelo companheirismo e apoio.

Aos amigos que conquistei na UFS: Mônica, Silvando, Carlos Eduardo, Willen, Amós, Renan, Ikaro, Thiago, Tiago, Ammy, Marcelo, são tantos que não dar para listar todos, mas agradeço por tudo que passamos e que contribuiu muito para minha formação profissional.

Também não podem ficar de fora os amigos que conquistei na Fanese: Emilene, Rafaelle, Myllena, Franklin, Carlosvaldo, Mário Celso e tantos outros que me apoiaram, incentivaram e acreditaram no meu potencial.

A minha orientadora Sandra Patrícia, pelo profissionalismo, disponibilidade, incentivo e por acreditar em minha capacidade. Dei muito trabalho, tomei muito puxão de orelha, mas tudo deu certo, tirei 10 no TCC... rrsrs.

Ao coordenador de curso Alcides Araújo, pela disponibilidade incondicional, prontidão em querer ajudar e pelo apoio nas horas mais críticas. Em todos os cursos deveria existir pelo menos um Alcides como coordenador.

Por fim, agradeço a Metaltec- Indústria de Equipamentos Esportivos Ltda pela oportunidade de aprender na prática tudo aquilo visto em sala de aula.

RESUMO

No presente trabalho foram investigadas as causas da inconsistência no desempenho do processo produtivo. O objetivo foi avaliar a aplicabilidade da metodologia lean seis sigma em empresa de pequeno porte, onde o modelo de construção dos resultados seguiu a metodologia DMAIC. O processo foi mapeado e através disso foram coletados dados sobre o tempo de execução de cada subprocesso e a quantidade de defeitos que os produtos apresentavam no fim da linha de produção para a avaliação do seu desempenho. Sendo assim, o efeito da variabilidade sobre o processo foi analisado afim de encontrar suas causas-raízes. Depois de encontrar as causas-raízes, foi construído um plano de melhorias para solucionar ou mitigar a influência de tais causas. Na análise inicial do processo foi verificado que o lead time da linha de produção não atendia o takt time do mercado, cerca de 11,42 horas e 5,3 horas/produto, respectivamente, de acordo com a demanda média mensal de produtos informada. Finalmente, após algumas ações do plano de melhorias serem acatadas e se apresentar em estado inicial de implementação, foram coletados novos dados acerca do tempo de processamento. Sendo assim, foi verificado que ocorreram melhorias significativas nos subprocessos onde apresentavam maior variabilidade, onde o lead time da linha de produção foi otimizado em cerca de 25,21%, considerando apenas o tempo de execução dos subprocessos. Apesar das melhorias, o lead time ainda não está alinhado com o takt time, porém, os resultados se mostram promissores tendo em vista que as implementações das melhorias não estão em um estado avançado.

Palavras – chave: Lean manufacturing. Seis sigma. DMAIC. Lean seis sigma. Melhoria de processos.

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Características e tipos de processos.....	21
Quadro 02 – Relação do nível sigma com a competitividade.....	29
Quadro 03 – Cálculo do índice de capacidade.....	29
Quadro 04 – Definição das etapas do 5s.....	44
Quadro 05 – Características da abordagem 6 sigma e sistema lean...	47
Quadro 06 – Variáveis e indicadores da pesquisa.....	52
Quadro 07 – Média do subprocesso montagem.....	62
Quadro 08 – Utilização dos 5 porquês para causas frequentes.....	67
Quadro 09 – Plano de melhorias.....	67
Quadro 10 – Tempo individual melhorado.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Nível sigma (capacidade) e ppm.....	28
--	-----------

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Histórico produtivo da empresa.....	52
Gráfico 02 – Tempo de ciclo x takt time.....	58
Gráfico 03 – Gráfico de Pareto para as fontes de variação.....	66
Gráfico 04 – Tempo de ciclo inicial x final.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Modelo de transformação de entradas em saídas.....	19
Figura 02 – Tipos e características dos processos.....	22
Figura 03 – Variações de causas comuns e especiais.....	24
Figura 04 – Forma de atuação do seis sigma sobre a variabilidade.....	25
Figura 05 – Cálculo do índice de capacidade z.....	26
Figura 06 – Curva de Gauss com deslocamento de 1,5.....	27
Figura 07 – Nível sigma (capacidade) e ppm.....	28
Figura 08 – Fluxograma para o cálculo do índice de capacidade.....	30
Figura 09 – Ciclo DMAIC.....	32
Figura 10 – Diagrama de causa e efeito.....	33
Figura 11 – Fluxograma.....	34
Figura 12 – Exemplos de formato de fluxograma.....	35
Figura 13 – Simbologia utilizada no fluxograma.....	36
Figura 14 – Folha de verificação.....	37
Figura 15 – Gráfico de Pareto.....	39
Figura 16 – Histograma.....	38
Figura 17 – Os sete desperdícios.....	42
Figura 18 – Fluxograma setorial.....	56
Figura 19 – Fluxograma linear dos subprocessos.....	59
Figura 20 – Folha de verificação para defeitos.....	60
Figura 21 – Histograma para o subprocesso montagem.....	62
Figura 22 – Diagrama de causa e efeito subprocesso montagem.....	63
Figura 23 – Histograma dos subprocessos.....	64
Figura 24 – Diagrama de causa e efeito soldagem.....	65
Figura 25 – Diagrama de causa e efeito corte.....	66
Figura 26 – Diagrama de causa e efeito pintura e jateamento.....	66
Figura 27 – Dispositivo poka-yoke para a montagem.....	70
Figura 28 – Histograma dos subprocessos melhorados.....	71
Figura 29 – Histograma dos subprocessos melhorados.....	72
Figura 30 – Nova rota de cálculo do <i>lead time</i>	74

SUMÁRIO

RESUMO

LISTAS DE TABELAS

LISTAS DE GRÁFICOS

LISTAS DE FIGURAS

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.1 Objetivos específicos.....	13
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Caracterização da empresa.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Qualidade.....	16
2.1.1 Custos da qualidade.....	17
2.1.1.1 custo de prevenção.....	17
2.1.1.2 custo de avaliação.....	18
2.1.1.3 custo de falhas.....	18
2.1.1.4 custo de falhas internas.....	18
2.1.1.5 custo de falhas externas.....	18
2.2 Processo.....	18
2.3 Tipos de processos.....	20
2.4 Metodologia Seis Sigma.....	22
2.4.1 Métricas do seis sigma – índice de capacidade.....	25
2.4.2 Metodologia DMAIC.....	30
2.5 Ferramentas da Qualidade.....	32
2.5.1 Diagrama de causa-efeito.....	33
2.5.2 Fluxograma.....	34
2.5.3 Folha de verificação.....	36
2.5.4 5w2h.....	37
2.5.5 <i>Brainstorming</i>.....	38
2.5.6 Gráfico de Pareto.....	38
2.5.7 Histograma.....	39
2.6 Lean Manufacturing.....	40
2.6.1 Os sete desperdícios.....	41
2.6.2 Princípios do lean manufacturing.....	42
2.6.3 Ferramentas do lean manufacturing.....	43
2.6.3.1 programa 5s.....	43
2.6.3.2 dispositivos a prova de erros (poka-yoke).....	44
2.6.4 Métricas do <i>lean manufacturing</i>.....	45
2.6.4.1 tempo de ciclo.....	45
2.6.4.2 <i>takt time</i>.....	45

2.6.4.3 <i>lead time</i>	46
2.7 <i>Lean Seis Sigma</i>	46
3 METODOLOGIA METODOLOGIA.....	48
3.1 Abordagem Metodológica.....	48
3.2 Caracterização da Pesquisa.....	48
3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins.....	49
3.2.2 Quanto ao objeto ou meios.....	49
3.2.3 Quanto ao tratamento dos dados.....	50
3.3 Instrumentos de Pesquisa.....	51
3.4 Universo e Amostra da Pesquisa.....	51
3.5 Definição das Variáveis das Variáveis.....	51
3.6 Plano de Registro e Análise dos Dados.....	52
4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	54
4.1 Caracterização do Processo.....	55
4.1.1 Cálculo dos indicadores do processo.....	59
4.2 Cálculo do nível sigma.....	61
4.3 Análise das variações no desempenho dos subprocessos.....	61
4.4 Plano de melhorias.....	67
4.5 Análise do Efeito das Melhorias	70
CONCLUSÃO.....	75
ABSTRACT.....	76
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICES	78
APÊNDICE A – Dados dos subprocessos no início do estudo	79
APÊNDICE B – Dados dos subprocessos no final do estudo	80

1. INTRODUÇÃO

O senso de utilização racional dos recursos de manufatura está cada vez mais evidente em todos os setores da indústria. É um dos fatores que determina a competitividade das empresas, permitindo a possibilidade de maiores investimentos mediante a redução dos custos e a melhoria nos resultados financeiros. Por outro lado, existe um grande e determinante fator de sucesso de uma organização, a qualidade, e seu conceito vem mudando ao longo do tempo.

Aliar a utilização racional dos recursos com a qualidade, torna-se um grande desafio para as organizações, uma vez que para muitas a busca por qualidade representa altos investimentos em melhorias. Todos os aspectos mercadológicos estão obrigando as empresas, de alguma forma, a se tornar competitiva, seja em questões ambientais, seja em processos mais alinhados, com o menor índice de desperdício possível. Em meio a crises, apropriar-se de uso de ferramentas criativas e técnicas se torna a principal rota de desenvolvimento de uma organização. Diante destas perspectivas foram difundidas diversas ferramentas e metodologias que permitissem as empresas, o controle e melhoria da qualidade dos seus processos e produtos. Mas, duas delas merecem destaque em relação a eficiência e eficácia de atuação em melhorias, são elas o Lean Manufacturing e o Seis Sigma, que tiveram grandes repercussões na década de 90 e 80 respectivamente.

O lean manufacturing trata em termos mais simples da eliminação de atividades que não agregam valor em um dado processo e o seis sigma aborda a eliminação ou redução da variabilidade dos processos. Com isto os defeitos apresentados após sua implementação teriam uma menor probabilidade de recorrência. Atualmente tendo como um ponto de vista estratégico as empresas estão cada vez mais utilizando uma variação destas duas metodologias, o lean seis sigma, que é resultante da união dos pontos fortes dos dois sistemas de melhorias que se torna uma ferramenta melhor e eficaz, podendo atuar na solução de vários

tipos de problemas relacionado ao desenvolvimento e produção de um dado produto ou serviço.

No Brasil a utilização do lean seis sigma está mais evidente em grandes organizações e principalmente nas multinacionais, mas aos poucos, empresas e menores portes estão aderindo-o. Sobre esta perspectiva, a avaliação dos processo operacionais de uma empresa se apresenta com grande relevância acerca da implementação de melhorias, pois, com esta avaliação prévia é possível identificar causas raízes de problemas crônicos.

O presente estudo foi desenvolvido em uma indústria do setor metalúrgico, onde a dinâmica do processo será avaliada, correlacionando os fatores de entrada (insumos), seu processamento e os fatores de saída (produtos), a fim identificar pontos de melhorias. O controle de tais aspectos funcionam como um marco, um divisor de água entre o sucesso e o fracasso diante da concorrência. A empresa em estudo possui grande interesse em adotar ferramentas ou metodologias que possam promover melhores práticas na gestão da qualidade e produtividade, cujo o desempenho do processo produtivo não se apresenta como o esperado pela alta gerência.

Diante do cenário apresentado, surge a questão: A aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma resultará na otimização dos processos da linha de produção da empresa?

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a aplicabilidade da metodologia *lean seis sigma* como ferramenta para a otimização de processo produtivo em uma empresa de pequeno porte.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar o processo produtivo da empresa através do mapeamento de processo;
- Analisar o efeito da variabilidade do tempo de ciclo das estações de trabalho sobre desempenho produtivo dos subprocessos da linha de produção;
- Determinar o nível sigma no final da linha de produção;

- Propor um plano de melhorias para otimização do desempenho da linha de produção;
- Analisar o efeito das melhorias propostas sobre o desempenho dos subprocessos na linha de produção.

1.2 Justificativa

Com a necessidade crescente de se tornar competitiva diante dos concorrentes, as empresas nos últimos tempos, têm buscado a reestruturação de suas atividades de maneira estratégica, aplicando novas tecnologias, inovando seus processos e principalmente utilizando modelos de gestão compatíveis com seu sistema produtivo, com posse de ferramentas fundamentais para otimização dos seus resultados. Com grande repercussão no mercado, o lean seis sigma é um dos modelos de gestão mais requisitados em grandes organizações, por permitir controlar seus processos através de uma visão mais técnica, utilizando ferramentas estatísticas e propiciar retorno financeiro às organizações que o utiliza.

Diante dos impactos que a utilização da metodologia lean seis sigma pode gerar na organização, o estudo e avaliação dos processos produtivos sobre sua ótica é de suma importância para a empresa em estudo, pois, permitirá que a mesma gerencie seu processo de forma mais eficaz, onde ocorre a promoção da racionalização do consumo dos recursos de manufatura através do auxílio de ferramentas técnicas já consolidadas no mercado.

O setor escolhido para a realização do estudo foi o de processos produtivo de uma empresa do setor metalúrgico, cuja contribuição da metodologia *lean* seis sigma em posse de ferramentas de análise de processos, tem o potencial de gerar o saldo positivo na otimização da qualidade e produtividade do setor.

Para o meio acadêmico, o estudo contribui de modo a enriquecer a literatura sobre a aplicação da metodologia lean seis sigma, servindo como base de consulta para estudos futuros.

Por fim, o tema foi escolhido devido aos resultados que grandes organizações conquistaram ao longo do tempo utilizando a metodologia *lean* seis sigma, servindo então como referencial para que empresas de menor porte possam adotar tal metodologia e melhorar seus resultados de maneira eficaz.

1.3 Caracterização da empresa

O presente estudo foi realizado em uma empresa do setor metalúrgico fundada no ano de 2001, tendo como fim a produção de equipamentos esportivos. Sua sede está situada no município de Aracaju-Sergipe. De origem familiar, a empresa atualmente conta com cerca de 23 colaboradores.

Seu sistema de produção apresenta característica semelhante ao pull system, conhecido também como sistema de produção puxado, na qual, sua principal característica envolve a autonomia de iniciação do processo produtivo, ou seja, neste sistema o processo só é iniciado mediante a solicitação dos produtos pelos clientes, sem a geração de estoque. Os principais processos produtivos envolvem corte, usinagem, soldagem, jateamento, pintura, acabamento e expedição. Tem como principais matérias primas tubos, chapas e barras de aço e alumínio, tarugos de nylon e também borracha injetada. Além da fabricação de materiais esportivos, a empresa fornece serviços de manutenção dos seus produtos e de produtos terceiros, além, de sua representação comercial.

O portfólio de produtos que a empresa produz é extenso e engloba desde os materiais para o mercado fitness, passando por musculação até fisioterapêutico, porém todos passam pelos mesmos processos.

A empresa do estudo de caso não possui nenhum concorrente no estado, o que culmina em um mercado aberto repleto de oportunidade, tendo clientes em potencial em quase todo o estado de Sergipe, que varia desde pessoa física às empresas como academias, condomínio, entre outras. Já considerando o território nacional a empresa tem como principais concorrentes a BS Fitness, a Righeto Fitness e a Total Health.

O setor de produção é a peça fundamental para a existência da empresa, onde é responsável por dar forma aos seus produtos, que são as principais fontes de receita, embora atue com assistência técnica e vendas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão explanados os conceitos e métodos necessários para o desenvolvimento do estudo, de acordo com a base teórica apresentada na literatura, em forma de livros, artigos científicos, publicações em revistas e trabalhos de conclusão de curso.

2.1 Qualidade

De acordo com o American Society for Quality (2017) a qualidade é “um termo subjetivo para o qual cada pessoa ou setor tem sua própria definição”. Em termos gerais, a qualidade comporta dois outros conceitos interligados em essência:

“1. as características de um produto ou serviço que suportam sua capacidade de satisfazer necessidades declaradas ou implícitas; 2. um produto ou serviço isento de deficiências”.(AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, 2017).

Um ponto frágil para as empresas é determinar os requisitos de qualidade para clientes uma vez que ocorre a divergência entre os conceitos de qualidade. Desta maneira, Araújo (2007) comenta que as duas perspectivas essenciais para o entendimento da qualidade são a de quem produz e a de quem consome.

Para assegurar que os requisitos de qualidade dos consumidores sejam atendidos, Moreira (2015) prefixa dois conceitos básicos de qualidade: a qualidade de conformação e a qualidade de projeto.

Segundo Moreira (2015, p. 552) a qualidade de conformação “é o maior ou menor grau em que um produto, serviço ou atividade é feito ou desempenhado de acordo com um padrão ou especificações estabelecidas”.

A qualidade no projeto segundo Moreira (2015), está relacionada com o grau de atendimento dos requisitos de um produto, processo ou serviços em relação as suas características particulares, características estas, relacionadas com as

necessidades dos clientes. Tendo em vista a importância e o nível crítico da qualidade para uma organização Paladini (2004, p. 11) comenta que “[...] a decisão gerencial entre produzir ou produzir com qualidade estava sendo substituída pela decisão estratégica de produzir com qualidade ou pôr em risco a sobrevivência da organização”.

Concomitantemente é possível concluir que a qualidade como estratégia empresarial deve contemplar todos os setores pertinentes a organização, pois, ela define o nível de confiabilidade que as partes interessadas tem sobre os processos, produtos ou serviços.

2.1.1 Custos da qualidade

Segundo Rotondaro (2006, p. 38) “[...] o estudo dos custos da qualidade tem sido enfatizado como um tema importante desde o início dos anos 50”. Embora os custos associados a ela são aqueles que não agregam valor, as empresas ignoram os custos significativos, mantendo a atenção nos aspectos mais superficiais e de mais fácil leitura.

Rotondaro (2006, p. 38) define os custos da qualidade como “[...] quantidade total de dinheiro que uma organização gasta para prevenir a má qualidade e garantir que os requisitos da qualidade sejam alcançados”.

Deste modo, os custos da qualidade segundo Rotondaro (2002, p. 38), apresentam-se nas formas de custo de prevenção, de avaliação, de falhas, de falhas internas e de falhas externas.

2.1.1.1 custos de prevenção

Conforme Rotondaro (2006, p. 38), “[...] são todos os custos para garantir que o processo forneça produtos e serviços de qualidade”. Deste modo as ações tomadas visam a eliminação da possibilidade de defeitos antes da utilização do produto ou serviço.

2.1.1.2 custos de avaliação

Segundo Rotondaro (2006, p. 38) “[...] são todos os custos associados com a medição do nível de qualidade obtido pelo sistema”. Normalmente ocorre depois que um processo é completado, no produto final do processo. Com isso, inclui a inspeção, testes e atividades relacionadas ao controle da qualidade.

2.1.1.3 custos de falhas

Segundo Rotondaro (2006, p. 38), este tipo de custo apresenta natureza corretiva, que agem para a correção de falhas apresentadas nos produtos ou serviço. Envolve desde a reposição de peças para o cliente, devido a falha prematura do produto, até retrabalhos durante os processos de produção.

2.1.1.4 custos de falhas internas

São custos relacionados principalmente a fase de desenvolvimento do produto ou serviços, antes de serem exteriorizados para os clientes. Segundo Rotondaro (2006, p. 38) “[...] são custos associados com a correção ou troca de produtos, antes que sejam entregues aos clientes”.

2.1.1.5 custos de falhas externas

São custos relacionadas as falhas que ocorrem após a inserção do produto no mercado que geralmente são descobertas pelos clientes. Segundo Rotondaro (2006, p. 38) “[...] falhas externas são mais custosas para a organização que falhas internas”. Deste modo, este tipo de custo deve ser priorizado, pois, pode ser o divisor de águas entre o sucesso e o fracasso da organização.

