

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E
PREPARAÇÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA EM
UMA EMPRESA MECÂNICA DO SETOR AUTOMOTIVO**

Gilberto Strafacci Neto

**São Paulo
2008**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E
PREPARAÇÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA EM
UMA EMPRESA MECÂNICA DO SETOR AUTOMOTIVO**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Graduação em Engenharia

Gilberto Strafacci Neto
Orientador: Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Strafacci Neto, Gilberto

Dimensionamento da capacidade de produção e preparação para a implementação da estratégia Lean Seis Sigma em uma indústria mecânica do setor automotivo / G. Strafacci Neto. – São Paulo, 2008.

109 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Indústria automobilística 2. Qualidade do processo 3. Produção industrial (Dimensionamento) 4. Estudo de caso I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

RESUMO

Esse trabalho tem por objetivo traçar as diretrizes principais e os desenvolvimentos relativos ao trabalho de conclusão de curso realizado ao longo dos anos de 2007 e 2008 sob o tema: Dimensionamento da Capacidade de Produção e Preparação para a Implementação da Estratégia Lean Seis Sigma em uma Indústria Mecânica do Setor Automotivo. Neste constam a revisão bibliográfica relacionada para a estruturação da Metodologia Lean Seis Sigma em função das ferramentas Lean e a Metodologia Seis Sigma DMAIC bem como toda a teoria relacionada ao dimensionamento da capacidade de produção. O início do desenvolvimento deste trabalho tinha por objetivo a aplicação da metodologia Lean Seis Sigma através do estudo de caso estudo de caso na indústria tedrive Holdin B.V. – planta de Cumbica, porém , ao longo desse desenvolvimento, entendeu-se que a real necessidade da empresa era anterior a tal expectativa e daí partiu-se para o dimensionamento da capacidade de produção através da cronoanálise, levantamento dos tempos de operação, dados de demanda e balanceamento da linha sobre a ótica de preparação da indústria para a aplicação do Lean Seis Sigma em oportunidade posterior.

Além disso, serão descritas brevemente as atividades desenvolvidas ao longo do meu estágio na empresa de consultoria Setec Consulting Group que possibilitou o contato com a indústria foco do estudo de caso possibilitando assim o desenvolvimento até então realizado.

ABSTRACT

This work aims to outline the main guidelines and developments concerning the completion of course work done over the years 2007 and 2008 under the theme: Sizing of production capacity and preparation for the Implementation of the Lean Six Sigma in an Automotive Industry. Here is the literature review related to the structure of Lean Six Sigma methodology in terms of tools and Lean Six Sigma DMAIC methodology as well as all related to the scaling theory of production capacity. The early development of this work was meant to the implementation of Lean Six Sigma methodology through the case study in tedrive holdin BV - Cumbica plant, but throughout this development, it was thought that the real need of company was prior to this expectation and then broke for the sizing of production capacity through cronoanalysis, getting the times of operations, details of demand and balancing the line on the industry to prepare it for the implementation of Lean Six Sigma into later opportunity .

Besides, it will describe the activities developed along my apprenticeship in the consultancy company Setec Consulting Group that made possible the contact with the industry focus of the case study making possible the development until then accomplished.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pela paciência, compreensão e dedicação.

Aos meus amigos – Ítalo, Felipe, Ricardinho – pra toda a vida.

A todos os meus amigos da Poli que me acompanharam nessa caminhada e fizeram desta uma experiência inesquecível

Ao professor Adherbal Caminada pela confiança e apoio incondicionais.

À Setec e aos que lá trabalham pela ajuda e pelo entendimento sobre diversas questões

Em especial ao David Vicentin e ao Thiago Leite – conseguimos!

À tedrive por possibilitar a realização deste trabalho

E a Deus por absolutamente tudo

São Paulo, 24 de Novembro de 2008

Gilberto Strafacci Neto

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Demonstrativo do Valor Agregado
- Figura 2 - Pensamento Tradicional e Lean sobre o Custo e Preço
- Figura 3 - As sete classes de desperdício do TPS
- Figura 4 - Estrutura Lean
- Figura 5 -Definição do *Takt-Time*
- Figura 6 - Cálculo do Takt-time
- Figura 7 -Princípios da filosofia Kaizen
- Figura 8 - Curvas de Variação do Sigma
- Figura 9 -Processo 6 Sigma (centralizado)
- Figura 10 - Processo 6 Sigma (descentralizado)
- Figura 11 -Comparação entre Performance: Quatro Sigma e Seis Sigma
- Figura 12 - Correlação do Nível de Qualidade com Custo da não Qualidade
- Figura 13 -Objetivos das Etapas DMAIC e DMADV
- Figura 14 - Estrutura do Seis Sigma – Material de Treinamento de Seis Sigma Setec
- Figura 15 - Visão geral das ferramentas Lean na estrutura DMAIC Seis Sigma
- Figura 16 - Diferença entre Lean e Seis Sigma
- Figura 17 - Aproximação entre o Lean e o Seis Sigma
- Figura 18 – Estrutura dos grupos Lean Seis Sigma
- Figura 19 - Atividades e fluxo da etapa Definir – Storyboard
- Figura 20 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Definir
- Figura 21 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Definir
- Figura 22 - Atividades e fluxo da etapa Medir – Storyboard
- Figura 23 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Medir
- Figura 24 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Medir
- Figura 25 - Simbologia do VSM
- Figura 26 - Matriz Máquina x Produto
- Figura 27 – Resumo do Processo
- Figura 28 - Mapeamento do Fluxo de Valor – Mapa Atual
- Figura 29 - Figura Plano de Coleta de Dados