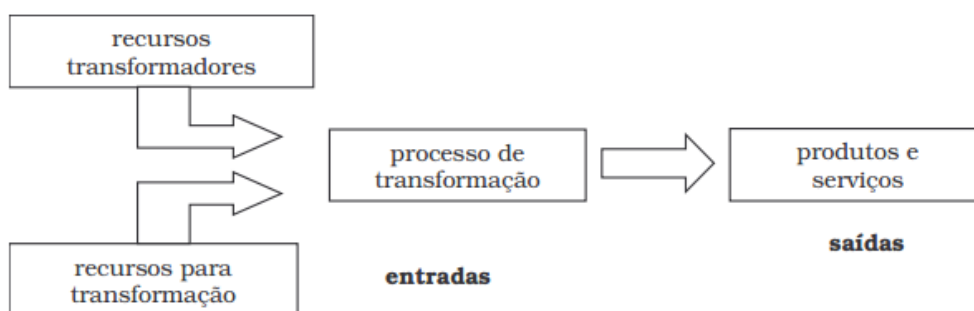
2.2 Processo

Werkema (1995, p. 6) define os processos como uma combinação de: “[...] elementos, equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições

ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço”.

Segundo Slack et al (2009, p. 8) “todas as operações produzem produtos e serviços através das transformações de entradas em saídas, o que é chamado de processo de transformação”. A Figura 01 mostra o modelo de transformação geral de entradas em saídas.

Figura 01 – Modelo de transformação de entradas em saídas



Fonte: Peinado; Graeml (2007, p.143)

Os processos produtivos possuem hierarquias, onde quanto mais baixo o nível observado mais específico será a abordagem ou tipo de execução das operações. Conforme Peinado (2007, p 142), “um processo também pode ser dividido, ou quebrado, em outros processos menores que podem ser considerados subprocessos.

Os subprocessos são definidos por Cruz (1998, p. 38) como um “conjunto de atividades correlacionadas, que executa uma parte específica do processo, do qual recebe insumos e para o qual envia o produto do trabalho realizado por todas”. Com isto, subprocessos podem ser subdivididos em atividades ou tarefas correlacionadas para a redução da complexidade de um processo.

Estas fragmentações do processo permitem para a organização um maior controle das variáveis internas inerentes ao processo, permitindo a identificação de pontos e melhorias de forma mais orgânica.

2.3 Tipos de processos

Para Slack et al (2009, p. 129) “cada tipo de processo em manufatura implica uma forma diferente de organizar as atividades das operações com diferentes características de volume e variedades”. Desta forma, o autor define as características dos processos como: processo por projeto, processo por *jobbing*, processo por lote, processo por produção em massa e processo por produção contínua. O Quadro 01 mostra as características de cada tipo de processo abordado pelo autor.

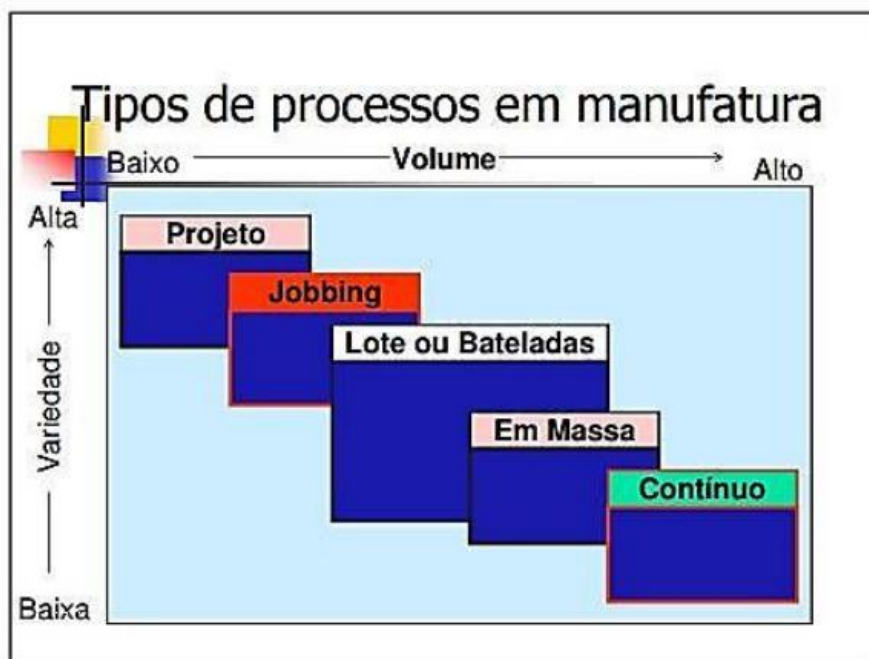
Quadro 01. Características e tipos de processos

Processo por Projeto	são os processos que lidam com produtos discricionários, usualmente bastantes customizados. A produção baseada em projetos tem como características: longo tempo de execução, baixo volume, alta variedade nos produtos, cronograma e recursos definido.
Processo por <i>Jobbing</i>	é semelhante ao de produção por projeto, com capacidade de produzir alta variedades de produtos à medida que o volume de produção é menor. O diferencial de produção por jobbing está no compartilhamento de recursos entre os produtos, respeitando as necessidades específicas de cada um
Processo por Lote	é semelhante ao jobbing, porém, o grau de variedade dos produtos é reduzido, com isto, cada vez que é produzido um lote de produto mais de um produto é produzido, assim, repetindo etapas dos processos até que a quantidade requisitada de produtos no lote seja atendida.
Processo por Produção em Massa	são os que produzem bens em alto volume e variedade relativamente estreita, onde o processo básico de produção não é alterado pelas diferentes variantes que podem ocorrer
Processo por Produção Contínua	vai além da produção em massa em termos de volume, a variedade de produtos é limitada e produzida por um tempo muito longo e com fluxo ininterruptos, caracterizando uma inflexibilidade no sistema produtivo

Fonte: Slack *et al* (2009, p. 129)

A Figura 02 mostra a relação da variedade e volume de produtos produzidos com os tipos de processos.

Figura 02. Tipos e características dos processos



Fonte: Adaptado de Slack et al (2009, p. 93)

A Figura 02 mostra que os processos em que os produtos possuem menor variedade apresentam um alto volume de produção, enquanto que os processos que possuem maior variedade na gama de produtos possui um menor volume de fabricação.

2.4 Metodologia Seis Sigma

Para Werkema (2004, p. 15), a metodologia seis sigma pode ser definida como: “[...] uma estratégia gerencial e altamente quantitativa, que tem o objetivo de aumentar a lucratividade das empresas, por meio da melhoria.”

Conforme Werkema (2004), a metodologia foi desenvolvida pela Motorola no fim dos anos 80 com o intuito de solucionar problemas relacionados a qualidade dos seus produtos diante dos concorrentes, o que rendeu um prêmio de qualidade, mas teve seu grande destaque em meados da década de 90, onde a General Eletro obteve resultados financeiros significativos, partindo de um estado de falência às receitas na ordem de bilhões de dólares.

Segundo Ballesterro-Alvarez (2012, p.334) “[...] a partir dos resultados obtidos por estas duas grandes corporações – Motorola e General Eletro – o conceito se torna conhecido no mundo”.

Sobre o panorama dos resultados obtido pela General Eletro e a Motorola acerca da utilização metodologia Seis Sigma, através de Rotondaro (2006, p.18), sua finalidade pode ser definida em: “[...] otimizar os processos das organizações através de melhoria de qualidade, eliminação de falhas, erros e defeitos, com objetivo de incrementar seus lucros”. Esta generalização de aplicação nos processos organizacionais independente de sua natureza faz com que metodologia tenha destaque no cenário mundial.

Carvalho (2005, p.127) aborda a relação que a metodologia possui com as estratégicas gerenciais: “[...] o programa Seis Sigma promove um alinhamento estratégico, utilizando indicadores de desempenho alinhado aos resultados da organização e prioridades estratégicas como alvos dos projetos de melhorias”.

Acerca da implantação do Seis Sigma em uma organização, Werkema (2002) comenta que sucesso e a consolidação da cultura seis sigma na organização, bem como a obtenção de resultados significativos em tempos adequados depende da escolha de um bom projeto.

Para Carvalho (2002, p. 165), “gerenciar a qualidade, segundo a perspectiva da variabilidade dos processos, exige das empresas a adoção de técnicas de controle estatístico e uso do índice de capacidade”. Werkema (2004, p. 21) comenta que o seis sigma utiliza ferramentas já consolidadas em busca da eliminação dos defeitos em todos os processos da empresa.

O sigma representa uma letra grega que os estatísticos utilizam para representar o desvio-padrão de uma amostra, onde quanto maior o desvio-padrão, maior a variação dos dados, onde tudo que não atendas necessidades dos clientes é chamado de defeito. (MARSHALL JÚNIOR, 2006, p. 123)

Deste modo, Ramos (2000, p. 6), destaca que:

A variação nas características da qualidade existe em função das diferenças ou inconsistências entre operários, lotes de matéria prima, equipamentos instrumentos de medição etc. (RAMOS; 2000, p. 6)

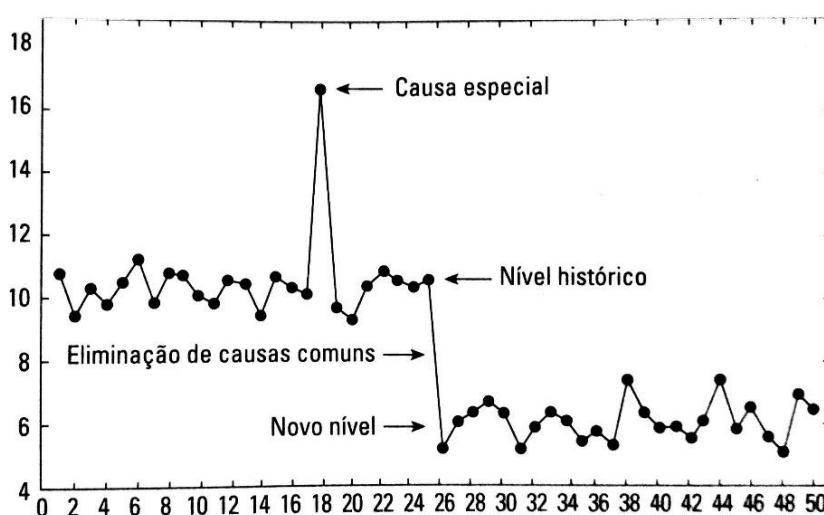
Ao analisar às causas que afetam a variabilidade de um processo utilizando ferramentas estatísticas, podem ser identificados dois tipos, onde, Ramos (2000) define como: variação de causa comum e variação de causa especial.

A variação de causa comum, segundo Ramos (2000, p. 6) é definida “[...] como uma fonte de variação que afeta a todos os valores individuais de um

processo”. Este tipo de variação é característica dos processos que pode ser reduzida diante do seu estudo. De maneira oposta as variações de causa especiais se apresentam de forma isolada, não sendo característica do processo, que segundo Ramos (2000, p. 6) é definida como “[...] variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível, sendo, portanto, impossível obter-se um padrão”.

Conforme definições de Ramos (2000) acerca das definições de variáveis de causa comum e de causa especial, a Figura 03 mostra o comportamento das referidas variações quando observadas na forma de gráfico, onde, as variações de causas comuns estão representadas pelos pontos mais agrupados, seguindo aparentemente um padrão de comportamento, já a de causa especial está representada pelo único ponto que se destaca dos outros, obedecendo assim, a definição de Ramos (2000, p. 6).

Figura 03 – Variações de causa comum e de causa especial



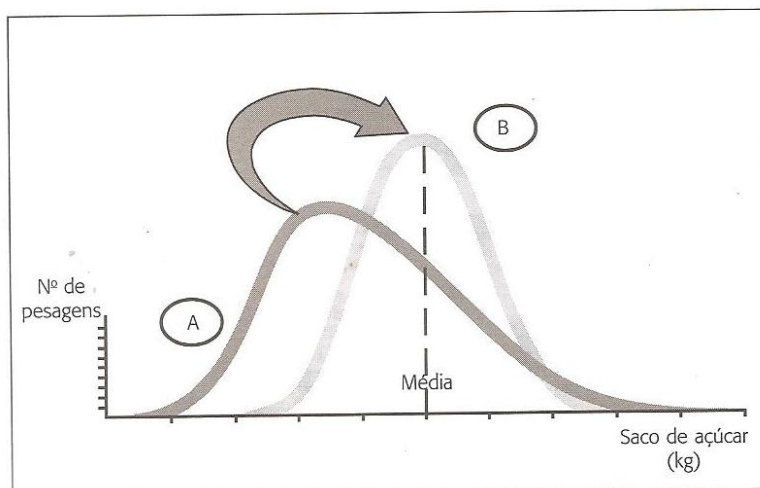
Fonte: RAMOS (2000, p. 6)

Na Figura 03, o nível histórico representa os dados coletados ao longo do tempo, onde passou por melhorias, eliminando as causas comuns que contribuíam para o processo ter um determinado comportamento, assumindo assim um novo nível, onde os pontos mostram um comportamento otimizado, dentro das variações aceitáveis.

Marshall Junior (2006) conclui que o objetivo do seis sigma é ajustar o processo para que os pontos ou valores das variáveis analisadas fiquem o mais próximo possível da média, de modo que não possua muitas variações, mantendo a

curva o mais normal possível. A Figura 04 mostra a curva normal para o processo no estado inicial (A) e para o estado após a aplicação do seis sigma (B).

Figura 04. Atuação do seis sigma sobre a variabilidade



Fonte: Marshall Júnior (2006, p. 124)

Sendo assim, a metodologia seis sigma atua potencializando a capacidade dos processos, utilizando a redução da variabilidade como caminho para tal resultado.

2.4.1 Métricas do seis sigma – índice de capacidade

O seis sigma utiliza ferramentas estatísticas para avaliar a capacidade dos processos. Segundo Ballesterro-Alvares (2012, p. 336) “[...] no padrão 6 sigma, um processo considerado capaz é aquele que apresenta sua média distante de 6 desvios padrão dos limites de especificações”. Estes limites são conhecidos como limite superior de especificação (LSE) e limite inferior de especificação (LIE).

De acordo com as considerações de Ballesterro-Alvares (2012), o índice de capacidade (z) de um processo possui relação inversa com o desvio-padrão (σ) e direta com a diferença entre os limites de controle e a média (μ). Ele mede a capacidade do processo em gerar defeitos a longo prazo. A Figura 05 mostra o procedimento de cálculo para o índice de capacidade através dos limites de controle, média e desvio-padrão.

Figura 05 – Cálculo do índice de capacidade z

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$z_1 = \frac{LIE - \mu}{\sigma} = \frac{(\mu - 6\sigma) - \mu}{\sigma} = -6$$

$$z_s = \frac{LSE - \mu}{\sigma} = \frac{(\mu + 6\sigma) - \mu}{\sigma} = 6$$

Fonte: Adaptado de Rotonaro (2006, p. 171)

Em que:

z_i = Índice de capacidade inferior;

z_s = Índice de capacidade superior;

LIE = Limite inferior de Especificação;

LSE = Limite Superior de Especificação.

Segundo orientações de Bruni (2007, p. 64), o desvio-padrão σ pode ser obtido através de:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{N}}$$

Onde:

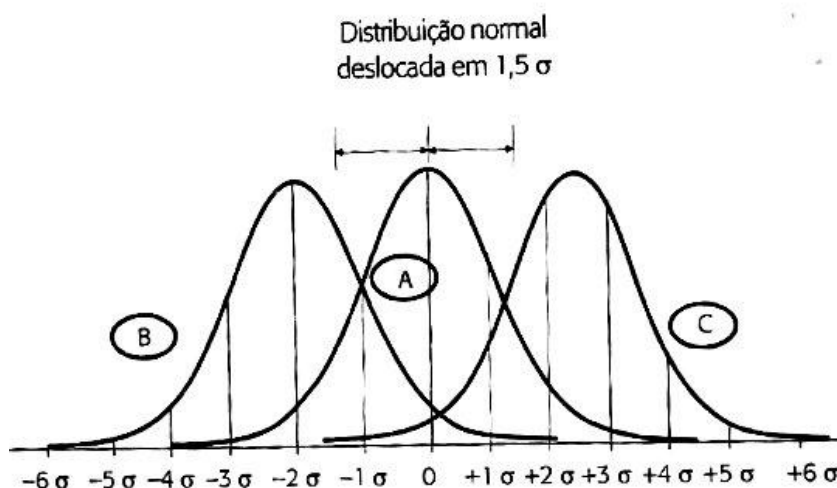
x = Valor da amostra;

μ = Valor médio das amostras;

N = Número de amostras.

Harray e Schroeder (1998) comentam sobre a dificuldade de centralizar os valores obtidos em um processo próximo a média ou centro da curva de Gauss (curva normal) em um longo prazo, provocando assim um desvio de 1,5 desvio padrão a partir da média dos limites. A Figura 06 mostra o desvio de 1,5 sigma que ocorre em um processo a longo prazo em uma curva de Gauss, em que a curva a representa o processo centralizado em curto prazo e as curvas b e c representam

Figura 06 – Curva de Gauss com deslocamento (1,5)



Fonte: Marshall Júnior (2006, p.126)

Considerando a variação abordada por Harry e Schroeder (1998), sobre o deslocamento de 1,5 desvio padrão ($Z_d = 1,5$), segundo Rotondaro (2006, p. 170), “[...] para chegar a capacidade potencial do processo, denominada de curto prazo, devemos descontar o deslocamento”. Desta maneira, segundo Ballesterro-Alvarez (2012, p. 337), o cálculo ocorre da seguinte forma:

$$Z_{cp} = Z_{lp} + 1,5$$

Onde:

Z_{lp} = Capacidade potencial em longo prazo;

Z_{cp} = Capacidade potencial do processo.

Deste modo, Rotondaro (2006, p. 170) considera que um processo que possui capacidade potencial de curto prazo seis sigma, na verdade em longo prazo, este determinado processo apresenta 4,5 sigma, considerando o deslocamento de 1,5 sigma, onde, o processo gera 3,4 partes por milhão de defeitos. A Figura 07 mostra a relação entre os valores do nível sigma e a quantidade de defeitos em partes por milhão (ppm) para o processo.

Figura 07 – Nivel sigma (capacidade) e ppm

Process σ Level	Process PPM	Process σ Level	Process PPM	Process σ Level	Process PPM
6.27	1	5.27	80	3.96	7,000
6.12	2	5.25	90	3.91	8,000
6.0	3.4	5.22	100	3.87	9,000
5.97	4	5.04	200	3.83	10,000
5.91	5	4.93	300	3.55	20,000
5.88	6	4.85	400	3.38	30,000
5.84	7	4.79	500	3.25	40,000
5.82	8	4.74	600	3.14	50,000
5.78	9	4.69	700	3.05	60,000
5.77	10	4.66	800	2.98	70,000
5.61	20	4.62	900	2.91	80,000
5.51	30	4.59	1,000	2.84	90,000
5.44	40	4.38	2,000	2.78	100,000
5.39	50	4.25	3,000	2.34	200,000
5.35	60	4.15	4,000	2.02	300,000
5.31	70	4.08	5,000	1.75	400,000
		4.01	6,000	1.50	500,000

Fonte: Pyzdek (2003)

A

Em outras palavras, segundo mencionado por Rotondaro (2006, p.171), “quanto maior for o valor de sigma, menor será a probabilidade do processo gerar defeitos”. Se a incidência de defeitos em um processo diminui, os custos operacionais voltados ao retrabalho, reprocesso, entre outros, também serão minimizados.