Figura 30 – Figura Atividades e fluxo da etapa Analisar
Figura 31 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Analisar
Figura 32 – Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Analisar
Figura 33 – Diagrama Espinha de Peixe
Figura 34 - Conceitos da Teoria das Restrições
Figura 35 - Etapas do SMED
Figura 36 – Atividades e fluxo da etapa Melhorar
Figura 37 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Melhorar
Figura 38 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Melhorar
Figura 39 - Atividades e fluxo da etapa Controlar – Storyboard
Figura 40 - Diagrama de blocos relacionados à etapa Controlar
Figura 41 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Controlar
Figura 42 - Planta da tedrive em Cumbica
Figura 43 – Mapeamento Alto Nível
Figura 44 – Células de Produção – Steering Gear
Figura 45- Folha de Coleta de Dados
Figura 46- Resumo do Processo
Figura 47 - Resumo da Furação Profunda

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Três Níveis de Objetivos Seis Sigma
Tabela 2 – Principais características das metodologias Lean e Seis Sigma
Tabela 3 – Demandas dos produtos
Tabela 4 – Tabela CTQ's
Tabela 5 – Matriz Usinagem Barra
Tabela 6 – Matriz Usinagem Válvula
Tabela 7 – Matriz Montagem
Tabela 8 – Distribuição de Turnos
Tabela 9 – Tempos Disponíveis
Tabela 10 – Gargalos
Tabela 11 – Capacidade de Produção em dezembro de 2008
Tabela 12 – Capacidade de Produção em ano padrão

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Mapeamento dos Processos Família 1

Gráfico 2 – Mapeamento dos Processos Família 2

Gráfico 3 - Mapeamento dos Processos Usinagem Válvula Família 1

Gráfico 4 - Mapeamento dos Processos pré- Montagem Válvula Família 1

Gráfico 5 - Mapeamento dos Processos pré- Montagem Housing Família 1

Gráfico 6 - Mapeamento dos Processos pré- Montagem Barra Família 1

Gráfico 7 – Mapeamento dos Processos Montagem Final Família 1

Gráfico 8 – Mapeamento dos Processos Montagem Final Família 2

ÍNDICE

1. Introdução 11
 - 1.1. Estágio 11
2. Revisão de Literatura 14
 - 2.1. Lean 15
 - 2.1.1. Definições 15
 - 2.1.2. O Sistema Toyota de Produção (TPS) 18
 - 2.1.2.1. Origens 18
 - 2.1.2.2. Princípios Fundamentais 20
 - 2.1.3. A Estrutura Lean 22
 - 2.1.3.1. Just-in-time (JIT) 23
 - 2.1.3.2. Jidoka (Automação) 26
 - 2.1.3.3. Ferramentas Lean 26
 - 2.1.3.3.1. Kaizen 27
 - 2.1.3.3.2. VSM – Mapeamento do Fluxo de Valor 29
 - 2.1.3.3.3. TOC – Teoria das Restrições 29
 - 2.1.3.3.4. 5S – Cinco Sentos 30
 - 2.1.3.3.5. Gerenciamento Visual 30
 - 2.1.3.3.6. Poka Yoke 30
 - 2.1.3.3.7. SMED – Troca Rápida de Ferramentas 31
 - 2.1.3.3.8. Kanban 31
 - 2.1.3.3.9. TPM – Manutenção Produtiva Total 32
 - 2.1.3.3.10. Indicadores 32
 - 2.2. Seis Sigma 33
 - 2.2.1. Definições 33
 - 2.2.2. Histórico 36
 - 2.2.3. Objetivos do Seis Sigma 36
 - 2.2.4. Performance do Seis Sigma 37
 - 2.2.5. Metodologias Aplicadas – Etapas 40
 - 2.2.6. Métricas e Indicadores 44
 - 2.2.7. Estrutura da Equipe 46
3. Lean Seis Sigma 49
 - 3.1. Definições 49
 - 3.2. Estrutura 52
 - 3.3. Abordagens 53
 - 3.3.1. Lean como ferramenta do Seis Sigma 55