Pyzdek (2003) comenta que tradicionalmente as empresas aceitavam níveis de desempenho de 3 sigma ou 4 sigma como normais, apesar de saberem que esses processos criam entre 6,2 mil e 67 mil defeitos por milhão de produtos produzidos. Este nível de desempenho também é destacado por Rotondaro (2006, p. 171), onde ele relaciona o nível sigma com a competitividade da empresa, conforme mostrado na Quadro 02.

Quadro 02 – Relação do nível sigma com a competitividade

Z_{CP}	Z_{LP}	PPM	
6	4,5	3,4	Classe Mundial
5	3,4	233	
4	2,5	6.210	Média da Indústria
3	1,5	66.807	
2	0,5	308.537	Não Competitiva

Fonte: Adaptado de Rotondaro (2006, p. 171)

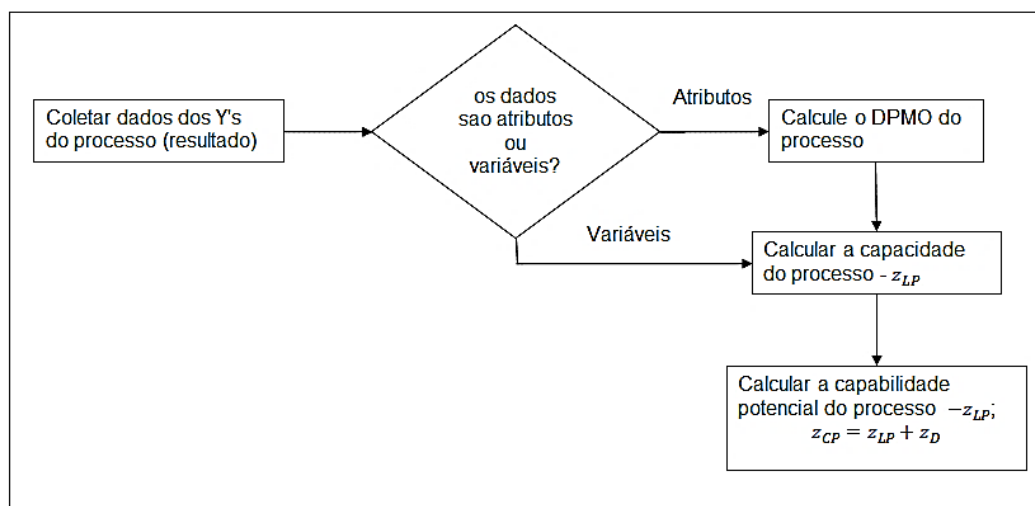
Quando se trata do cálculo do índice de capacidade para atributos, ou seja, não são variáveis contínuas, como o tempo, o método do cálculo muda, não mais é utilizada a fórmula da curva de Gauss ou normal reduzida (z) presente na Figura 03, pois, segundo Rotondaro (2006, p. 172) “[...] não seria possível aplicar a fórmula, pois, não tem a média e o desvio padrão”. Desta maneira, o Quadro 03 mostra o método de cálculo do índice de capacidade utilizando atributos.

Quadro 03 – Cálculo do índice de capacidade para atributos

Defeito	Qualquer não-conformidades às especificações
Defeituoso	Unidade que apresenta um ou mais defeitos
Unidade	Saida do processo que será avaliada segundo a presença de defeitos
Oportunidade	Formas que o processo tem de se desviar do que é especificado para cada unidade, gerando não-conformidade
Defeitos por unidade (DPU)	Número de defeito/Número de unidades
Defeito por oportunidade (DPO)	Número de defeito/(Número de oportunidades x Número de unidades)
Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)	(Número de defeito/(Número de oportunidades x Número de unidades)) x 10^6

Fonte: Adaptado de Rotondaro (2006, p. 172)

A Figura 08 mostra o fluxograma para determinar o índice de capacidade do processo, tanto para atributo, quanto para variável, onde Rotondaro (2006) propõe um roteiro para o cálculo através dos elementos de estudo, de acordo com as características do processo.

Figura 08 – Fluxograma para o cálculo do índice de capacidade

Fonte: adaptado de Rotondaro (2006)

Com base em Rotondaro (2006) em relação ao fluxo de cálculo é possível concluir que para atributo primeiramente é calculada a quantidade de defeitos em um dado processo para determinar o nível sigma e para variável contínua é calculada a capacidade potencial (nível sigma) para determinar quantos defeitos potencialmente são gerados pelo processo.

2.4.2 Metodologia DMAIC

A metodologia seis sigma utiliza como base para estudo de processo a metodologia DMAIC, que segundo Carvalho (2003), trata-se da versão do seis sigma aplicada a processos com base na ISO 9001 e no gerenciamento total da qualidade que utiliza ferramentas estatísticas integrada com ferramentas de controle da qualidade.

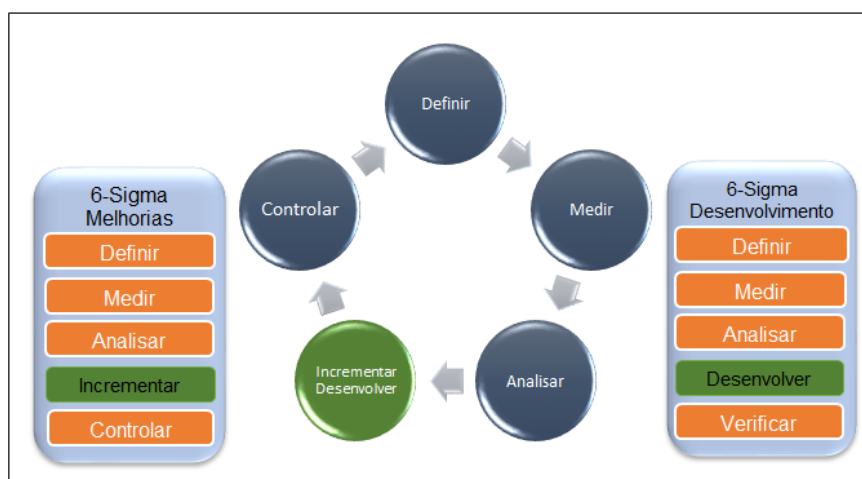
O DMAIC possui relação direta com o ciclo PCDA, onde, Rodrigues (2004) ressalta que a metodologia DMAIC é derivada do ciclo PDCA e que busca definir as oportunidades de melhoria, ao passo em que mede, analisa, implementa melhorias e controla os processos otimizados.

Com isto, Aguiar (2002) destaca que o DMAIC e o PDCA são as duas metodologias mais utilizadas para a solução de problemas nos programas de melhoria da qualidade.

Segundo Carvalho (2005, p. 134), a metodologia DMAIC “[...] visa o aperfeiçoamento do processo por meio da seleção correta dos processos que possam ser melhorados e das pessoas a serem treinadas para obter resultados”.

Segundo Marshall Junior (2006), o DMAIC, assim como o PDCA, tratam-se de metodologias cíclicas. A sigla DMAIC representa as iniciais das palavras em inglês define (D), measure (M), analyse (A), improve (I) e control (C), que para o português significam: definir, medir, analisar, melhorar e controlar, respectivamente. A Figura 09 representa o ciclo da metodologia DMAIC, seguindo o fluxo de aplicação como definido na metodologia, tanto para melhorias quanto para desenvolvimento.

Figura 09 – Ciclo DMAIC empregado pelo seis sigma



Fonte: Adaptado de Ballesterio-Alvarez (2012, p. 342)

Segundo Ballesterio-Alvarez (2012, p. 342), “durante sua aplicação e adoção, desenvolve-se uma série estruturada e sistemática de etapas, logicamente constituídas, e cada uma delas utilizará de uma série maior ou menor de ferramentas”.

Estas ferramentas mencionadas por Ballesterio-Alvarez são responsáveis por avaliar o processo quantitativamente ou qualitativamente cada etapa de análise feita através do DMAIC. Desta forma, como mencionado por Marshall Júnior (2006, p. 129), o ciclo DMAIC se desdobra nas seguintes atividades:

Fase 1: Define (D, Definir): esta primeira etapa do ciclo é responsável por definir o que será estudado, que segundo Ballesterio-Alvarez (2012, p. 342), “é onde se define de forma clara qual é o efeito indesejável que delimitam as Características Críticas para a Qualidade (CPQ)”.

Fase 2: Measure (M, Medir): o segundo passo é responsável por identificar as principais variáveis que influenciam no processo. Segundo Ballesterio-Alvarez (2012,

p. 343), “trata-se de desenhar de forma detalhada o processo em estudo e identificar e medir as variáveis envolvidas”. A importância e a complexidade desta fase é reforçada por Marshall (2006) no sentido de que a medição é um dos processos mais importantes, tendo em vista que, o sucesso do programa depende de sua correta aplicação.

Fase 3: Analyse (A, Analizar): esta etapa é responsável por traduzir os dados obtidos na etapa anterior, de modo que, seja possível constituir soluções para as causas das variações, que, segundo Ballesterro-Alvarez (2012), a análise deve ocorrer de forma criteriosa com os dados coletados, para transformar em informações, apontando assim, a causa raiz das variações dos processos.

Fase 4: Improve (I, Melhorar): esta etapa se resume à implementação das melhorias com base nas causas raízes das variações. Segundo Carvalho (2005, p. 136) “nesta fase temos a oportunidade de aplicar os conceitos de produção Lean, agregando ao Seis Sigma uma grande possibilidade de melhorias”.

Fase 5: Control (C, Controlar): por fim a última etapa, que perpetua as melhorias e o padrão estabelecido na etapa anterior e que serve também como parâmetro para futuras melhorias. Segundo Ballesterro-Alvarez (2012, p. 343) “[...] é durante esta etapa que ocorre a manutenção e detecção de novas melhorias, assim mantendo o ciclo”.

2.5 Ferramentas da Qualidade

Para gerenciar e otimizar os processos de uma empresa é de fundamental importância ter em mãos uma base sólida de dados, oriundos dos processos a serem investigados, pois, sua correta avaliação e interpretação mostrará sua real situação.

Com isso, para analisar os processos serão utilizadas ferramentas da qualidade que segundo Corrêa (2006), atuam como base para a tomada de decisão. Elas possibilitam a solução de problemas, bem como a obtenção de relações entre os fatores que atuam sobre os processos e seu controle.

A seguir, serão mostradas as ferramentas da qualidade necessária para o desenvolvimento do estudo, se resumem em: diagrama de causa-efeito, histograma, gráfico de Pareto, fluxograma, folha de verificação e 5w2h.

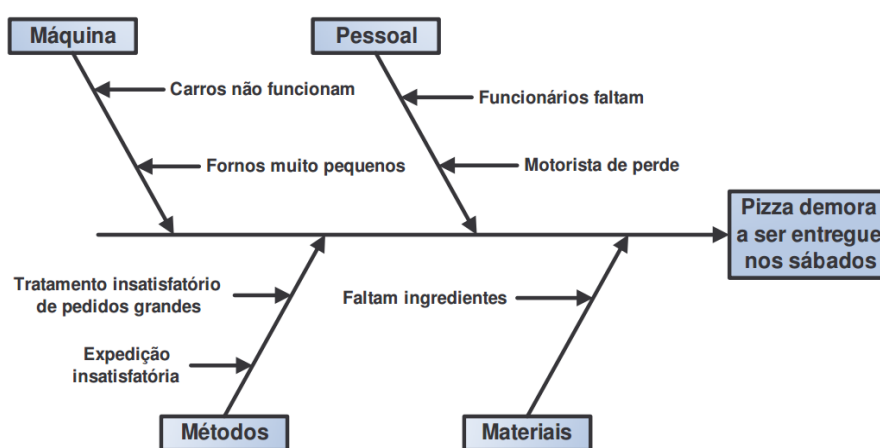
2.5.1 Diagrama de causa-efeito

Esta ferramenta é formada por um gráfico em forma semelhante à de uma espinha de peixe, que segundo Ramos (2002, p. 98) “[...] representa uma relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas”. Deste modo, o problema é contextualizado em um dos lados e sua causa analisada no lado oposto da espinha.

Para Ramos (2000, p. 98), “[...] este diagrama descreve situações complexas que seria muito difíceis de serem descritas e interpretadas somente por palavras”.

A estrutura do diagrama de causa-efeito é mostrada conforme Figura 10, na qual está representada a relação entre as causas (materiais, método, máquina, meio ambiente e mão de obra) e o efeito (umidade incorreta).

Figura 10 – Diagrama de Causa-Efeito



Fonte: Peinado; Graelm (2007, p. 551)

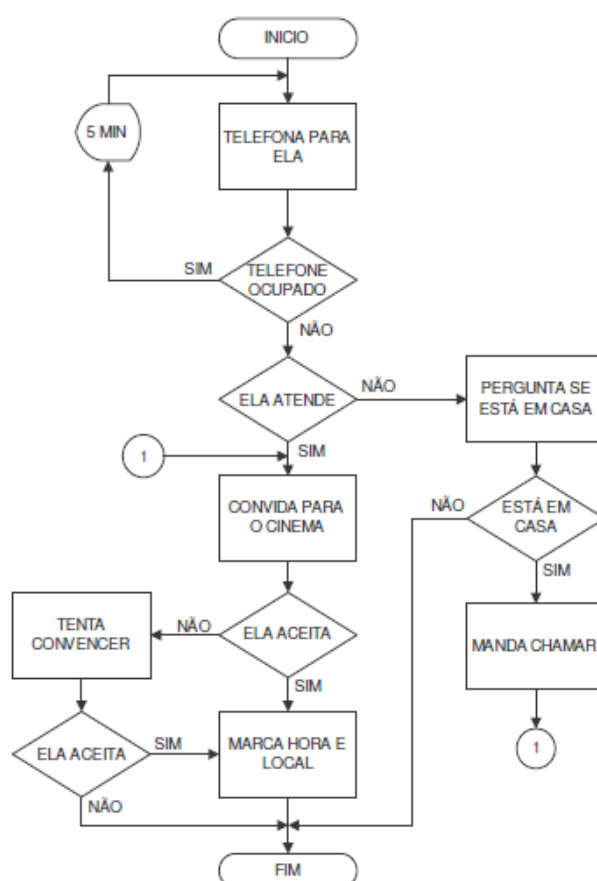
Acerca do diagrama de causa e efeito, Peinado; Graelm (2007, p. 550) conclui que “[...] mostra apenas as possíveis causas de uma determinada ocorrência, onde, representam hipóteses que precisam ser analisadas e testada afim de comprovar sua veracidade e determinar o grau de impacto sobre a situação em análise”.

Associado ao diagrama de causa e efeito pode ser utilizado os 5 “porquês”, uma ferramenta que propõe a realização da pergunta em realizar por quê cinco vezes, em que Ohono (1997) comenta que ao realizar estes questionamentos sucessivamente é possível a encontrar a causa-raiz do problema.

2.5.2 Fluxograma

Segundo Peinado; Graeml (2007, p. 539) “O fluxograma é um diagrama utilizado para representar, por meio de símbolos gráficos, a seqüência de todos os passos seguidos em um processo”. Trata-se de uma ferramenta gráfica, utilizada para realizar mapeamento, planejamento e descrição de processos, representando a seqüência de suas atividades. O Figura 11 mostra a representação básica de um fluxograma, onde estão apresentadas as etapas do processo, seguindo seu fluxo.

Figura 11 – Fluxograma



Fonte: Peinado; Graeml (2007, p. 151)

Segundo Peinado; Graeml (2007) o fluxograma apresenta como finalidade melhorar a compreensão do processo de trabalho, mostrar como o trabalho deve ser feito criar um padrão de trabalho ou uma norma de procedimento. Segundo o autor, o fluxograma pode ser desenhado de várias formas, não existe uma norma para sua construção. A Figura 12 mostra exemplos de formato de fluxograma segundo Peinado; Graelm (2007).

Figura 13. Simbologia utilizada no fluxograma

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
	Operação: ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se monta ou desmonta componentes e partes.	Martelar um prego, colocar um parafuso, rebitar, dobrar, digitar, preencher um formulário, escrever, misturar, ligar e operar máquina etc.
	Transporte: ocorre quando um objeto ou matéria prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra, de um prédio para outro. Obs: apenas o manuseio não representa atividade de transporte.	Transportar manualmente ou com um carrinho, por meio de uma esteira, levar a carga de caminhão, levar documento de um setor a outro etc.
	Espera ou demora: Ocorre quando um objeto ou matéria prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento	Esperar pelo transporte, estoques em processo aguardando material ou processamento, papéis aguardando assinatura etc.
	Inspeção: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.	Medir dimensões do produto, verificar pressão ou torque de parafusadeira, conferir quantidade de material, conferir carga etc.
	Armazenagem: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.	Manter matéria-prima no almoxarifado, produto acabado no estoque, documentos arquivados, arquivos em computador etc.

Fonte: Peinado; Graelm (2007, p. 157)

Portanto o fluxograma pode ser utilizado para o mapeamento de processos, determinando suas etapas fundamentais.

2.5.3 Folha de verificação

Segundo Carpinetti (2010), a folha de verificação é uma ferramenta utilizada para a coleta de dados, de maneira organizada e simples. Trata-se de um formulário com os objetos de análises já predeterminados.

Conforme Ramos (2000) podem ser encontrados vários tipos de folha de verificação, uma vez que para cada situação, existe um tipo específico. Em Paladini (2004) os modelos mais usados são as folhas de verificação simples e de frequência.

Em caso mais complexo, considerando falhas, por exemplo, segundo Paladini (2004), a folha de verificação de frequência é utilizada para registrar com que

frequências determinadas falhas acontecem, permitindo assim a análise de cada anomalia.

Segundo Ramos (2000, p. 101), “[...] a folha de verificação facilita a coleta e organização de dados para posterior análise”. A Figura 14 mostra uma folha de verificação para a quantificação de defeito.

Figura 14 – Folha de Verificação.

Tipo	Rejeitados	Subtotal
Marcas	/// /// /// /// /// //	32
Trincas	/// /// /// //	23
Incompleto	/// /// /// /// /// /// /// /// //	48
Distorção	////	4
Outros	/// //	8
	Total Geral	115
Total rejeitados	/// /// /// /// /// /// /// /// /// /// /// /// /// /// /	86

Fonte: Adaptado Carpinetti (2010)

2.5.4 5w2h

Segundo Marshall Júnior (2006, p. 108), o 5w2h é uma ferramenta utilizada “[...] principalmente no mapeamento de processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores”.

O nome 5w2h segundo Marshall Junior (2006) o significado surge dos seguintes questionamentos na língua inglesa: what, who, when, where, why, how, how much, que significam o que, quem, quando, onde, por que, como, quanto custa, respectivamente.

Marshall Júnior (2006, p. 109) destaca que esta ferramenta pode variar de acordo com as necessidades, podendo de apresentar como 5W1H, excluindo o how much (quanto custa?) conforme a necessidade.

2.5.5 Brainstorming

O brainstorming segundo Peinado;Graelm (2007, p. 550) "é utilizado para se gerar o máximo de ideias possível sobre um assunto, em um determinado espaço de tempo".

Peinado; Graelm (2007) comentam que a palavra *brainstorming* é traduzido literalmente como uma tempestade de ideias e que consistem em reunir um grupo de pessoas com o objetivo de apresentar o máximo de ideias possíveis sobre um determinado assunto.

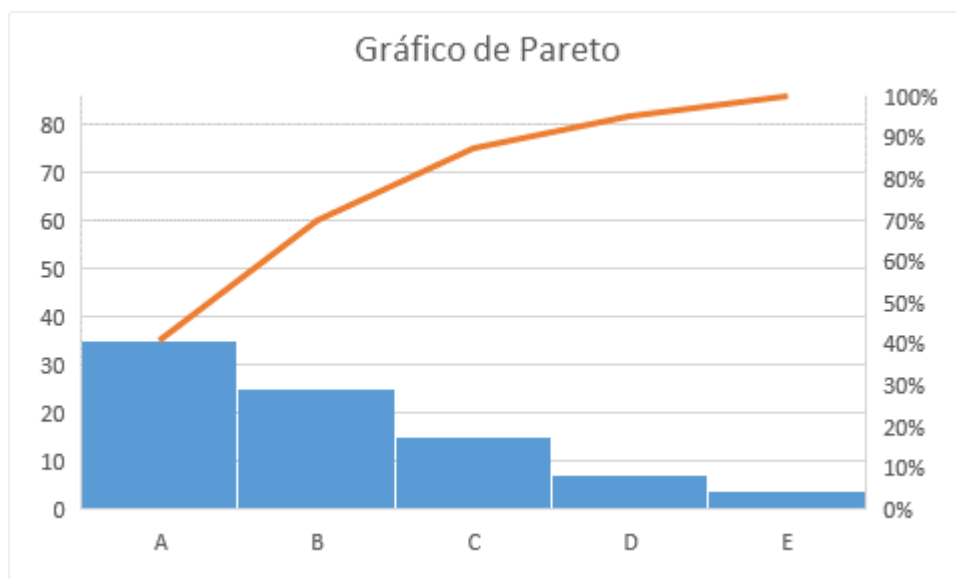
Sendo assim, este aspecto de geração de idéias abordado pelo *brainstorming* pode ser reforçado através de Linus Pauling (1960, p. 10): "A melhor forma de ter uma grande idéia é ter um monte de ideias".

2.5.6 Gráfico de Pareto

Segundo Peinado; Graelm (2007), foi idealizado pelo italiano Vilfredo Pareto, ao verificar a não uniformidade da distribuição da renda entre as pessoas, no final do século XIX, onde foi observado que 80% da riqueza do país estava concentrada nas mãos de 20% das pessoas.

Segundo Werckema (1995, p.75), o gráfico de Pareto "é um gráfico de barras verticais que dispõe de informações para tornar evidente e visual a priorização de temas". Desta maneira o gráfico de Pareto define estatisticamente por ordem de frequências quais problemas serão priorizados. Os dados são representados e relacionado sem formas de percentuais.

A Figura 15 mostra o gráfico de Pareto, onde as barras verticais representam a frequência em que um dado se repete e a curva o percentual acumulado.

Figura 15. Grafico de Pareto

Fonte: Adaptado de Carínetti (2010)

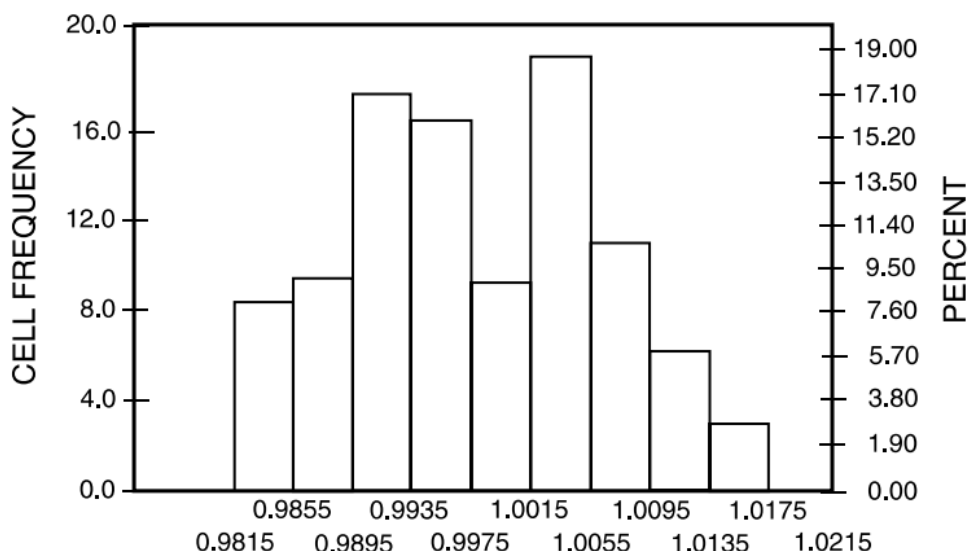
A análise de Pareto mostra de forma visual o impacto de cada um dos eventos estudados, onde, entre várias causas, uma ou duas são responsáveis pela maior parte dos problemas, sendo assim, ao invés buscar a eliminação de todas as causas, torna-se mais prático eliminar a causa principal. (PEINADO; GRAELM, 2007, p. 546).

2.5.7 Histograma

Marshall Júnior (2006, p. 106) define o histograma como um “[...] um gráfico de barras que mostra a distribuição de dados por categoria”.

Segundo Marshall Júnior (2006, p. 107), o histograma agrupa estatisticamente em forma de classes as frequências observadas, onde torna-se possível observar os valores, sua tendência e variabilidade. A Figura 16 representa um histograma contendo a frequência dos dados obtidos e seus valores.

Figura 16. Histograma



Fonte: Pyzdek (2003, p. 377)

Marshall Júnior (2006, p. 107) comenta que o modo como os dados se apresentam no histograma pode obedecer a distribuição normal, assim, podendo ser representados pela curva de sino ou curva de Gauss.

2.6 Lean Manufacturing

Segundo Dennis (2008), o conceito de lean manufacturing, conhecido também como Sistema Toyota de Produção ou produção enxuta, foi desenvolvido no Japão, na Toyota Motor Company em resposta ao modelo Ford de produção em meados da década de 50, devido à incompatibilidade do sistema Ford de produção com o mercado japonês, em relação a disponibilidade de matéria-prima, mão-de-obra e investimentos necessários para adoção deste sistema.

Naquela época a indústria japonesa teve que enfrentar alguns desafios relacionados ao mercado interno, as destruições resultantes das guerras e a concorrência do mercado externo. Com isso o lean manufacturing foi desenvolvido por Taiichi Ohno como um sistema de melhorias que permitisse as indústrias a utilizarem seus recursos de forma mais eficiente (DENNIS, 2008, p. 32).

Para Dennis (2008, p. 32), o lean manufacutring, “[...] representa fazer mais com menos – menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria e menos material – e ao mesmo tempo dar o que os clientes querem”.

Esta racionalização dos recursos proposta pelo lean manufacturing se dá pela mudança de visão do mercado, que através de Dennis (2008), os clientes pagavam pelo alto custo de produção dos produtos, mas com o aumento do fluxo de informação e a grande variedade de produtos, houve a mudança de paradigma na forma de repassar o preço dos produtos para os consumidores.

Ghinato (1996, p. 53) determina o custo “como resultante da combinação de vários recursos aplicados na geração de um produto/serviço. A minimização do custo é obtida pela racionalização na utilização dos recursos necessários”.

Esta redução dos custos segundo Ghinato (1996), é obtida pela eliminação das perdas ou desperdícios, que segundo Dennis (2006, p. 39), significa “[...] qualquer atividade que o cliente não está disposto a pagar [...]”, ou seja, aquelas atividades que não agregam valor ao produto ou serviço. Deste modo para identificar as perdas presentes em um processo, requer um estudo detalhado de todas as suas atividades baseada nos sete desperdícios.

2.6.1 Os sete desperdícios

O sistema de produção criado na década de 50 tinha como principal foco a identificação e posterior eliminação dos desperdícios, com objetivo de reduzir o custo e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes. Portanto, a essência do lean manufacturing é de eliminar os sete desperdícios identificado por Taiichi Ohno. (WERKEMA, 2006, p. 15).

A Figura 17 mostra os sete desperdícios e exemplos relacionados a área administrativa e de prestação de serviços.

Figura 17 – Os sete desperdícios em processos de manufatura

Tipo de desperdício	Exemplos
Defeitos	Erros em faturas, pedidos, cotações de compra de materiais.
Excesso de produção	Processamento e/ou impressão de documentos antes do necessário, aquisição antecipada de materiais.
Estoques	Material de escritório, catálogos de vendas, relatórios.
Processamento desnecessário	Relatórios não necessários ou em excesso, cópias adicionais de documentos, reentrada de dados.
Movimento desnecessário	Caminhadas até o fax, copiadora, almoxarifado.
Transporte desnecessário	Anexos de e-mails em excesso, aprovações múltiplas de um documento.
Espera	Sistema fora do ar ou lento, ramal ocupado, demora na aprovação de um documento.

Fonte: Werkema (2006, p. 16)

Segundo o Werkema (2006), a redução dos desperdícios tem como benefício o aumento da flexibilidade, qualidade, segurança ergonomia, motivação dos empregados, capacidade de inovação, redução do custo, da necessidade de espaço e das exigências de trabalho.

2.6.2 Princípios do lean Manufacturing

Com o objetivo de eliminar os desperdícios, as etapas que não agregam valor e aumentar a eficiência produtiva, Womack e Jones (2003) definem cinco princípios que norteiam o pensamento enxuto (lean thinking), destacando sua finalidade em otimizar o sistema produtivo, são eles: identificação da cadeia de valor especificação do valor, fluxo de valor, produção puxada e busca da perfeição.

Especificação do valor – O primeiro passo é especificar valor para imergir no sistema de produção enxuta. Ele é definido com base no cliente final, onde deve ser identificado o que é o valor para o cliente e suas expectativas. Desta maneira, identificar o valor se torna o primeiro passo para o pensamento enxuto, definindo em termos de produtos e características específicas dos requisitos dos clientes (WOMACK; JONNES, 2003, p. 16).

Identificação da cadeia de valor – A cadeia de valor é um conjunto de atividades ou ações necessárias para produzir um produto ou serviço específico e é

o segundo passo em busca da produção enxuta. A análise da cadeia de valor quase sempre mostrará que três tipos de ações estão ocorrendo ao longo do processo: etapas que geram valor, etapas que não geram valor e etapas que não agregam valor. (WOMACK; JONNES, 2003, p. 20).

Criar Fluxo contínuo – Após a identificação da cadeia de valor e a eliminação das etapas desnecessárias, Werkema (2006, p. 16) comenta que o processo e as atividades restantes devem ocorrer de maneira contínua, onde os efeitos imediatos da adoção de fluxos contínuos podem ser observados no tempo de processamento de pedidos, na redução de estoque e no tempo de concepção de produtos.

Produção puxada – Para Werkema (2006, p. 17) ocorre uma inversão no fluxo do processo, onde, as empresas deixam de produzir em grandes quantidades, gerando grandes estoques, assim empurrando produtos para os consumidores. Deste modo, o sistema produtivo passa a ser puxado pelo consumidor, eliminando a fabricação de produtos em excesso, eliminando estoques e agregando mais valor ao produto.

Busca da perfeição – Werkema (2006, p. 17) comenta que “[...] a busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa”.

2.6.3 Ferramentas do Lean Manufacturing

Neste tópico serão apresentadas as ferramentas presentes no lean manufacturing que foram utilizadas para a execução do estudo.

2.6.3.1 programa 5s

Segundo Carpinetti (2010), o nome do programa faz referência a cinco palavras japonesas que iniciam com a letra “S”, seguindo tradução ocidental com a utilização da palavra “senso”: Seiri (senso de utilização), Seiton (senso de ordenação), Seiso (senso de limpeza), Seiketsu (senso de saúde) , Shitsuke (senso de disciplina).

O Quadro 04 mostra as definições de cada etapa do programa 5's baseadas em Osada (2010, p. 122)

Quadro 04. Definições das etapas do 5S

Seiri (Senso de Utilização) - O senso de utilização é a primeira etapa de implementação do programa, significa separar as coisas úteis das que não são úteis.

Seiton (Senso de Ordenação) - Conhecido também como senso de arrumação é a segunda etapa para a implementação do programa. Consiste em guardar as coisas certas nos locais correto. Com o propósito de aumentar a eficiência produtiva eliminando a perda de tempo por procura de objetos.

Seiso (Senso de limpeza) - trata da limpeza em um aspecto geral. O autor descreveu que o *seiso* aborda a ênfase de inspeção para a limpeza, para ele: "quando a limpeza é feita corretamente, tudo passa a funcionar melhor". Isto expressa a necessidade de observar a real situação de cada local das instalações físicas e a necessidade de manutenção e de manter o ambiente de trabalho limpo e organizado.

Seiketsu (Senso de saúde) – O Seiketsu abrange a saúde nos aspectos físicos e mentais, também tem por objetivo a padronização da organização, procedimentos e limpeza do ambiente de trabalho, tornando a regular as práticas do 5's. O Seiketsu utiliza de ferramentas visuais como cartazes e placas, de fácil identificação e compreensão para indicar os procedimentos em cada setor.

Shitsuke (Senso de Disciplina) – Como última etapa do processo de implementação do 5's, o *Shitsuke* tem o propósito de manter o funcionamento das etapas anteriores, seguindo arrisca os padrões definidos. Trabalhando de forma coletiva, mais sólidos serão os bons resultados, mesmo diante das situações mais difíceis.

Fonte: Adaptado Osada (2010, p. 122)

Para Marshall Junior (2006 p. 116) o 5s "[...] é uma filosofia voltada para a mobilização dos colaboradores, através da implementação de mudanças no ambiente de trabalho, incluindo a eliminação de desperdícios, arrumação de salas e limpezas".

O programa é um instrumento de suma importância para a união dos colaboradores, onde, seu objetivo é mudar a forma de pensar, afim de ter um comportamento melhor tanto na vida profissional quanto na vida pessoal. (MARSHALL JÚNIOR, 2006, p. 116)

2.6.3.2 Dispositivos a prova de erros (poka – yoke)

Segundo Werkema (2006, p.95) o poka-yoke "[...] consiste em um conjunto de procedimentos e/ou dispositivos cujo objetivo é detectar e corrigir erros em um processo antes que esses erros se transformem em defeitos percebidos pelos clientes".

Para Werkema (2006, p.95) “[...] estes dispositivos são representados por qualquer mecanismo que evite que o erro seja cometido ou que faça com que o erro seja óbvio à primeira vista, para que seja facilmente detectado e corrigido [...]”. O autor define duas categorias de poka-yoke:

Dispositivos de prevenção – dispositivo que impede que o erro seja cometido;

- Dispositivo de detecção – são dispositivos que interrompe o processo (poka-yoke de controle) ou emitem um sinal (poka-yoke de advertência).
- Estes dispositivos ainda apresentam três tipos de designs possíveis, como definido por Werkema (2006, p. 98):
- Poka-yoke de contato – Identifica os erros a partir da existência ou não de contato entre o dispositivo e alguma característica ligada à forma ou dimensão do produto. (WERKEMA, 206, p. 98);
- Poka-yoke de conjunto – Determina se um determinado número de atividades previstas foi executado ou e um determinado número de itens ou peças foi utilizado. (WERKEMA, 206, p. 98);
- Poka-yoke de etapas – Determina se todas as operações estabelecidas em um procedimento são executadas na sequência correta. (WERKEMA, 206, p. 98).

2.6.4 Métricas do lean manufacturing

Nesta seção serão mostrados os indicadores utilizados na realização do estudo.

2.6.4.1 tempo de ciclo

Moreira (1999, p. 413) define o tempo de ciclo como o tempo disponível em cada posto de trabalho. Esta definição pode ser completada por Moreira (1999), onde, diz que o tempo de ciclo também pode ser definido como o tempo de execução completa de todas as operações de uma peça ou montagem de um produto, sendo assim, o tempo que representa o ritmo do sistema de produção

Segundo Alvarez et. al (2001), o tempo de ciclo é determinado pelas condições da linha de produção e em função do tempo de processamento de cada máquina e o número de trabalhadores na linha de produção.

Cantídio (2009) comenta que o se tempo de operação nos postos de trabalho forem diferentes, o tempo de ciclo é definido pelo tempo de operação do posto mais lento.

2.6.4.2 takt time

O corresponde ao ritmo de produção necessário para atender a demanda, ou seja, o tempo de produção que têm-se disponível pelo número de unidades a serem produzidas em função da demanda. (CANTIDIO, 2009).

Moreto (1999) comenta que o takt time representa o ciclo de tempo em que cada estação de trabalho deve seguir ou operar para que a demanda do cliente seja atendida. O autor determina que o takt time é obtido dividindo o tempo disponível pela demanda, através da seguinte fórmula:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{demanda\ para\ o\ período}$$

Moreto (1999) afirma que o takt time pode ser equiparado ao tempo de ciclo, Sendo assim, pode-se concluir que o tempo de ciclo coleta do sistema produtivo pode ser comparado com o ritmo de trabalho calculado.

2.6.4.3 lead time

Kosaka (2010) comenta que o lead time é o intervalo de tempo necessário para que o material passe por toda a cadeia do processos, do primeiro até o último e assim, estar pronto para outra etapa.

Fidélis el al (2010) comenta que o lead time é a capacidade do sistema produtivo em atender à solicitação do cliente. Desta forma, quanto menor o tempo de transformação de matéria-prima em produtos acabados, menor será o custo do sistema produtivo no atendimento das necessidades dos clientes.

2.7 Lean Seis Sigma

Segundo Rotondaro (2006) o termo Lean Seis Sigma surgiu na década de 90, tendo como pioneira a Maytag Corporation, fabricante de eletrodoméstico norte-americana.

A abordagem do lean seis Sigma possui uma gama de ferramentas que une o melhor da metodologia seis sigma e do sistema lean manufacturing, que segundo Rotondaro (2006, p. 267), “[...] o seis sigma oferece um leque de ferramentas para identificação, medição e análise de problemas e o sistema lean preconiza a adoção de técnicas e ferramentas para tornar o modo de produção mais competitivo”. O Quadro 05 mostra as principais características do sistema lean e do Seis Sigma.

Quadro 05 – Características da abordagem Seis sigma e Sistema Lean

Seis Sigma	Sistema Lean
Perspectiva de satisfação do cliente	Perspectiva do uso racional dos recursos de produção
Alocação de especialistas para liderar, coordenar e apoiar projetos de melhoria	Participação do pessoal de produção na implementação de <i>best practices</i> do sistema <i>lean</i>
Combate às variações e perdas em geral	Combate aos desperdícios do sistema de produção
Atenção a avaliação financeira dos resultados	Atenção aos indicadores físicos de desempenho
Alinhamento com a estratégia de negócios	Alinhamento com a estratégia de produção
Bem instrumentado para aprimorar projetos de produtos, serviços e processos transacionais	Bem instrumentado para racionalizar processos de produção e movimentação de materiais
Valorização da coleta cuidadosa de dados	Valorização da observação prática dos problemas
Ênfase na aplicação estruturada de métodos quantitativos na análise de problemas	Ênfase na solução prática dos problemas
Possibilidade de pesquisa de soluções otimizantes	Aplicação de regras empíricas na busca de soluções
Desenvolvimento de habilidades para gerenciar projetos	Implementação de melhorias por meio de projetos <i>Kaizen</i>

Fonte: Adaptado Rotondaro (2006, p. 268)

Desta maneira, a integração entre o Seis Sigma e o sistema lean manufacturing supre pontos que as metodologias possuem em pontos específicos na avaliação dos processos, ambos se complementam, onde, o lean manufacturing atua na eliminação das etapas que não agregam valor e dos desperdícios e o seis sigma na potencialização da capacidade do processo.

Com isto, o Lean Seis Sigma contribui de maneira eficaz para a melhoria dos processos de uma organização atuando sobre a causa raiz dos problemas encontrados.

3. METODOLOGIA

Nesta seção serão mostrados os referenciais metodológicos utilizados para a realização do estudo.