3.3.2.	Seis Sigma como ferramenta do Lean	55
3.3.3.	Seis Sigma Lean	55
3.3.4.	Lean Seis Sigma Integrado	56
3.4.	Equipe	57
3.5.	Etapas	58
3.5.1.	D – Define – Definir	57
3.5.1.1.	Definições das CTQ's	61
3.5.2.	M – Measure – Medir	62
3.5.2.1.	Mapeamento do Fluxo de Valor	63
3.5.2.2.	Coleta de Dados	68
3.5.2.3.	Estabelecimento de Metas de Desempenho	68
3.5.2.4.	Definição Final do Problema	69
3.5.3.	A – Analyze – Analisar	69
3.5.3.1.	Organização das Causas Potenciais	71
3.5.3.1.1.	Diagrama de Causa e Efeito	71
3.5.3.1.2.	TOC - Teoria das Restrições	71
3.5.3.1.3.	SMED	74
3.5.4.	Etapas Melhorar e Controlar	75
4.	Estudo de Caso	79
4.1.	A empresa	79
4.1.1.	Principais Clientes e Produtos	80
4.1.2.	Sistema de Gestão	80
4.2.	Descrição do Projeto	80
4.3.	Levantamento de Dados	82
4.3.1.	Identificação da Oportunidade	83
4.3.2.	Recursos e Delineamento do Projeto	84
4.3.3.	Mapeamento do Processo – Alto Nível	84
4.3.4.	Definição das Famílias	86
4.3.4.1.	Mapeamento da Usinagem	88
4.3.4.1.1.	Mapeamento do Housing	88
4.3.4.1.2.	Mapeamento da Barra	88
4.3.4.1.3.	Mapeamento da Válvula	89
4.3.4.2.	Mapeamento da Montagem	90

4.3.5.	Plano de Coleta de Dados	90
4.3.5.1.	Tomada de Tempos	92
4.3.5.2.	Outras Informações do Processo	90
4.3.5.2.1.	Tempos Disponíveis e Turnos	94
4.3.5.3.	Dados Levantados – Tempos Coletados	95
4.3.5.4.	Balanceamento das linhas – situação atual	97
4.3.5.4.1.	Usinagem Barra	98
4.3.5.4.2.	Usinagem Válvula	99
4.3.5.4.3.	Linhas de Pré – Montagem	99
4.3.5.4.4.	Linha Montagem Final	101
4.3.6.	Capacidade de Produção	102
5.	Conclusões e Considerações	105
6.	Referências	107

1. Introdução

1.1. Estágio

O Setec Consulting Group é uma empresa de consultoria e treinamento que atua nas áreas de Qualidade, Produtividade, Seis Sigma, Gestão Humana, Meio Ambiente e Segurança. Desenvolveu o conceito de consultoria de interface, levando ferramentas e tecnologia de gestão de grandes empresas a seus fornecedores.

Fundada em 1994, a Setec possui atualmente cerca de quarenta funcionários, alocados em duas unidades, uma em São Paulo, a qual atende o Brasil, e outra em Buenos Aires, que atende a América Latina. A unidade de São Paulo é dirigida por Jeannette Galbinski, Márcio Abraham e Roberto Inagaki e a de Buenos Aires, por Jorge Kohn.

Além das atividades de consultoria e treinamento, a Setec possui um núcleo de desenvolvimento de traduções técnicas para empresas e revistas especializadas.

Sendo alocado como estagiário de engenharia mecânica para área de produtividade e seis sigma, podem-se distinguir três funções importantes a serem executadas para este cargo: desenvolvimento de materiais e novos produtos, prestação de treinamentos abertos e “in company” e prestação de consultoria em clientes.

É importante ressaltar que esses três pontos são de tal maneira alocados dentro do planejamento do desenvolvimento do estagiário para que ele possa executar as devidas atividades de maneira competente, sendo a responsabilidade transferida de maneira gradual e limitada.

Iniciado em 04 de abril de 2006, os dois primeiros meses de estágio foram dedicados ao desenvolvimento das competências requeridas pela empresa bem como o estudo das ferramentas requeridas pela área de produtividade tais como Lean Manufacturing, TPM e Ferramentas de Gestão Lean.

Os estudos de tais filosofias de gestão e ferramentas de melhoria contínua foram adquiridos através de vasta bibliografia presente na empresa, acompanhamento de treinamentos em empresas bem como consultorias.

Num segundo momento foram traçadas metas para o desenvolvimento de novos materiais que consistem basicamente em uma apresentação de slides, uma apostila e o desenvolvimento de várias dinâmicas, exercícios e testes para facilitar a compreensão e absorção dos conhecimentos passados.

Esses materiais desenvolvidos são apresentados em um teste piloto que é acompanhado pelo estagiário e uma banca competente para análise crítica e descrição das possíveis melhorias e correções.

No atual momento, o estagiário é alocado para ministrar (uma vez homologado) treinamentos em diversas empresas. O critério para avaliar se o estagiário tem o mínimo necessário para ministrar o treinamento é feito através do processo de homologação. Esse processo consiste em avaliações dadas nos cursos pilotos (no caso de treinamentos novos) ou auxílio a consultores em parte dos treinamentos junto com uma proposta de melhoria que deverá ser aprovada (no caso de cursos pré-existentes).

Além disso, o estagiário é direcionado a acompanhar consultorias até tornar-se capaz de desenvolvê-la de maneira mais independente dentro de uma equipe ou sozinho, tomando o posto de gerente de projeto.

O desenvolvimento deste projeto que partiu da expectativa de implementação da metodologia Lean Seis Sigma através de todas as suas ferramentas e culminou na determinação da capacidade de produção de uma das linhas de produção na indústria tdrive Holdin B.V. – planta de Cumbica (que será a partir de então nomeada somente tdrive) se fez a partir de um trabalho relacionado ao estágio na Setec.

Este projeto foi desenvolvido inicialmente como uma oportunidade de venda futura que se consolidou como um trabalho realizado efetivamente no cliente ao longo do ano de 2008. A importância deste capítulo relacionado ao trabalho de estágio se justifica através da possibilidade de realização deste trabalho.

No que tange o estudo de caso, para efeito de análise, os resultados apresentados são a reprodução dos dados utilizados para o trabalho desenvolvido juntamente com o cliente e os resultados desse trabalho foram apresentados também no ano de 2008.

2. Revisão de Literatura

Este capítulo tem por objetivo apresentar os principais conceitos relacionados e analisados para o entendimento e estruturação da metodologia Lean Seis Sigma baseado nos conceitos de Lean e Seis Sigma individualmente. Deve-se entender que a revisão de tais conceitos se fez importante, pois o início desse projeto se deu sobre a ótica de implementação da estratégia Lean Seis Sigma na organização.

A tomada de decisão a respeito da restrição do escopo do projeto será analisada e justificada com mais afinco ao longo do estudo de caso, porém pode-se adiantar que a necessidade de tomada de tempos das atividades e o dimensionamento da capacidade de produção – atividades anteriores ou paralelas ao Lean Seis Sigma (entendidas aqui como atividades de preparação para uso da metodologia) formavam por si só um escopo bastante complexo e com oportunidade de utilização de bastantes ferramentas de melhoria. Mais importante ainda: o dimensionamento da capacidade de produção era a real necessidade do cliente quando da contratação da Setec.

No que tange o Lean Seis Sigma, até o presente momento, a utilização das ferramentas Lean dentro de uma estruturação DMAIC do Seis Sigma tem sem mostrado mais aplicável ao estudo de caso devido aos problemas fundamentais encontrados na empresa relacionados a desperdícios, fluidez do processo e ocupação das máquinas.

As ferramentas nesse capítulo serão apresentadas sem levar em consideração a sua aplicabilidade e críticas à sua aplicação serão feitas quando do estudo de caso. O objetivo deste capítulo é situar o leitor com relação à linguagem, estrutura e métodos que foram analisados para formulação de uma proposta inicial de Lean Seis Sigma compatível com a empresa em estudo.

O material referente ao dimensionamento da capacidade de produção, levantamento de tempos e balanceamento de linha também será descrito.

2.1. Lean

“Em um processo produtivo onde estejam envolvidos clientes e fornecedores, os componentes devem chegar à linha de montagem corretamente, no momento exato e na quantidade certa”. - Taiichi Ohno

2.2.1. Definições

Os conceitos, definições e metodologias do Lean estão presentes nas indústrias por décadas. Provavelmente, o exemplo mais conhecido da aplicação dos conceitos lean seja a Toyota quando desenvolveu o seu Sistema de Produção Toyota (TPS) após a segunda guerra mundial. Por mais de 20 anos, antes do conhecimento do ocidente, a Toyota utilizou o TPS como método de eliminação de desperdício e redução de custos em seus sistemas de produção.

Apesar dos conhecimentos e métodos utilizados para gerenciar as restrições de recursos, espaço e pessoas serem descritos já por Fredrick Taylor, Shewhart e até mesmo Henry Ford, a descrição trazida por James P. Womack em seu livro *Mentalidade Enxuta nas Empresas* trouxe uma descrição muito mais disciplinada através de cinco fundamentos:

- Descrição do Valor;
- Criação do Fluxo de Valor;
- Fluidez;
- Puxado;
- Perfeição;

O ponto de partida para a Mentalidade Enxuta consiste em definir o que é Valor. Não é a empresa e sim o cliente que define o que é valor. Para ele, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

O próximo passo consiste em identificar o Fluxo de Valor. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focalizar em reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de valor pois olham apenas para números e indicadores, no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (e por vezes o pós venda).

A seguir, deve-se dar "fluidez" para os processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade das pessoas. Elas têm de deixar de lado a idéia que têm de produção por departamentos como a melhor alternativa. Constituir Fluxo Contínuo com as etapas restantes é uma tarefa difícil do processo. É também a mais estimulante. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente dá ao produto uma "atualidade": a empresa pode atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente.

Isso permite inverter o fluxo produtivo: as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovar estoques) através de descontos e promoções. O consumidor passa a "puxar" a produção, eliminando estoques e dando valor ao produto. É a Produção Puxada. Sempre que não se consegue estabelecer o fluxo contínuo, a alternativa é conectar os processos através dos sistemas puxados.

Perfeição, quinto e último passo da Mentalidade Enxuta, deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor.