Ubirajara (2013, p.10) define a metodologia como uma “descrição concisa, porém completa da metodologia adotada, que permita a checagem da reprodução do estudo e da utilização do procedimento por outros pesquisadores”.

3.1 Abordagem Metodológica

A abordagem metodológica presente na pesquisa está disposta como o estudo de caso, onde Gil (2010, p. 37) define como “[...] estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo detalhamento e conhecimento”.

O estudo também possui natureza comparativa, que segundo Lakatos; Marconi (2009, p. 107), “[...] é usada para comparações de grupos no presente, no passado ou entre os existentes e os do passado”.

Deste modo, o estudo poderá ser aplicado a qualquer setor da indústria metalúrgica, mapeando os fatores que influenciam nos processos, permitindo a síntese de soluções através da análise de suas causas, o controle e a melhoria, de forma fácil e eficiente.

3.2 Caracterização da Pesquisa

Ruiz (2008, p. 48) define pesquisa científica como “a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência”.

A pesquisa pode ser classificada de acordo como os objetivos (descritiva, exploratória e explicativa), quanto aos meios (bibliográfica, documental, de campo e

estudo de caso) e as abordagens (quantitativa, qualitativa). (UBIRAJARA, 2013, P. 10).

3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins

Segundo Ubirajara (2011, p. 117), “quanto aos objetivos propostos, as pesquisas podem ser classificadas como: exploratórias, descritivas e explicativas”

As pesquisas exploratórias segundo Ubirajara (2011, p. 117) “[...] visam proporcionar maior familiaridade com o problema, fenômeno ou fato, tornando-os mais explícitos ou construir hipóteses sobre eles”.

Deste modo Vergara (2009, p. 47), afirma que: “[...] a investigação exploratória é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado”.

As pesquisas descritivas têm como objetivo segundo Ubirajara (2011, p. 117) “a descrição de características de determinada população ou fenômeno, estabelecendo uma relação entre as variáveis”.

As pesquisas explicativas segundo Ubirajara (2011, p. 117) “têm como foco identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno”.

Desta maneira o presente estudo apresenta características de pesquisa descritiva e explicativa uma vez que descreve o método de funcionamento do processo de produção da empresa e explica a causa das variações no desempenho do mesmo.

3.2.2 Quanto ao objeto ou meios

O objeto de estudo trata-se de uma empresa do setor metalúrgico, onde foi realizado o trabalho de campo com observação direta de seus processos produtivos.

O presente estudo mostrou características de estudo bibliográfico, uma vez que todas as análises e conceitos foram obtidas seguindo recomendações presentes na literatura. Segundo Ubirajara (2014, p. 42), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir das fontes já estabelecidas em forma de livros, artigos científicos, publicações periódicas.

De acordo com Fachin (2003, p. 32):

A pesquisa bibliográfica diz respeito ao conjunto de conhecimentos humanos reunidos nas obras. Tem como finalidade fundamental conduzir o leitor a determinado assunto e proporcionar a produção, coleção, armazenamento, reprodução utilização e comunicação das informações coletadas para o desempenho da pesquisa. (FACHIN, 2003, p. 32)

O estudo também possui características de pesquisa documental, que de acordo com Ubirajara (2014, p. 42), é semelhante a pesquisa bibliográfica, mas a principal diferença é que esta não recebe tratamento analítico. Deste modo, a pesquisa de campo segundo Fachin (2003, p. 34):

Detêm-se na observação do contexto no qual é detectado um fato social (problema), que a princípio passa a ser examinado e, posteriormente, é encaminhado para explicações por meio dos métodos e das técnicas específicas. (FACHIN, 2003, p. 34).

Conforme Lakatos; Marconi (2009, p. 164), o estudo pode ter limitação relacionada ao objeto “[...] que consiste na escolha de maior ou menor número de variáveis que intervêm no fenômeno a ser estudado”.

O presente estudo está classificado como estudo de caso, que segundo Gil (2011, p. 58) “é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados” e também como pesquisa de campo conforme Fachin (2003, p. 34).

3.2.3 Quanto ao tratamento dos dados

A abordagem dos dados pode ocorrer de forma quantitativa apresentando dados mensuráveis, perfis estatísticos, com ou sem cruzamento de variáveis. E qualitativa, que apresentada uma análise de compreensão, interpretação do problema ou do fenômeno, segundo Ubirajara (2014, p. 50).

No presente o estudo a abordagem ocorreu primeiramente de maneira quantitativa uma vez que, utilizou ferramentas estatísticas para análise dos problemas. Utilizou também abordagem qualitativa, pois, a busca da causa dos problemas e das soluções envolveu a interpretação dos eventos observados.

3.3 Instrumentos de Pesquisa

Para Marconi; Lakatos (2009, p. 157) a pesquisa “[...] é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade”. Sendo assim, Marconi; Lakatos (2009, p. 167) comentam que a etapa e pesquisa “[...] se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, a fim de se efetuar a coleta dos dados previstos”.

Segundo Ubirajara (2014, p. 124), vários são os meios ou instrumentos de coleta de dados que podem ser apontados como entrevistas, questionários, observação pessoal, formulários, entre outros.

Deste modo o presente estudo para contabilizar o tempo de processamento utilizou formulários que de acordo com Lakatos; Marconi (2009, p. 214) é um dos instrumentos elementares para a investigação de um fenômeno, onde o método de coleta de dados consiste em obter informações diretamente do entrevistado.

3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa

Para Lakatos e Marconi (2009, p. 165) o universo “[...] é um conjunto de informações que lhe possibilitará a escolha da amostra, que deve ser representativa ou significativa” e a amostra “[...] é uma parcela convenientemente selecionada do universo”.

O universo é um conjunto de elementos que possuem as características que serão objetos de estudo segundo Ubirajara (2014). Desta forma, o universo correspondente ao estudo foi a linha de produção e a amostra foram os postos de trabalho.

3.5 Definição das Variáveis e Indicadores da Pesquisa

Através da fundamentação, dos objetivos específicos e do conhecimento das necessidades da empresa, foi possível criar indicadores e variáveis acerca da avaliação do processo utilizando o Lean Seis Sigma, conforme Quadro 06

Quadro 06 – Variáveis e indicadores da pesquisa

Variável	Indicadores
Caracterizar o processo produtivo	Fluxograma
	<i>Lead time</i>
	<i>Takt time</i>
Análise do desempenho dos subprocessos	Histograma
	Gráfico de Pareto
	Diagrama de causa-efeito
Determinar o nível sigma do processo	Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)
Propor plano de melhorias	5w2h

Fonte: Autor (2016)

Desta maneira, baseados em estudos presentes na literatura, o corpo de variáveis e indicadores foram de fundamental importância para o estudo.

3.6 Plano de Registro e Análise dos Dados

Os dados para a avaliação dos processos foram obtidos utilizando folha de verificação para classificar e quantificar a quantidade de defeitos presentes nos produtos, e a carta de controle onde serão registrados os tempos de produção em cada etapa do processo em que serão realizadas análises críticas sobre tais aspectos.

A medida do nível sigma foi feita através da quantificação dos defeitos que apareceu no produto final da linha de produção, após o subprocesso de pintura, envolvendo o número máximo de 57 produtos inspecionado no período do estudo, compreendido entre junho e dezembro de 2016. Neste mesmos período, foram coletados os tempos de ciclo para cada estação de trabalho, em que devido ao ritmo lento de operação foi possível coletar 20 amostras para cada estação.

Através das análises dos fatores que interferem no desempenho dos processos foi proposto um plano de ação utilizando o 5w2h com soluções de médio e longo prazo para os problemas encontrados.

A análise do resultado das melhorias foi obtida através da coleta dos novos tempos de ciclo, totalizando 20 amostras.

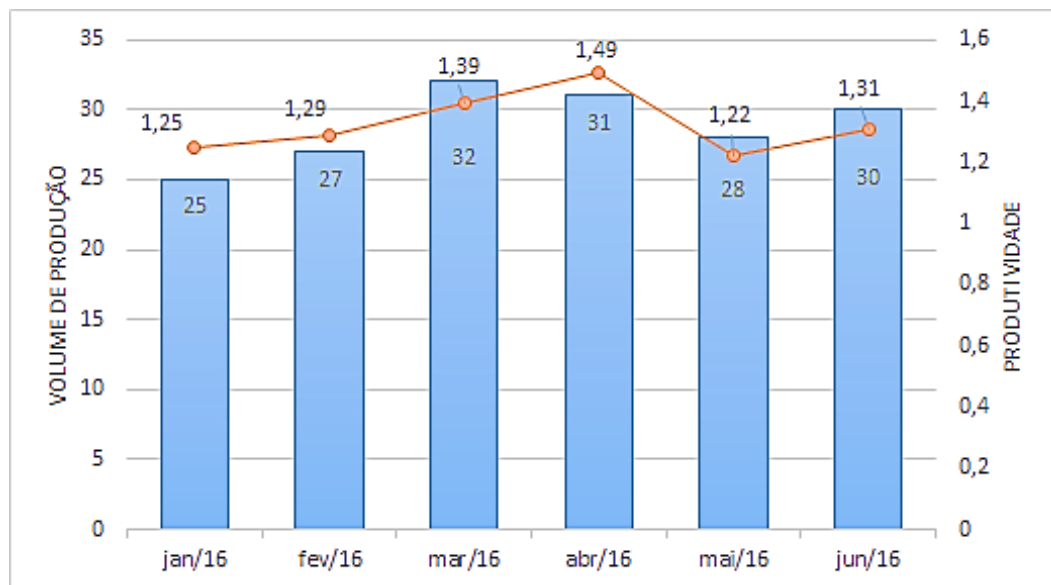
Foram utilizados o MS Excel para a construção do gráfico de Pareto e do 5w2h e o MiniTab 17 para a construção dos histogramas e diagrama de causa-efeito.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos através da análise dos aspectos que envolvem o setor produtivo da empresa em estudo, utilizando a metodologia lean seis sigma, nos quais os passos para execução da análise foram regidos pela metodologia DMAIC.

Como ponto de partida para a realização do estudo, foi executada a primeira etapa do Dmaic, a de definição (D). Nela foi verificado se a empresa possuía registros sobre o desempenho do processo de produção ou alguma forma de controle definida do sistema produtivo. Através disso foi constatado que a mesma só possuía dados referentes ao histórico da quantidade de produtos produzidos no período de seis meses anteriores ao estudo, compreendido entre janeiro e junho de 2016. A Gráfico 18 representa o gráfico de barras para o volume de produtos produzidos mensalmente (barras verticais) e a quantidade de produtos produzidos diariamente (linha contínua).

Figura 18. Histórico de produção da empresa



Fonte: Autor (2017)

Este histórico de desempenho foi analisado e foi constatado que a empresa conseguia produzir em média cerca de 1,32 produtos por dia. Para verificar se tal

desempenho apresentado no histórico era satisfatório ou não, primeiramente foi calculado o *takt time*.

O *takt time* representa a velocidade ou o ritmo em que o cliente necessita de saída do produto para o mercado, de acordo com sua demanda. Para sua determinação foi coletada junto ao setor administrativo uma demanda média mensal de 33 produtos para o período de quatro meses a partir do início do estudo, compreendido de agosto a novembro de 2016. Também junto ao setor administrativo, foi verificado que a carga horária de trabalho semanal é de 44 horas, o que representa uma disponibilidade de 176 horas por mês. A partir da prospecção destes valores o *takt time* pôde ser calculado dividindo a quantidade de horas disponíveis pela demanda média mensal:

$$Takt\ time = \frac{176}{33} = 5,3\ horas/produto$$

O cálculo do *takt time* resultou em um ritmo a ser atingido de um produto a cada 5,3 horas. Ao considerar o dia de trabalho com carga horária de 8 horas, este valor calculado através do *takt time* gera uma produção diária de 1,51 produtos. Com isto, foi possível concluir que o desempenho médio apresentado no histórico (1,32 produtos/dia) está 12,6% abaixo do desempenho diário calculado utilizando o *takt time*, assim, se tornando insatisfatório.

Paralelamente, foi verificado a ocorrência de defeitos nos produtos que resultavam em sucessivos retrabalhos. Diante disso, foram levantadas duas hipóteses com relação às causas deste baixo desempenho de produção diária:

- A quantidade de defeitos gerado no processo influencia no desempenho produtivo;
- A falta de controle na execução das operações impossibilita um ótimo desempenho do processo produtivo.

Ao levantar as hipóteses foi possível verificar que seria possível utilizar o tempo de ciclo, o *lead time* e os defeitos por milhão de oportunidade (DPMO) como indicadores de desempenho do processo e como parâmetro para alinhar o desempenho do processo foi utilizado o *takt time*. Sendo assim, a meta foi atingir este parâmetro, com o prazo de 150 dias para a realização do estudo.

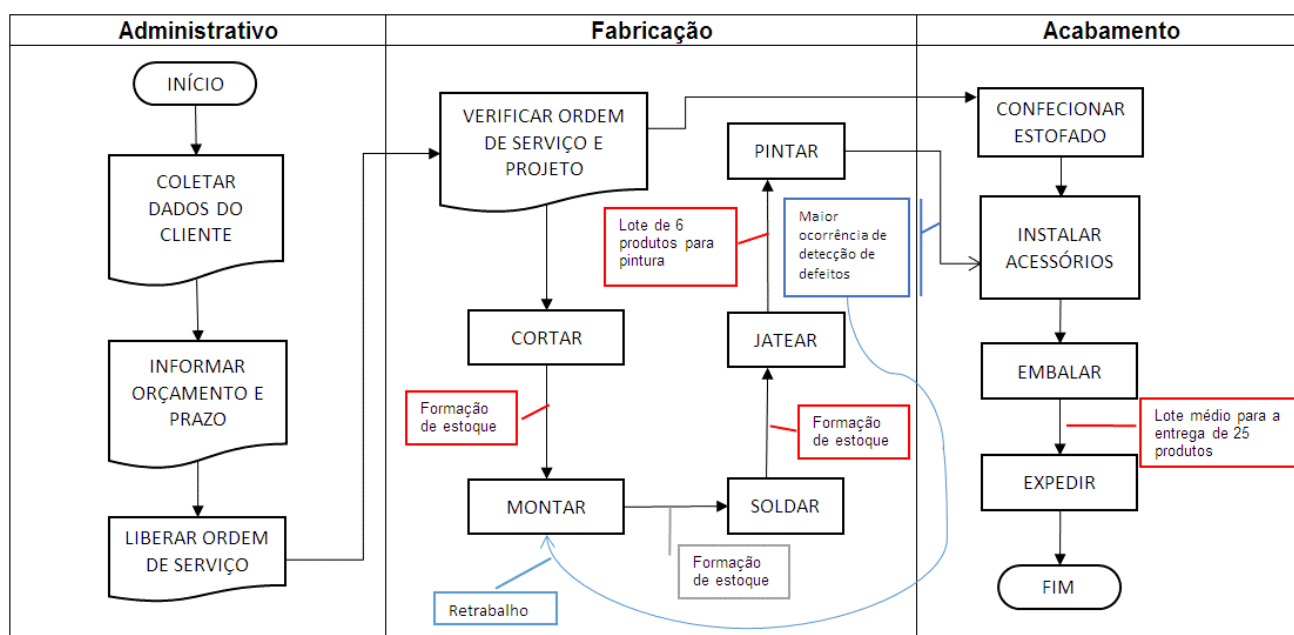
4.1. Caracterização do processo produtivo

Na segunda etapa do Dmaic, etapa medir, foi executado o mapeamento do processo, em que foi construído um fluxograma setorial, onde foram elencadas as principais etapas do processo de forma macro, distribuídas em seus respectivos setores, conforme Figura 19. O macroprocesso foi dividido em três setores: administrativo, o de fabricação e o de acabamento.

O setor administrativo é integrado com o de vendas, sendo assim, é responsável além dos subprocessos de rotina da parte administrativa da empresa, mas também contempla subprocessos relacionados as vendas como a prospecção de clientes, coleta de dados, orçamentos e liberação de ordens de serviço.

Já o setor de produção foi dividido em dois setores: o de fabricação que compreendem os subprocessos responsáveis pelas principais transformações nas características dos produtos e consomem a maior parte do tempo de produção e o setor de acabamento, onde é formado pelos subprocessos responsáveis pela finalização do produto acabado.

Figura 19 – Fluxograma setorial da empresa.



Fonte: Autor (2017)

O processo produtivo da empresa envolve duas grandes áreas, a de administração e a de produção, sendo a ultima dividida em dois setores: fabricação e acabamento. No setor de fabricação existem cinco subprocessos, que são os de

corte, montagem, soldagem, jateamento e pintura, enquanto que o setor de acabamento possui um subprocesso, o de confecção de estofados.

Na execução do mapeamento foi observada a presença de estoque entre os subprocessos. Os estoques formados entre os subprocessos de jateamento e pintura ocorre devido ao subprocesso de pintura ser executado em lote de seis produtos em média, por isso há a formação de estoque. Em relação aos estoques formados entre os outros subprocessos, como corte, montagem, soldagem e jateamento são frutos da perda de desempenho do processo e do desbalanceamento da linha de produção.

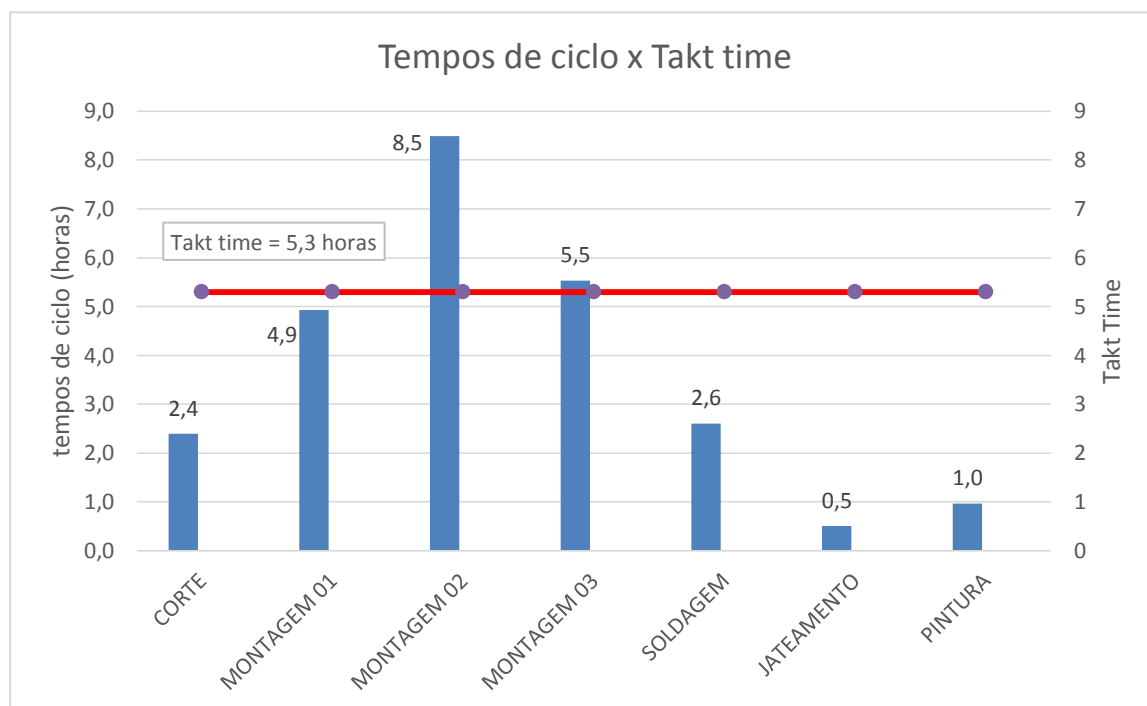
Outro ponto observado durante a execução do mapeamento a grande quantidade de defeitos detectados entre os subprocessos de pintura e a instalação dos acessórios, sendo assim um ponto frágil, pois, a maioria dos recursos aplicados para a transformação do produto até este ponto pode ser perdida.

4.1.1. Cálculo dos indicadores do processo

Continuando a etapa medir do ciclo Dmaic, foi realizado o cálculo dos indicadores de desempenho dos subprocessos.

Em primeiro momento foi calculado o tempo de ciclo, que representa o tempo em que o produto passa em cada setor ou estação de trabalho, além disso, o tempo de ciclo da linha de produção é compreendido pelo maior tempo de ciclo entre todas as estações. Deste modo, como mencionado no plano de registro de dados da metodologia, foram coletadas 20 amostras do tempo de execução de cada operação em cada posto de trabalho e através disso foram calculados seus respectivos tempos de ciclo, considerando a média de tempo em que o produto passa em cada estação, conforme Apêndice A. Através destes tempos de ciclo coletados foi construído um gráfico de barras em que compara o tempo de ciclo de cada estação de trabalho em seus respectivos subprocessos com o ritmo de trabalho requerido pelo *takt time*, conforme mostra a Figura 20.

Figura 20. Tempo de ciclo x takt time



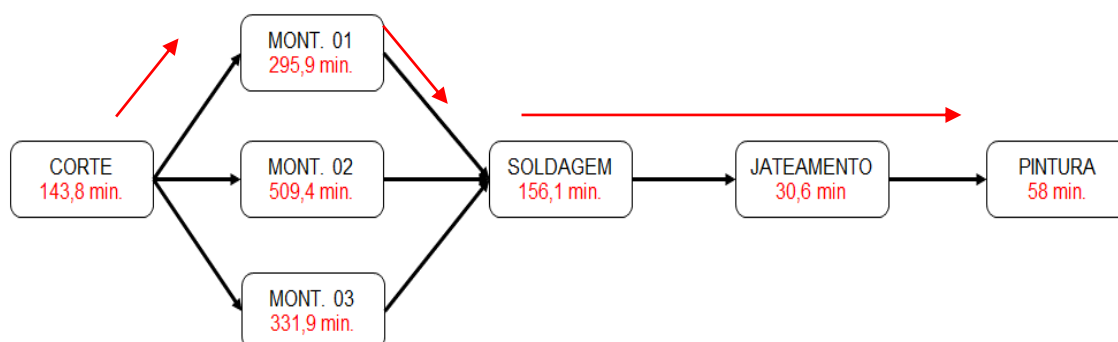
Fonte: Autor (2017)

Conforme a Figura 20, os tempos de ciclo que ultrapassaram o ritmo de trabalho requerido foram os da montagem 02 e montagem 03, onde os valores registrados foram de 8,5 e 5,5 horas, respectivamente. Estes valores encontrados não são compatíveis com o ritmo de trabalho calculado através do takt time, cerca de 5,3 horas. Esta desproporção do desempenho da montagem 02 diante das outras estações de trabalho do subprocesso de montagem assim como dos outros subprocessos foi analisada na etapa analisar da metodologia DMAIC.

Outro indicador utilizado no estudo para a medida do desempenho da linha de produção foi o *lead time*, que mostra quanto tempo dura a passagem do produto por toda a linha de produção, desde o primeiro ao último processo.

Contudo o cálculo foi realizado sobre o tempo de ciclo de cada estação de trabalho. Sendo assim, foi construído um fluxograma linear, conforme a Figura 21, constituído da quantidade de estações de trabalho presente em cada subprocesso, também foi aferida neste mesmo fluxograma o tempo de ciclo de cada etapa em minutos destacados na cor vermelha, além do indicativo do fluxo de cálculo do lead time representada pela seta externa (vermelha).

Figura 21. Fluxograma linear dos subprocessos.



Fonte: Autor (2017)

O cálculo do *lead time* foi obtido através da soma do tempo de ciclo de cada estação de trabalho, considerando o fluxo do processo. Deste modo, foi observado o fluxo do processo por onde o produto leva o menor tempo para ser fabricado, permitindo o cálculo através da soma dos tempos de ciclo da estação de corte, montagem 01, soldagem, jateamento e pintura, conforme indicado na Figura acima.

Desta forma, o lead time calculado e convertido para horas, foi de 11,42 horas, ou seja, o produto leva esta quantidade de tempo para percorrer todo o percurso, do início ao fim do processo na linha de produção resultando na produção diária de 0,7 produtos por dia.

4.2. Cálculo do nível sigma no final da linha de produção.

O cálculo do nível sigma foi outro parâmetro utilizado para medir desempenho do processo, assim como os outros, *lead time* e tempo de ciclo, foi executado na etapa medir (M) do Dmaic.

O nível sigma representa a capacidade do processo em gerar defeitos. Partindo desta premissa, para realizar o cálculo do nível sigma, foram coletados dados referentes aos números de defeitos que os produtos apresentam no fim do processo, como mostrado na Figura 23. O ponto de análise foi após a finalização do subprocesso de pintura, o que coincide com o final da linha de produção do setor de fabricação que como mostrado no mapeamento do processo, é o local onde ocorre a maior detecção dos defeitos.

Este ponto de verificação foi escolhido devido a criticidade do nível de retrabalho associado, no qual ocorre a eminência do retrocesso de uma etapa de

finalização do produto para uma etapa qualquer da linha de fabricação, assim, perdendo a maioria dos recursos aplicados. Também foi observado que a maioria dos defeitos eram verificados somente após a finalização do produto.

Figura 23 – Folha de verificação para defeitos.

Folha de verificação para classificação de defeitos apresentados após o último subprocesso da linha de fabricação.		
TOTAL DE INSPECIONADO:		52
DEFEITOS	QUANTIDADE	QUANTIDADE
Soldagem (acabamento)	////	4
Empeno	////	4
Dimensão	//	2
Pintura arranhada	/	1
Falta de componente	/	1
Acabamento	/	1
Bolhas na pintura	/	1
	TOTAL DE DEFEITOS	14
	TOTAL DE RETRABALHOS	6

Fonte: Autor (2017)

Desta maneira, utilizando os dados coletados na folha de verificação, foi possível fazer o cálculo do DPMO para atributos, neste caso, defeitos. No universo de 52 produtos inspecionados foi verificada a ocorrência de 14 defeitos. Substituindo os valores dos atributos na fórmula defeitos por unidade (DPU) foi possível obter o seguinte valor:

$$DPU = \frac{n^{\circ} \text{ de defeitos}}{n^{\circ} \text{ de unidades}} = \frac{14}{52} = 0,269230 \text{ defeito}$$

Este resultado significa que para cada unidade de produto produzido pode ocorrer potencialmente a presença de 0,269230 defeitos, ou seja, em valores inteiros, é esperado a presença de um defeito a cada 4 produtos, podendo aparecer mais de um defeito em um produto ou produtos com nenhum defeito, pois trata-se de um valor médio. Através deste valor obtido usando o DPU foi possível realizar o cálculo do DPMO, através de:

$$DPMO = DPU * 10^6 = 0,269230 * 10^6 = 269.230 \text{ defeitos}$$

Este valor obtido no cálculo do DPMO indica que o processo ao produzir um milhão de unidades de produtos, potencialmente tem a capacidade de produzir cerca

de 269.230 defeitos. Este número potencial de defeitos confere a empresa um nível 2 sigma, como mostrado na Figura 07 na subseção 2.4.1.

A terceira etapa do ciclo DMAIC é responsável pela análise das causas dos desvios no desempenho das variáveis coletadas na etapa medir. A tabela completa utilizada para o cálculo do tempo de ciclo médio e os desvios-padrões de cada estação está presente no Apêndice A.

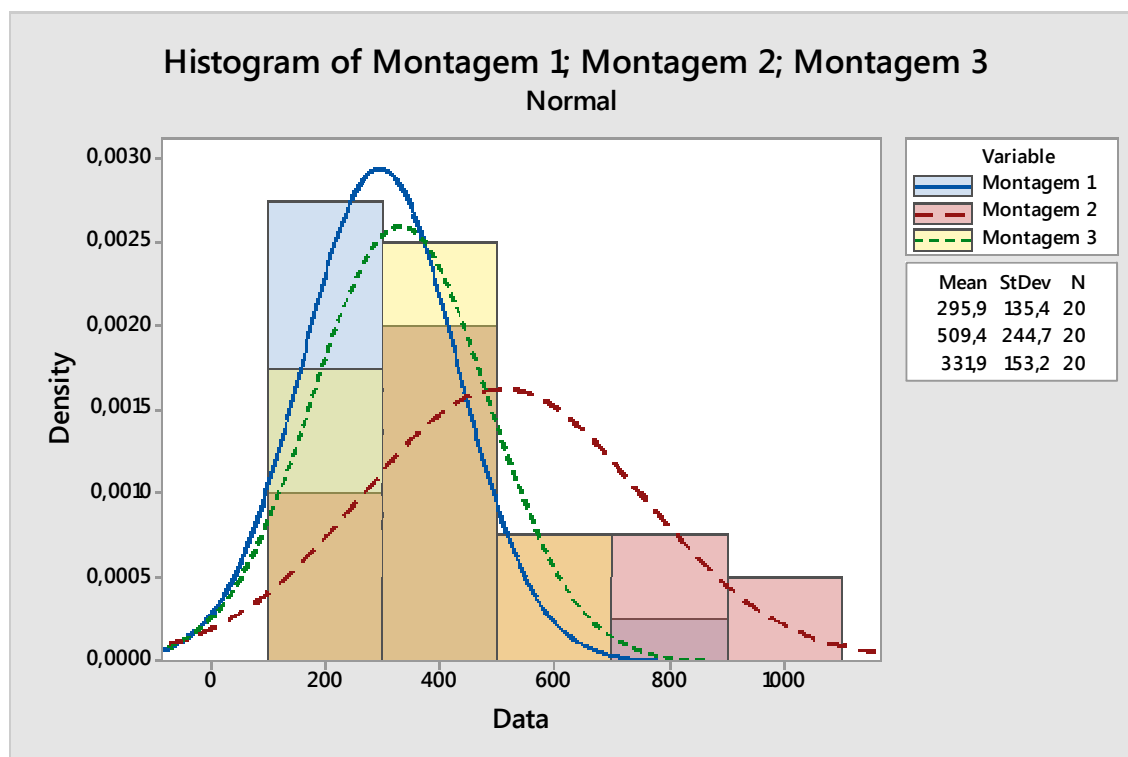
4.3. Análise das variações nos subprocessos da linha de fabricação

A análise das variações no desempenho dos subprocessos foram executadas na terceira etapa do ciclo Dmaic, etapa analisar A.

Para tal análise foram construídas curvas de Gauss sobre um histograma. Graficamente, o formato de “sino” de uma curva de Gauss, está relacionada diretamente com o quanto o desempenho do processo está variando, ou seja, quanto mais larga for a base e menor a altura da curva, maior é a variabilidade ou variação dos valores coletados do processo.

A Figura 23 mostra a três histogramas sobrepostos para o subprocesso de montagem e suas estações de trabalho 1, 2 e 3, respectivamente. Nestes histogramas podem ser observadas as diferenças na forma e posição da curva, indicando desempenhos diferentes, no qual, a linha continua (azul) representa a montagem 1, a curva tracejada (vermelha) a montagem 2 e a curva pontilhada (verde) a montagem 3.

Figura 23 – Histograma do subprocesso Montagem



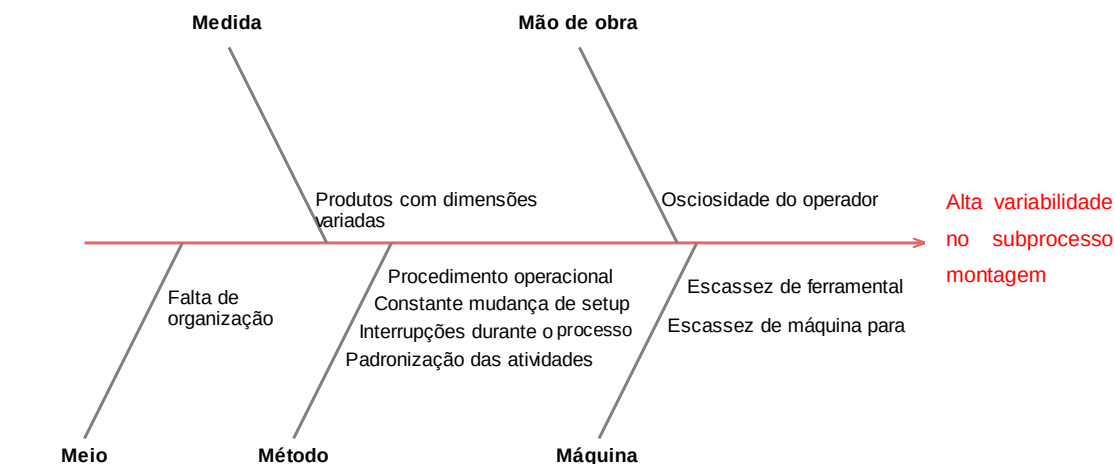
Fonte: Autor (2016)

Desta maneira, a Figura 23 revela que operadores de cada montagem 1, 2 e 3 executam suas atividades em tempos médios diferentes, cerca de 295,9 minutos, 331,9 minutos e 509,4 minutos, respectivamente. Portanto, caracterizou a perda de desempenho de um em relação ao outro, além do aumento da variação ou desvio padrão, refletido na base mais larga e menor altura das curvas.

Deste modo, o melhor desempenho entre os operadores da montagem foi o da montagem 1, cuja a média de execução e o desvio-padrão são os menores, ou seja, além de executar mais rápido os valores coletados estão mais próximo da média de 295,9 minutos, assim apresentando uma maior estabilidade na execução do processo.

Através da observação da diferença do desempenho entre as estações de trabalho 01, 02 e 02 do subprocesso montagem, foi realizado um brainstorming utilizando a pergunta: “quais as possíveis causas que provocam as variações nos desempenhos das estações de trabalho?”. Assim foi possível levantar as possíveis causas das variações para o subprocesso em questão, onde, com as respostas obtidas foi construído um diagrama de causa efeito representando os três postos de montagem, onde foram listadas as possíveis causas, conforme mostra a Figura 24.

Figura 24 – Diagrama de causa-efeito para o subprocesso montagem

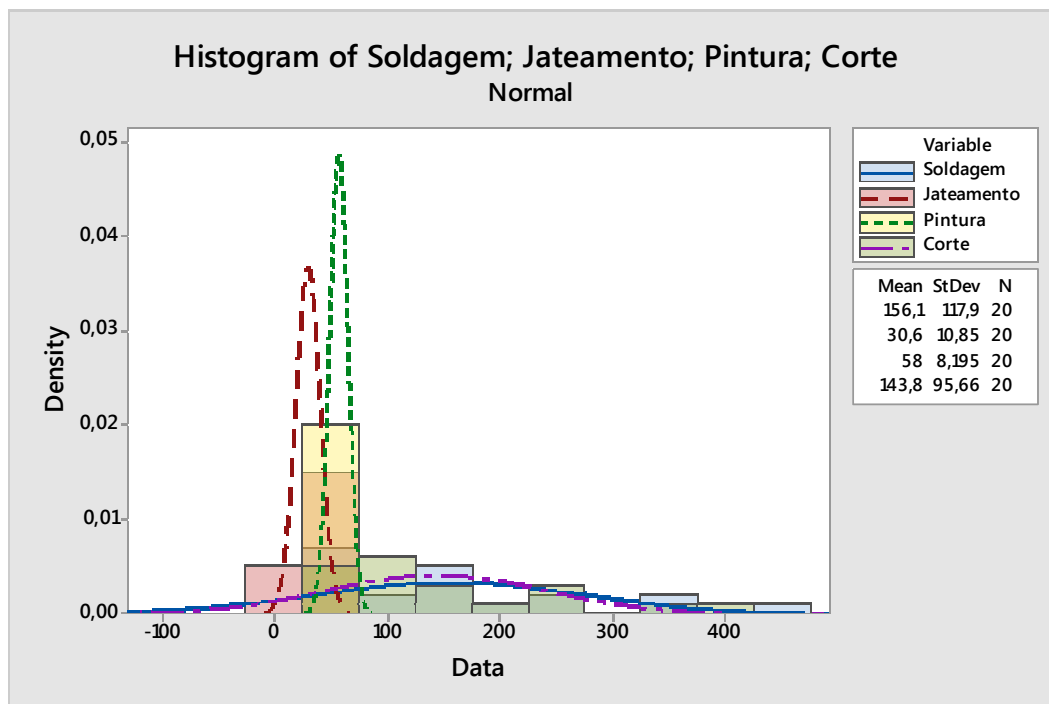


Fonte: Autor (2016)

Segundo o levantamento das possíveis causas, o método conforme a Figura 25 apresentou a maior contribuição para a diferença nos desempenhos entre as estações de trabalho e para a alta variação nas operações de cada uma.

Na Figura 25 é mostrado o gráfico com a superposição do histograma com curva de Gauss para os subprocessos de soldagem, jateamento, pintura e corte, onde os comportamentos das curvas referentes a cada subprocesso apresentam-se em extremos opostos.

Figura 25 – Histograma dos subprocessos



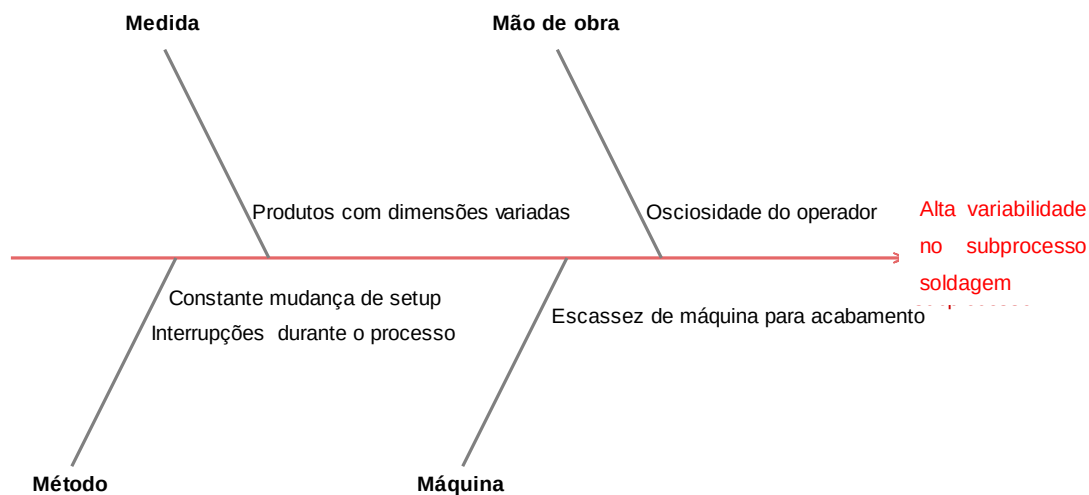
Fonte: Autor (2016)

Seguindo a mesma linha de raciocínio apresentado na análise do subprocesso de montagem, na Figura 25, os subprocessos que possuem as menores médias e desvio-padrões de acordo com a tabela presente no Apêndice A são os de pintura e jateamento, representados pelas linhas verde e vermelho, respectivamente. A baixa variabilidade destes subprocessos graficamente, estão representadas pelas curvas de base achatada e pela alta densidade dos valores dos tempos de ciclo em relação ao tempo médio.