Juntamente com os fundamentos estabelecidos, pode-se descrever os pontos chaves para Lean que são os responsáveis pelo suporte e sua correta implementação:

- Produção de peça única integrada (i.e.. um fluxo de trabalho contínuo) com o mínimo de estoque em cada estágio da produção;
- Produção é sincronizada para se adequar à programação, sem se basear na utilização da máquina;
- Prevenção de defeitos;
- Organizações de trabalho baseado em equipes e com operadores multi-capacitados;
- Os indicadores são utilizados para resolver problemas;
- Operadores autorizados a tomar decisões e melhorar as operações com o mínimo de funcionários indiretos;
- Trabalhadores envolvidos ativamente na localização de defeitos e na resolução de problemas para melhorar a qualidade e eliminar o desperdício;
- Integração coesa de todo o fluxo de valores, da matéria-prima ao produto acabado, por meio do relacionamento orientado de parceria com os fornecedores e distribuidores;

Ohno (1997) associa ao conceito de desperdício à ausência de valor agregado afirmando que *“na produção, desperdício se refere a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor – por exemplo, excesso de pessoas, de estoques e de equipamentos”*.

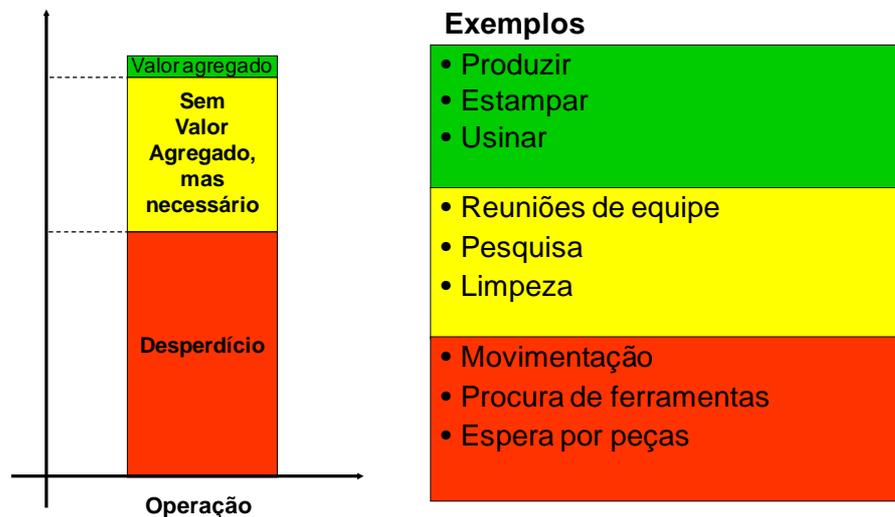


Figura 1 – Demonstrativo do Valor Agregado –Setec (2007)

Além disso, a análise de custo, preço e lucro também segundo Ohno, torna-se diferente da tradicional conforme figura abaixo:

$$\text{CUSTO} \uparrow + \underline{\text{LUCRO}} = \text{PREÇO DE VENDA} \uparrow \quad \text{Pensamento Tradicional}$$
$$\underline{\text{PREÇO DE VENDA}} - \text{CUSTO} \downarrow = \text{LUCRO} \uparrow \quad \text{Pensamento Lean}$$

Figura 2 – Pensamento Tradicional e Lean sobre o Custo e Preço – Setec (2008)

Isto é, na visão Lean, deve-se focar fortemente na redução do custo através da eliminação de desperdícios com intuito de lucros maiores.

Segundo Womack, empresas Lean utilizam menor quantia de tudo quando comparadas às que utilizam o pensamento tradicional:

- Metade do esforço humano;
- Metade do espaço;
- Metade do investimento em ferramentas;
- Metade do número de horas de engenharia para desenvolver um novo produto na metade do tempo;
- Menos da metade do estoque.

Dessa maneira pode-se entender o interesse de diversas organizações na aplicação dos conceitos trazidos pelo Lean bem como a sua importância dentro da estrutura Lean Seis Sigma

2.2.2. O Sistema Toyota de Produção (TPS)

Muitas vezes, a contextualização e a definição do Lean se confundem com o próprio desenvolvimento do TPS. Assim sendo, cabe uma discussão sobre o sistema Toyota de Produção.

2.2.2.1. Origens

A Toyota entrou na indústria automobilística, especializando-se em caminhões para as forças armadas, mas com o firme propósito de entrar na produção em

larga escala de carros de passeio e caminhões comerciais. No entanto, o envolvimento do Japão na II Guerra Mundial adiou as pretensões da Toyota.

Com o final da II Grande Guerra em 1945, a Toyota retomou os seus planos de tornar-se uma grande montadora de veículos mas o fato da produtividade americana ser tão superior à japonesa chamou a atenção para a única explicação razoável: A diferença de produtividade só poderia ser explicada pela existência de perdas no sistema de produção japonês. A partir daí, o que se viu foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas.

O sucesso do sistema de produção em massa Fordista inspirou diversas iniciativas em todo o mundo. A Toyota Motor Co. tentou por vários anos, sem sucesso, reproduzir a organização e os resultados obtidos nas linhas de produção da Ford, até que em 1956 o então engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, percebeu, em sua primeira visita às fábricas da Ford, que a produção em massa precisava de ajustes e melhorias de forma a ser aplicada em um mercado discreto e de demanda variada de produtos, como era o caso do mercado japonês. Ohno notou que os trabalhadores eram sub-utilizados, as tarefas eram repetitivas além de não agregarem valor, existia uma forte divisão (projeto e execução) do trabalho, a qualidade era negligenciada ao longo do processo de fabricação e existiam grandes estoques intermediários.

A Toyota começou a receber o reconhecimento mundial a partir da choque do petróleo de 1973; ano em que o aumento vertiginoso do preço do barril de petróleo afetou profundamente toda a economia mundial. Em meio a milhares de empresas que sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos, a Toyota Motor Co. emergia como uma das pouquíssimas empresas a escaparem praticamente ilesas dos efeitos da crise.

2.2.2.2. Princípios Fundamentais

Basicamente, segundo Ohno, podem ser descritos sete grandes grupos de desperdícios (ou perdas) que são os focos a serem eliminados dentro do TPS:

- Perda por superprodução (quantidade e antecipada);
- Perda por espera;
- Perda por transporte;
- Perda no próprio processamento;
- Perda por estoque;
- Perda por movimentação;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos.

O desperdício relacionado à superprodução está relacionada à quantidade produzida em excesso ou produzida antecipadamente com relação ao prazo para o cliente. Como exemplo, pode-se citar a produção de peças na segunda-feira que serão expedidas ao cliente somente na sexta-feira ou a produção de peças não requisitadas somente porque há máquinas e pessoas disponíveis.

A perda por superprodução por quantidade: é a perda por produzir além do volume programado ou requerido (sobram peças/produtos). É um tipo de perda inadmissível sob qualquer hipótese e está completamente superada na Toyota. Já a perda por superprodução por antecipação é a perda decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, ou seja, as peças/produtos fabricadas ficarão estocadas aguardando a ocasião de serem consumidas ou processadas por etapas posteriores.

A perda por espera está relacionada a longos períodos de inatividade das pessoas, informações ou produtos, resultando num fluxo deficiente e impactando em três tipos de perda por espera:

- Perda por Espera no Processo
- Perda por Espera do Lote
- Perda por Espera do Operador

O desperdício por transporte está relacionado ao Movimento excessivo de pessoas, informações ou produtos, resultando em perdas de tempo, esforço e custo.

As perdas no próprio processamento são parcelas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto/serviço. Podem ainda ser classificadas como perdas no próprio processamento situações em que o desempenho do processo encontra-se aquém da condição ideal.

As perdas por estoques estão ligada a armazenagem em excesso de produtos, resultando em um custo excessivo de fabricação. Uma discussão acerca da redução de estoques e como estes “escondem” problemas de balanceamento ou produção das linhas será tratado mais a frente neste desenvolvimento.

As perdas por movimentação relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos. A Má organização do local de trabalho, resulta em perdas de tempo, qualidade e ergonomia para os operadores.

Finalmente, a perda por fabricação de produtos defeituosos está ligada a erros freqüentes causados por problemas de qualidade nos produtos, necessitando-se inspeção, retrabalho ou refugo. Este ponto de análise de desperdício do Lean servirá de ponte importante e será foco com a metodologia Seis Sigma.

Além do foco na redução de desperdícios, o TPS trará alguns conceitos e ferramentas que serão tratados a seguir.

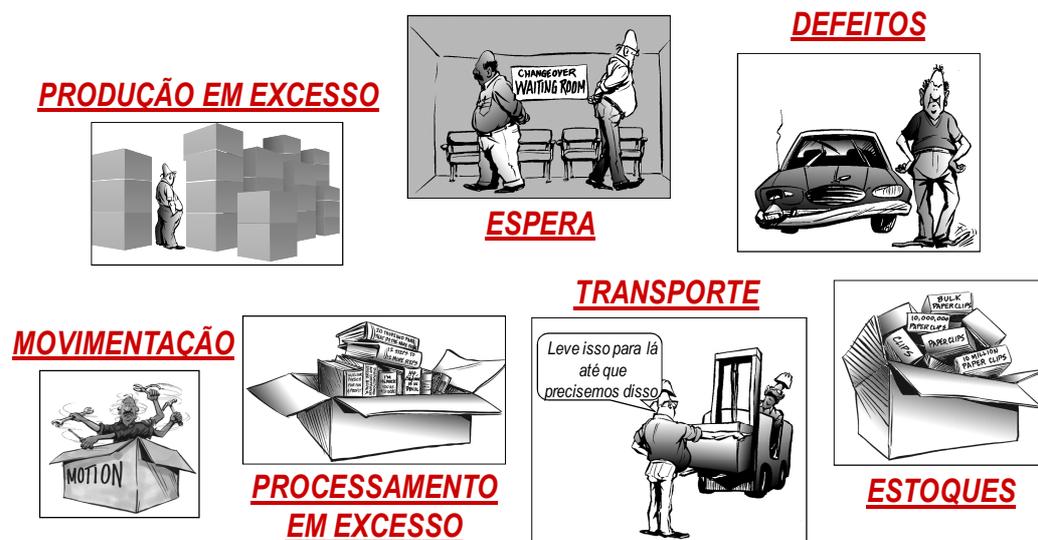


Figura 3 – As sete classes de desperdício do TPS – Setec (2008)