De maneira contrária aos subprocessos de pintura e jateamento, os subprocessos de corte (azul) e soldagem (roxo) apresentaram os piores desempenhos em termos de variabilidade. De acordo com a Figura 25, além da base da curva ser muito larga frente aos outros subprocessos, a densidade dos valores dos tempos de produção frente ao valor médio é muito baixa. Isto resulta em uma alta variabilidade, afetando o desempenho da linha de produção.

Através do *brainstorming* foi construído um diagrama de causa e efeito para o subprocesso de soldagem afim de encontrar as possíveis causas das variações no seu desempenho, com mostra a Figura 26.

Figura 26– Diagrama de causa-efeito para o subprocesso soldagem

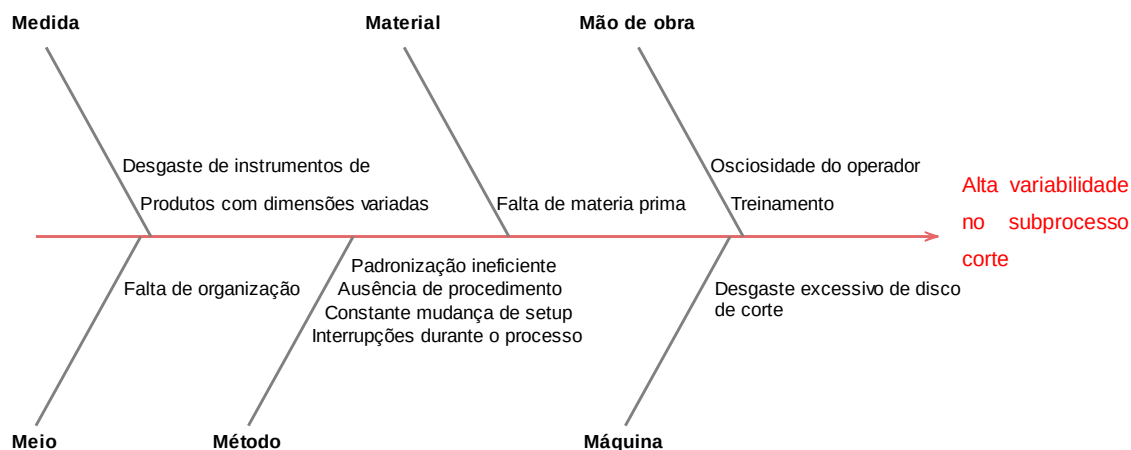


Fonte: Autor (2016)

Desta forma foi possível observar a predominância das possíveis fontes de variações relacionadas à mão de obra, método, máquina e medida.

Assim no subprocesso de soldagem como na montagem, o brainstorming indicou que método ainda possui a maior quantidade de causas para a variação, o mesmo está apresentado para o corte, conforme mostra Figura 27.

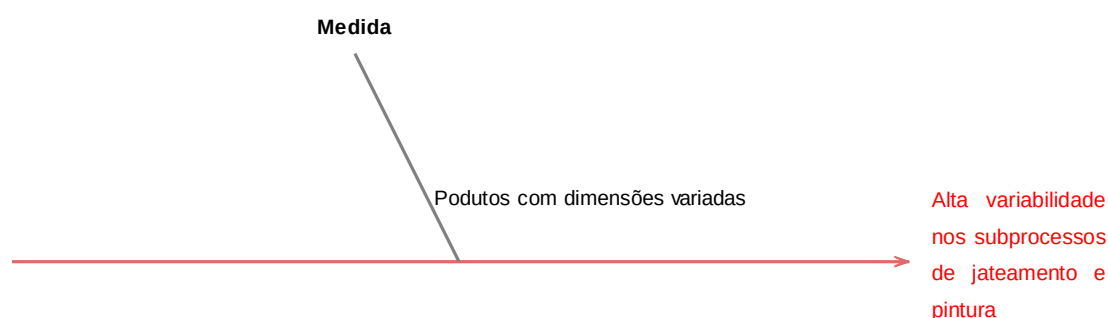
Figura 27 – Diagrama de causa-efeito para o subprocesso corte.



Fonte: Autor (2017)

Para os subprocessos de pintura e jateamento foi observado através realização do brainstorming que as causas de variações se apresentam unicamente na forma de medida, em que devido os produtos possuírem dimensões diferentes ocorre um acréscimo ou a diminuição do tempo de execução da atividade, como mostra a Figura 28.

Figura 28 – Diagrama de causa-efeito para os subprocessos pintura e jateamento

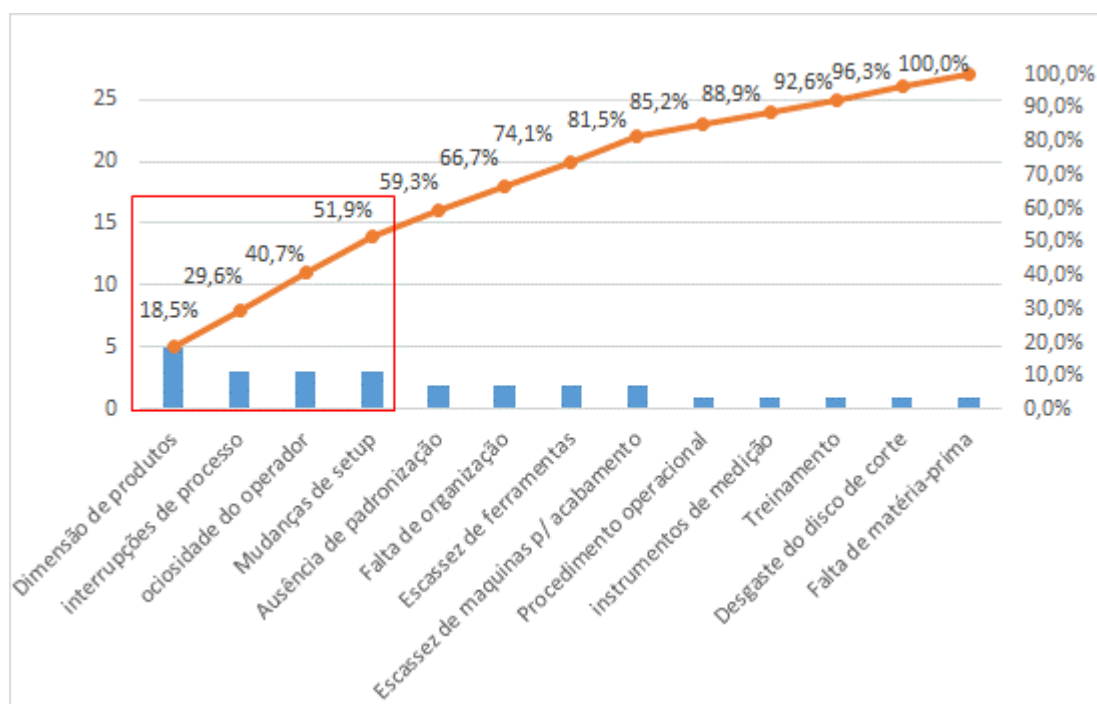


Fonte: Autor (2017)

O processo de pintura e jateamento apresentam apenas uma única possível causa devido à baixa interferência externa que ocorre na operação.

Diante de todas as possíveis causas de variações dos subprocessos levantadas, como meio de priorização das mais frequentes foi construído o gráfico de Pareto, com o intuito de identificar a causa que possui maior relevância, de acordo com a frequência em que se repetem nos diagramas de causa-efeito para cada subprocesso, como mostrado na Figura 29.

Figura 29 – Gráfico de Pareto para fontes de variações



Fonte: Autor (2017)

Após a construção do gráfico de Pareto foi constatado que a dimensão do produto foi a possível causa que ocorreu com maior frequência nos diagramas de

causa e efeito construídos, cerca de 18,5%. As possíveis causas relacionadas a interrupções de processo, ociosidade do operador e mudanças de *setup* somadas a de dimensão do produto representam cerca de 30,7% da quantidade total de possíveis causas apresentadas, onde em conjunto, apresentam cerca de 51,9% da frequência total. Em outras palavras, 30,7% das possíveis causas apresentadas têm uma parcela de 51,9% de contribuição para a perda de desempenho do processo, enquanto que 69,3% da quantidade total de causas correspondem a 48% dos efeitos negativos sobre o processo.

Como não foi possível analisar as causas raízes para todas as possíveis causas, foi aplicada a técnica dos 5 “porquês” para as causas de maiores relevâncias, ou seja, a menor proporção de causas que prouzem os maiores efeitos nos processos. Sendo assim as possíveis causas investigadas foram: dimensões de produtos, interrupções de processo, ociosidade do operador e mudanças de *setup*, que juntas correspondem a 30,7% das causas totais e 51,9% de contribuição para a perda de desempenho do processo, conforme Quadro 07.

Quadro 07. Utilização dos 5 “porquês para as causas frequentes

Técnica dos 5 “Porquês”				
	Dimensão de produtos	Interrupções de processo	Ociosidade dos operadores	Mudanças de setup
1 Porquê?	Por que os produtos possuem características dimensionais diferentes.	Os operadores interrompem suas atividades para executarem outras que não faz parte do escopo do seu processo.	Os operadores saem das estações de trabalho varias vezes durante o processo e as vezes demoram.	Ocorre mudanças de <i>setups</i> em meio aos processos.
2 Porquê?	Por que não foram projetados para reduzirem o impacto das variações nas dimensões nos processos.	Para reduzirem os atrasos na entrega do produto.	Saem para fazer necessidades pessoais e mantem conversas paralelas	Para atender pedidos atrasados ou tidos como urgentes
3 Porquê?	Por que quem projetou os produtos não levou em consideração as características e desempenho do processo.	Por que as interferências nos processos geram os atrasos.	A disciplina com relação ao comprometimento total com a execução do processo não é cobrada.	Não ocorre o planejamento da produção.
4 Porquê?		Por que ocorrem desordenadamente, sem critério definido.	Por que não possui nenhum responsável para monitorar as atividades da equipe.	Não possui nenhum responsável pela parte do planejamento
5 Porquê?		Por que não possui nenhum responsável pelo controle do processo.		

Fonte: Autor (2017)

Através da utilização dos 5 “porquês” foi possível determinar as causas-raízes responsáveis pelas variações no desempenho dos processos, na qual, a maior porção está relacionada à falta de supervisão e controle das atividades.

4.4. Plano de melhorais

O plano de melhoria foi executado mediante a etapa melhorar (I) referente ao metodologia Dmaic. Através da identificação das causas-raízes para as variações no desempenho dos subprocessos e conseqüentemente o não atendimento do takt time, foi elaborado um plano de ação utilizando o 5w2h, onde foram adotadas quatro ações, conforme mostra o Quadro 09.

Quadro 09 – Plano de melhorias

N°	O que?	Quem?	Onde?	Quando?		Por que?	Como?	Custo	Status
				Início	Fim				
1	Contratar encarregado de produção.	Administradora	Departamento administrativo	1/12/2016	11/12/2016	Para supervisionar as atividades dos colaboradores, controlar ritmo e continuidade dos processos, minimizar a interrupção do fluxo, mudança de setup desnecessária e a ociosidade.	Recrutamento interno.	R\$1.560,00 (valor médio do mercado)	não acatado
2	Implementar o programa 5'S.	Alta gerência	Em toda a fábrica	6/12/2017	24/4/2017	Para minimizar a perda de tempo associada a falta de organização e criar uma cultura organizacional com foco na redução dos desperdícios.	Treinando os colaboradores acerca do 5'S e definir equipe responsável pela implementação.	Não pode ser determinado	não acatado
3	implementar a padronização	Projetista Terceirizado	Setor produtivo	14/9/2016	31/01/2017	Para garantir que todas as atividades (gerenciais ou não) e produtos sejam feitos da mesma forma, garantindo a repetibilidade e reprodutividade.	Criação padrões e procedimentos, utilizando ferramentas CAD e office.	Sem custo	Implementando
4	Criar dispositivos poka-yoke de contato	Projetista Terceirizado	processo de montagem	17/1/2017	10/3/2017	Para restringir os graus de liberdade na forma de montagem e de processamento da matéria prima, evitando a propagação de defeitos.	Utilizar ferramentas para determinar e fixar pontos e posições em que os componentes devem ser montados	Sem custo	Implementando
5	Verificar e determinar quais componentes serão compatibilizados pelos produtos.	Projetista Terceirizado	processo de montagem	12/3/2017	30/3/2017	Tornar padrão componentes estruturais entre os produtos para reduzir a gama de componentes existentes e aumentar a agilidade dos processos.	Reprojetar componentes utilizando ferramentas CAD	Sem custo	Implementando

Fonte: Autor (2016)

As ações 1 e 2 do plano de melhorias têm como objetivo melhorar o desempenho dos processos através do controle, monitoramento das atividades, organização e disciplinar a equipe, enquanto que as ações 3,4 e 5 irão contribuir através do aumento da agilidade de corte da matéria-prima e montagem do produto, assim como a melhoria da qualidade mediante a redução de criação de defeitos.

Também irão contribuir na redução dos defeitos apresentados nos produtos e na criação de método de trabalho.

4.4.1. Veredito do plano de melhorias

A análise realizada apresenta-se de grande relevância para empresa, onde foi possível verificar as deficiências e analisar suas causas, onde culminou em um conjunto de ações. Devido à instabilidade do mercado e a falta de disponibilidade algumas ações não foram acatadas, no entanto, a maioria está em fase de implementação fora do cronograma especificado:

- Contratar encarregado de produção – A ação não foi acatada devido ao estado de redução de custo em que a empresa se encontra.
- Implementar o programa 5S – Não foi acatada devido à falta de disponibilidade dos gestores para promover e dar suporte ao programa.
- Implementar a padronização – Ação em fase inicial, aplicada aos processos de montagem e corte, onde estão recebendo seus padrões específicos necessários para a produção de cada produto.
- Criar dispositivos poka-yoke de contato para o processo de montagem – Estão sendo construídas estruturas específicas para cada produto usando os pontos principais para fixação dos componentes, em que, estão sendo reutilizado materiais de sobra ou fora de especificação para construir os dispositivos e dar suporte nos processos de montagem, pois, grande parte do tempo na execução do processo é dedicado ao alinhamento dos componentes, o dispositivo poka-yoke além de facilitar a montagem irá reduzir o tempo gasto com alinhamento.
- Verificar e determinar quais componentes serão compartilhados pelos produtos. – Os produtos estão sendo projetados e reprojados com o máximo de componentes compartilhados possível, assim construindo um padrão para os mesmos. Esta melhoria culmina na melhoria da agilidade de processamento para a montagem e corte, uma vez que lidam diretamente com as diferentes especificações dimensionais dos produtos.

A Figura 30 mostra o dispositivo poka-yoke de contato sendo aplicado no subprocesso de montagem, a imagem da esquerda representa o projeto do componente para o qual um dos poka-yokes foi construído e as imagens mais à

direita mostra a aplicação, onde os tubos para a montagem da estrutura são posicionados para a posterior soldagem.

Figura 30 – Dispositivo poka-yoke para a montagem.



Fonte: Autor (2016)

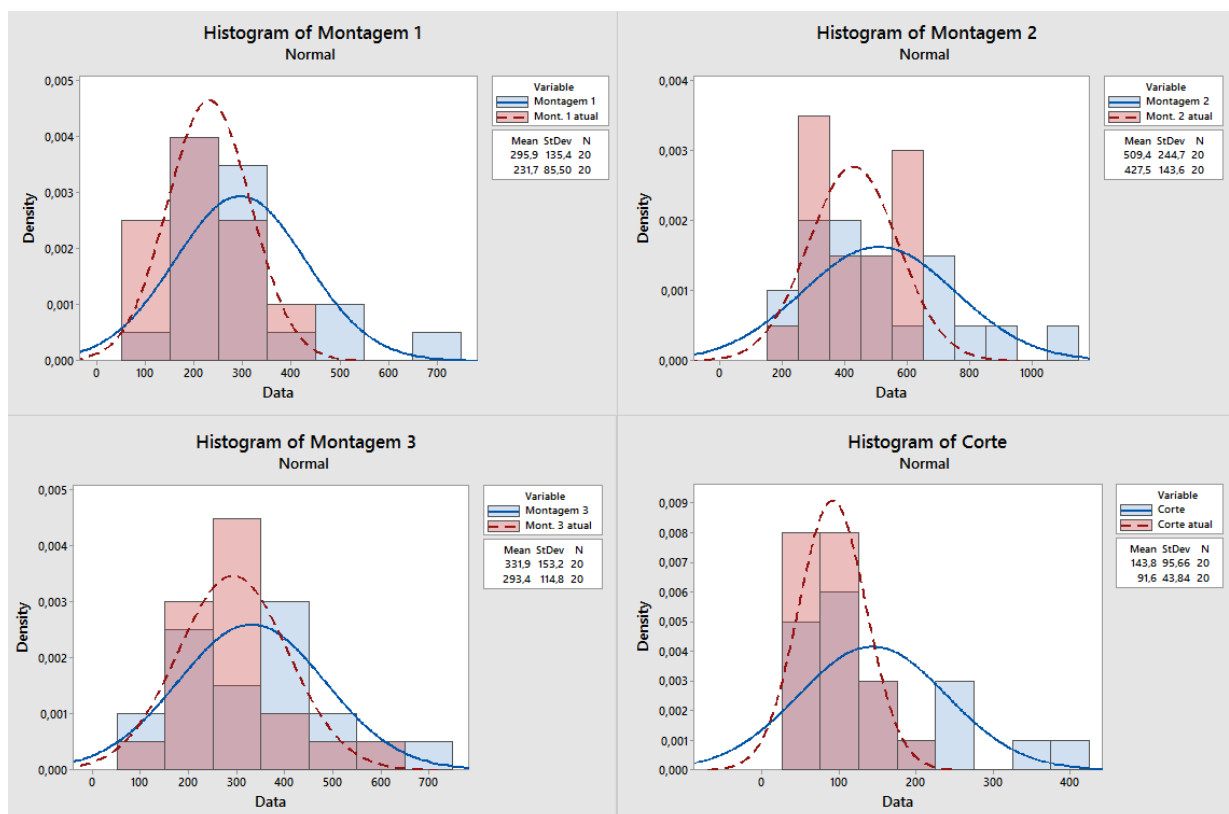
Esta estrutura foi um dos componentes compartilhado entre os produtos. Com isto, irá diminuir a quantidade de poka-yokes a ser fabricados e melhorará a agilidade no processo de montagem.

4.5. Efeitos das melhorias no desempenho

Contemplando a última etapa do Dmaic, a etapa de controle (C) presencia o efeito das melhorias executadas na etapa anterior.

Três meses após a proposta do plano de melhorias e a implementação de algumas delas, onde vários poka-yokes foram construídos e a maioria dos produtos com seus componentes compartilhados e padronizados, foram coletadas novas amostras de tempo de ciclo de cada estação de trabalho. Foram realizados os mesmos cálculos de tempo de ciclo médio e desvio padrão para o qual foi realizado no caso inicial, porém para os dados novos em resultado as melhorias, conforme Apêndice B. Sendo assim, foram construídos nos histogramas comparando o antes e o depois das melhorias afim verificar como o processo se comportou. A Figura 31 mostra a comparação entre os valores coletados antes das melhorias propostas representados pela linha contínua (azul) e os valores obtidos após a aplicação das melhorias na linha tracejada (vermelho) para os subprocesso de corte, montagem 1, 2 e 3.

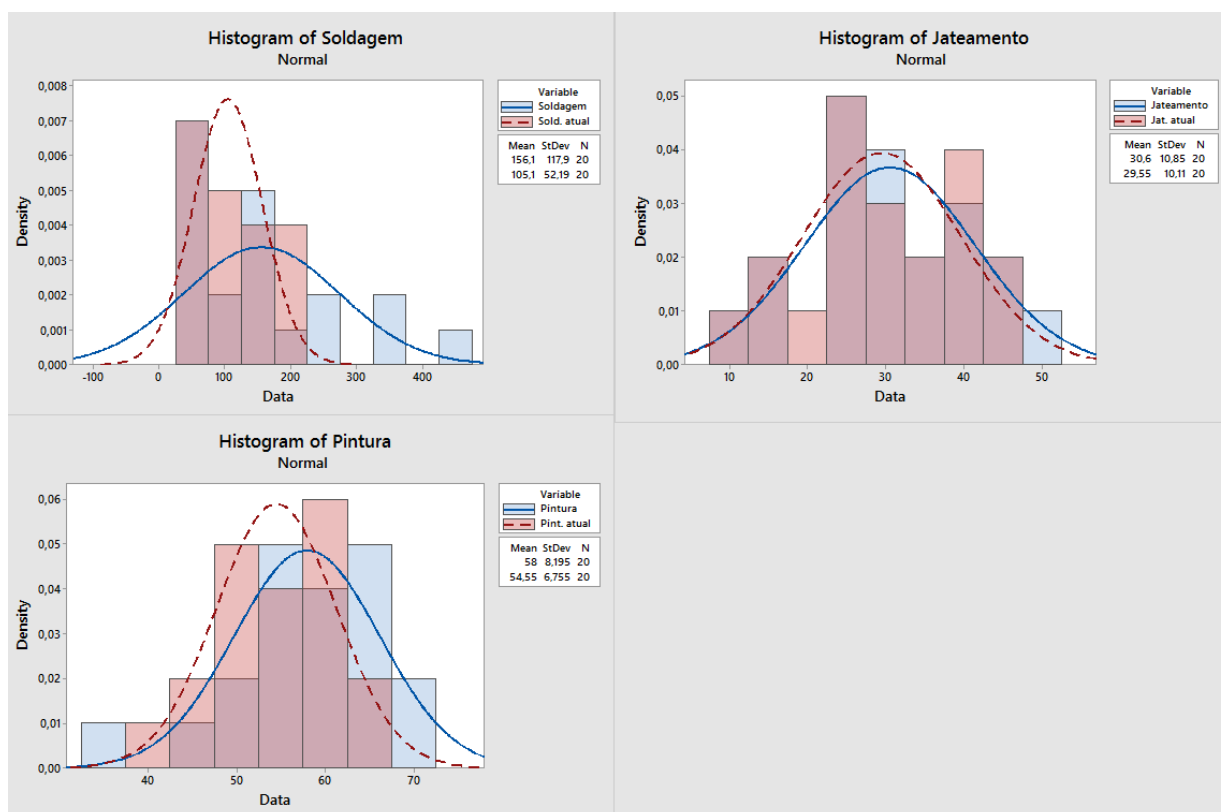
Figura 31 . Histograma dos processos em melhorias



Fonte: Autor (2017)

A Figura 31 mostra graficamente como ocorreu as melhorias nos processos. As curvas azuis (antigas) com linhas contínuas representam o comportamento dos subprocessos no estado inicial do estudo, anterior a implementação das ações, já as curvas vermelhas (novas) e pontilhadas, representam o comportamento dos subprocessos após a implementação das melhorias. Comparando o comportamentos das curvas observadas, pôde ser constatado que houve melhoria do desempenho tanto do subprocesso de montagem em seus três postos de trabalho quanto no subprocesso de corte.

Ainda observando as curvas presentes na Figura 30, o deslocamento das curvas novas em relação as antigas indicam que o tempo médio de ciclo foi reduzido, além disso, a forma mais alta e estreita das novas curvas dar o indício que a variabilidade ou o desvio-padrão de cada posto de trabalho foi reduzido. Este mesmo efeito foi observado nos subprocessos de jateamento, soldagem e pintura, onde suas novas curvas (em vermelho tracejado) foram deslocadas para a direita em relação as curvas antigas (azul contínua), indicando menor média de tempo de ciclo, além do formato que ficou mais estreitos e elevados, resultando na diminuição do desvio- padrão, como mostrado na Figura 32 .

Figura 32. Histograma dos processos em melhorias 2

Fonte: Autor (2017)

Através dos novos valores de desempenho dos subprocessos foi possível calcular a porcentagem de melhorias ou a porcentagem da redução do tempo de ciclo, como mostrado no Quadro 10. Estes percentuais de redução foram calculados de acordo com os tempos de ciclo médio de cada estação presentes no Apêndice A para o estado inicial e no Apêndice B para o estado final.

Quadro 10. Tempo de ciclo individual melhorado

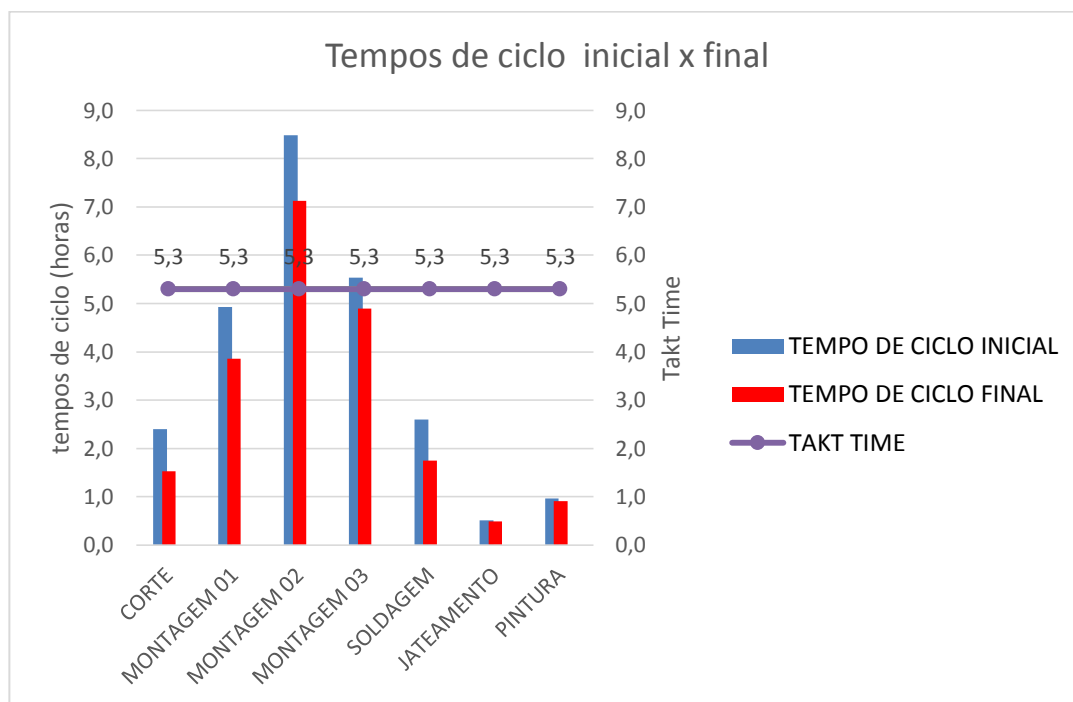
	Tempo de processamento individual		
	Média inicial	Média final	% de redução
Corte	143,4	91,6	36,12%
Montagem 01	295,9	231,7	21,70%
Montagem 02	509,4	427,5	16,08%
Montagem 03	331,9	293,4	11,60%
Soldagem	156,1	105,1	32,67%
Jateamento	30,6	29,55	3,43%
Pintura	58	54,55	5,95%

Fonte: Autor (2017)

O percentual de redução tempo de ciclo de cada processo foi calculado através da diferença entre a média final e inicial com posterior divisão deste resultado pela média inicial, a partir do resultado encontrado, foi multiplicado por

cem para encontrar o valor em percentual. A Figura 33 mostra a comparação entre os valores de tempo de ciclo antigo em azul e o novo tempo de ciclo obtido através das melhorias.

Figura 33. Tempo de ciclo antigo x o novo

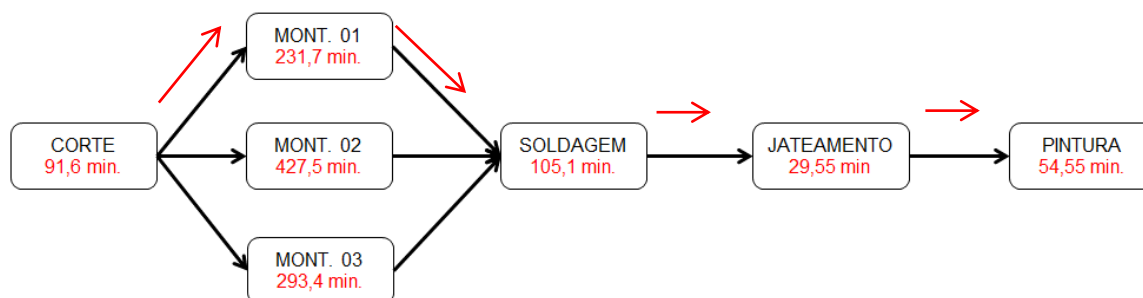


Fonte: Autor (2017)

O tempo de ciclo da linha de produção passou de 509,4 minutos, ou seja, de 8,49 horas para 7,11 horas (427.5 minutos). Agora o número de estações de trabalho que não atendem o *takt time* passou de duas para uma. Entretanto, o tempo de ciclo de uma das estações ainda não está compatível com o ritmo de trabalho parametrizado pelo *takt time*.

A partir dos novos tempos de ciclo obtidos, foi construído um novo fluxograma em linha aferido do novo tempo de ciclo de cada estação, como mostrado na Figura 34.

Figura 34. Nova rota de cálculo do lead time



Fonte: Autor (2017)

Apesar das melhorias e novos tempos apresentados em cada etapa do processo, a rota do processo pelo qual o lead time é calculado continuou a mesma presente antes das melhorias, passando do corte para a montagem 01, a partir daí para os outros postos subsequentes, pois, é a que apresenta menor tempo para fabricação de um produto.

Desta forma o *lead time* foi calculado através da soma dos novos tempos de ciclos coletados convertidos em horas (dividido por 60), passando pelo corte, montagem 1 e seus sucessores:

$$leadtime = \frac{(91,6 + 231,7 + 105,1 + 29,55 + 54,55)}{60} = 8,54 \text{ horas}$$

Através do cálculo do *lead time* foi possível determinar que o produto demora 8,54 horas para percorrer toda a linha de produção, desde o corte da matéria prima até o término da pintura. Em relação ao lead time apresentado no início do estudo, cerca de 11,42 horas, ocorreu uma melhoria de 25,21%.

Por falta de informações não foi possível analisar os efeitos das melhorias sobre a quantidade de defeitos que o processo gera.

5. CONCLUSÃO

O estudo foi executado na linha de produção da Metaltec com o objetivo de avaliar a aplicabilidade da metodologia lean seis sigma como ferramenta de melhoria. Com isso, metodologia se mostrou muito versátil e aplicável em empresa de pequeno porte, uma vez que proporcionou resultados em um curto espaço de tempo.

As estações de trabalho apresentaram melhorias proporcionais ao quanto de variações de desempenho que ocorriam em suas operações. Além disso, a linha de produção foi beneficiada com a redução da ordem de 25,21% no lead time.

As ações de utilização do poka-yoke, padronização e compartilhamento de componentes permitiram a potencialização da capacidade do processo, porém, as interferências no fluxo de operações não foram mitigadas devido ao não acatamento das ações relacionadas, limitando os níveis de melhorias agregados.

O não atendimento ao *takt time* está associado ao tempo de ciclo da estação de montagem 02 que mesmo otimizado ainda possui o ritmo de trabalho mas lento que as demais estações de montagem. Isto ocorre devido as interferências no fluxo de trabalho que não foram eliminados.

O estudo possibilitou a aplicação de todas as etapas da metodologia DMAIC, uma vez que os resultados obtidos e os mecanismos utilizados para a geração das melhorias serão utilizados como instrumentos de controle do processo.

A maior dificuldade durante a realização do estudo ocorreu durante a coleta de dados, em que quantidade de postos de trabalho a serem observados e a quantidade de amostras a serem coletadas foi relativamente grande, além da espera pela execução das operações para os mesmos produtos em cada estação de trabalho.

Por fim, a metodologia se mostrou prática, de fácil aplicação e compreensão, onde foi possível ser moldada de acordo com as necessidades e condições da empresa, assim gerando melhorias.

ABSTRACT

In the present work the causes of the inconsistency in the performance of the productive process were investigated. The objective was to evaluate the applicability of the lean six sigma methodology in a small company, where the results construction model followed the DMAIC methodology. The process was mapped and through this data were collected on the execution time of each subprocess and the amount of defects that the products presented at the end of the production line for the evaluation of their performance. Thus, the effect of variability on the process was analyzed in order to find its root causes. After finding the root causes, a plan of improvements was constructed to solve or mitigate the influence of such causes. In the initial analysis of the process it was verified that the lead time of the production line did not meet the takt time of the market, about 11.42 hours and 5.3 hours / product, respectively, according to the average monthly demand of products informed. Finally, after some actions of the improvement plan were complied with and presented in the initial state of implementation, new data about the processing time were collected. Thus, it was verified that significant improvements occurred in the subprocesses where they presented greater variability, where the lead time of the production line was optimized in about 25.21%, considering only the execution time of the subprocess. Despite the improvements, the lead time is still not aligned with takt time, but the results are promising since implementations of the improvements are not in an advanced state.

Key words: Lean manufacturing. Six sigma. DMAIC. Lean six sigma. Processes improvement.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R. dos R.; JR, J.A.V.A. **Takt-Time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**. Gestão & Produção, 2001.

American Society for Quality (ASQ). Disponível em: <http://asq.org/sixsigma/quality-information/termsq-sixsigma.html>. Acessado em 20/06/2017

ARAUJO, Luiz César G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007, v. 1.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Gestao de qualidade e operações**. – 2. Ed. – São Paulo : Atlas, 2012.

BRUNI, Adriano leal. **Estatística aplicada à Gestao Empresarial**. Atlas - 2007

CANTIDIO, S. **As técnicas e atividades do sistema de gestão Lean**. 2009. Disponível em <<http://sandrocan.wordpress.com/tag/takt-time/>>. Acesso:10/05/17.

CARVALHO, Mary Monteiro; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestao da qualidade**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CARVALHO, Marly M.; PALADINI, Edson P..**Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CARPINETTI, Lauiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade**. Conceitos e técnicas. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações, manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

CRUZ, Tadeu. **Workflow: a tecnologia que vai revolucionar processos**. São Paulo: Atlas, 1998.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean simplificada**; tradução Rosalia Angelita Neumann Garcia. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008

FACHIN, Odilia. **Fundamentos de metodologia**. 4. ed. - São Paulo: Saraiva, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas,2010.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-in-Time**. EDUCS - Editora da Universidade de Caxias do Sul: Caxias do Sul,1996.

GAITHER, Norman; FRAZIEN, Greg. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Thomsom Learning, 2006.

HARRY, M. J. & SCHROEDER, R. **Six Sigma: A breakthrough strategy for profitability**. - Milwaukee: Quality Progress, 1998.

JUNIOR, Isnard marshall; CICERO, Agilberto Alves; Rocha, Alexandre Varanda; MOTA, Edmarson Bacelar; LEUSIN, Sérgio. **Gestão da qualidade**. 8ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

KOSAKA, G. **Lead Time**, 2010. Disponível em
< <http://www.lean.org.br/artigos/384/lead-time.aspx> >. Acesso:10/05/17.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Metodologia científica**. 5. ed. 3. reimp. São Paulo: Atlas, 2009.

MORETO, C. (Brasil). **Train the trainer Lean Production Modules**. São Paulo, 1999

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

MOREIRA, Daniel Augusto, **Administração da Produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thonson Learning, 1999.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. 7 reimpr. – São Paulo: Atlas 2009.

TAKAHASHI, Y. e OSADA, **Housekeeping 5s: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. 4ª ed. São Paulo: Instituto Imam, 2010.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PYZDEK, Tomas. **The six sigma handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels**. - New York: McGraw-Hill, 2003.

RODRIGUES, Marcus Vinicius Carvalho. **GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial**. – Rio de Janeiro : Qualitymark, 2004.

RAMOS, Alberto Wundeler. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. – São Paulo : Edgard Blucher, 2000.

ROTONDARO, Roberto Gilioli. **Seis Sigma : estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. - 1. ed. – 4. Reimpr. – São Paulo : Atlas, 2006.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON Robert. **Administração da Produção**. 3. Ed. São Paulo: Atlas. 2009.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2ed. – São Paulo: atlas, 2004.

UBIRAJARA, Eduardo. **Guia de orientação de TCC's**. Aracaju: FANESE, 2011 (caderno).

UBIRAJARA, Eduardo. **Guia de orientação de TCC's**. Aracaju: FANESE, 2013 (caderno).

UBIRAJARA, Eduardo. **Guia de orientação de TCC's**. Aracaju: FANESE, 2014 (caderno).

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WERKEMA, M. C. C. Lean **Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 1. ed. Belo Horizonte : Werkema, 2006.

WERKEMA, M. C.C., As **Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**, 1ª ed., Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995a.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados de desempenho dos subprocessos no início do estudo

TEMPO DE CICLO POR SUBPROCESSO (EM MINUTOS) - INÍCIO DO ESTUDO							
Nº	CORTE	MONTAGEM 01	MONTAGEM 02	MONTAGEM 03	SOLDAGEM	JATEAMENTO	PINTURA
1	75	300	480	367	100	10	35
2	54	320	725	364	35	24	60
3	141	736	443	120	125	40	55
4	227	276	192	200	44	13	60
5	35	182	925	360	70	35	65
6	243	332	396	313	201	50	60
7	379	204	277	220	62	36	55
8	93	154	1092	174	52	45	65
9	112	240	620	232	157	30	60
10	49	330	300	534	262	40	55
11	84	450	272	655	358	40	65
12	123	120	704	153	245	30	65
13	62	450	231	301	87	45	50
14	330	225	374	605	135	25	55
15	192	240	320	379	162	25	70
16	227	195	362	315	144	29	47
17	59	360	473	107	325	16	52
18	132	313	764	354	453	24	63
19	162	235	540	475	50	25	68
20	96	257	697	410	55	30	55
TEMP. DE CICLO MÉD.	143,8	296,0	509,4	331,9	156,1	30,6	58,0
DESV. PAD	95,7	135,4	244,7	153,2	117,9	10,9	8,2

APÊNDICE B – Dados de desempenho dos subprocessos no início após as melhorias

TEMPO DE CICLO POR SUBPROCESSO (EM MINUTOS) - OTIMIZADO							
Nº	CORTE	MONTAGEM 01	MONTAGEM 02	MONTAGEM 03	SOLDAGEM	JATEAMENTO	PINTURA
1	45	132	623	180	95	10	44
2	34	149	304	149	35	22	58
3	101	238	315	153	105	38	53
4	137	375	305	295	42	13	51
5	35	225	359	199	65	33	59
6	156	258	353	231	125	46	52
7	179	301	332	361	52	35	52
8	93	130	215	283	42	41	60
9	92	143	501	204	137	30	58
10	49	134	410	315	182	38	55
11	84	345	276	297	175	40	60
12	123	181	451	320	190	29	65
13	62	204	617	255	75	45	50
14	112	223	634	329	125	24	55
15	172	428	256	265	142	25	65
16	97	255	300	531	110	27	40
17	59	243	607	370	193	16	50
18	83	155	614	285	95	24	62
19	64	310	519	611	53	25	57
20	55	204	559	235	64	30	45
TEMP. DE CICLO MÉD.	91,6	231,7	427,5	293,4	105,1	29,6	54,6
DESV. PAD	43,8	85,5	143,6	114,8	52,2	10,1	6,8