2.2.3. A Estrutura Lean

Encontra-se na literatura, diversas formas de estruturação do pensamento Lean e suas ferramentas. Todas elas, porém, baseiam-se nos conceitos de Just-in-time (JIT) e Jidoka (Autonomação). Propõem-se um modelo (Figura 4), no qual todas as ferramentas bem como os conceitos trazidos por Ohno são trabalhados.

As ferramentas e técnicas relacionadas ao Lean que serão apresentadas ao longo deste desenvolvimento dentro do modelo de estruturação devem sempre ser entendidas baseando-se nos conceitos de JIT e Jidoka.

A organização do Lean enquanto pessoas é focada na capacitação dos operadores no sentido de se tornarem autônomos e auto-suficientes organizados nas chamadas APG's (Atividades de Pequenos Grupos). Esse conceito está intimamente ligado ao desenvolvimento do TPM (Manutenção Produtiva Total) e na colocação do operador como responsável por algumas atividades de Manutenção.

As APG's são equipes multifuncionais que tem por objetivo garantir o andamento e a multiplicação dos conceitos Lean dentro da organização.

A explicação dos dois conceitos-base mencionados e que são importantes para a compreensão do Lean serão tratados a seguir. Já as ferramentas que compõe os pilares descritos na figura abaixo, serão tratados com mais detalhes conforme forem sendo distribuídos dentro da estrutura DMAIC do Seis Sigma compondo assim o Lean Seis Sigma.



Figura 4 – Estrutura Lean – Setec (2007)

2.2.3.1. Just-in-time (JIT)

A expressão em inglês "Just-In-Time" foi adotada pelos japoneses, mas não se consegue precisar a partir de quando ela começou a ser utilizada.

Ohno afirma que o conceito *JIT* surgiu da idéia de Kiichiro Toyoda segundo a qual, em uma indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização.

Just-In-Time significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do *JIT* é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A

viabilização do *JIT* depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada.

Segundo Ghinato (2000), em seu livro *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*, o fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time* de produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e rearranjo do *layout* fabril, convertendo os tradicionais *layouts* funcionais (ou *layouts* por processos) – onde as máquinas e recursos estão agrupadas de acordo com seus processos (ex.: grupo de fresas, grupo de retíficas, grupo de prensas, etc.) – para células de manufatura compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de fabricação e montagem em células de manufatura é somente um pequeno passo em direção à implementação da produção enxuta. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementar-se um fluxo unitário (um a um) de produção, onde, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados.

O *Takt-time* ou “ritmo” é taxa de demanda do cliente. O *Takt time* é calculado pela divisão do tempo de produção pela quantidade que o cliente requer naquele tempo.

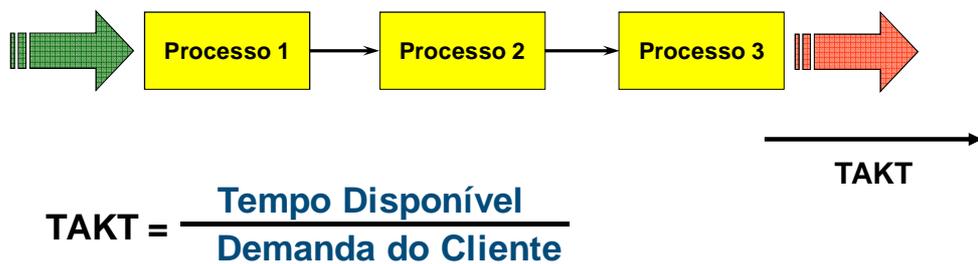


Figura 5 – Definição do *Takt-Time* – pelo autor

Para um melhor entendimento, segue na figura abaixo um exemplo de cálculo de *Takt-time*:

Exemplo:

Tempo Disponível Total: 8 horas por turno
Quantidade de turnos: 1 / dia
Intervalos e Almoço: 1 hora / dia

} Tempo Disponível = 7 horas / dia

Demanda do Cliente: 840 peças / dia

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo Disponível}}{\text{Demanda do Cliente}} = \frac{7 \text{ horas / dia}}{840 \text{ peças / dia}}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{25200 \text{ segundos / dia}}{840 \text{ peças / dia}} \rightarrow \text{Takt Time} = \boxed{30 \text{ segundos}}$$

38

Figura 6 – Cálculo do Takt-time – pelo autor

O conceito de produção puxada confunde-se com a própria definição de *Just-In-Time*, que é produzir somente os itens certos, na quantidade certa e no momento certo. No Sistema Toyota de Produção, o ritmo da demanda do cliente final deve repercutir ao longo de toda a cadeia de valor, desde o armazém de produtos acabados até os fornecedores de matérias-primas. A informação de produção deve fluir de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo dos materiais, isto é, do processo-cliente para o processo-fornecedor.

Um sistema de produção trabalhando sob a lógica da produção puxada produz somente o que for vendido, evitando a superprodução. Ainda, sob esta lógica, a programação da produção é simplificada e auto-regulável, eliminando as contínuas reavaliações das necessidades de produção e as interferências das instruções verbais, características da produção empurrada.

2.2.3.2. Jidoka (Autonomação)

O conceito de Jidoka surgiu no início do século XX, quando Sakichi Toyoda inventou um tear com parada automática em caso de rompimento do fio. Antes disso, se um fio quebrasse, o tear continuaria funcionando e o resultado era a geração de desperdícios.

A idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha.

Este tipo de automação programa algumas funções supervisoras antes das funções de produção. Na Toyota isto geralmente significa que, se uma situação anormal aparecer, a máquina pára e os operários pararão a linha de produção. Autonomação previne produtos defeituosos, elimina superprodução e foca a atenção na compreensão do problema e assegurar que esse problema não se repita.

A transferência de algumas funções supervisoras à máquina impele a separação do homem e a máquina possibilitando ao operador mais tempo para gerir suas atividades e eventualmente produzir mais.

2.2.3.3. Ferramentas Lean

Juntamente com a descrição das duas bases que norteiam toda a estruturação do Lean, caberá uma breve discussão sobre cada uma das ferramentas a seguir, porém as que serão importantes e irão compor a metodologia Lean Seis Sigma (foco inicial deste trabalho) serão alocadas e devidamente explicadas quando dentro estruturação DMAIC do Seis Sigma compondo assim a metodologia de análise do estudo de caso. As ferramentas relacionadas ao dimensionamento da capacidade de

produção e o balanceamento da linha também serão tratadas em um capítulo específico.

2.2.3.3.1. Kaizen

Conceito

O Kaizen foi desenvolvido no período pós-guerra pelas empresas japonesas, que necessitavam de uma reconstrução, com a crença de uma melhora contínua capaz de eliminar os grandes desperdícios e melhorar a competitividade.

A eliminação do desperdício através da melhoria contínua deve-se tornar um modo de vida tendo principalmente foco em:

- Segurança
- Eficiência
- Custo
- Qualidade
- Entrega

O Kaizen deve ser realizado por todos, independente do processo e área e deve ser a melhoria dos processos atuais, através da identificação dos desperdícios de sua eliminação e padronização do processo, garantindo assim que a situação melhorada permaneça ao longo do tempo.

Sistemática do Kaizen

Entretanto, diferente de que alguns pensam não basta apenas sair fazendo, não podemos esquecer o oitavo desperdício que é o aproveitamento do conhecimento humano, que aqui tem um papel muito importante nas etapas de desenvolvimento do Kaizen. Podemos estruturá-lo em 7 etapas sendo:

1. Observar
2. Analisar
3. Desenvolver Soluções
4. Planejar
5. Implementar e Avaliar
6. Padronizar
7. Ver Novas Oportunidades

Após 1990, quando houve uma ampliação na abordagem de atuação do Lean, foram criados cinco princípios utilizados para a condução das melhorias, que podem ser descrito da seguinte forma:

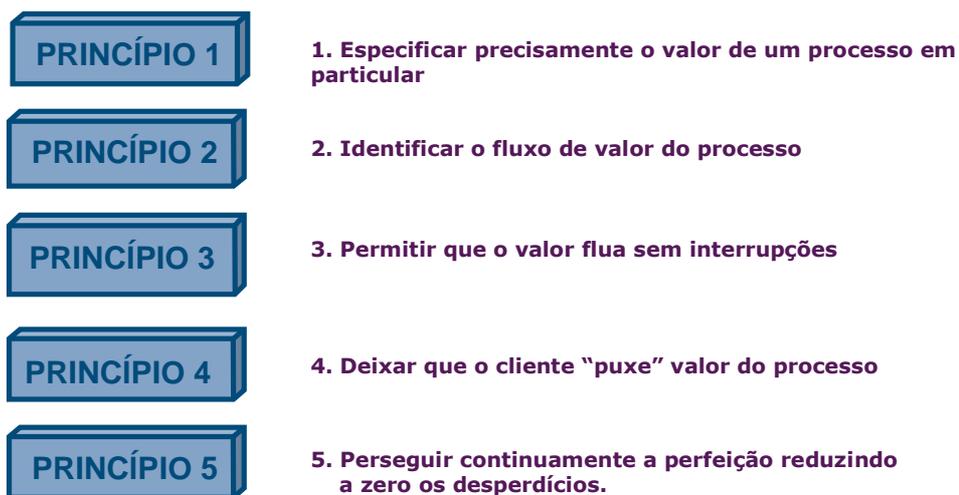


Figura 7 - Princípios da filosofia Kaizen – Setec (2007)

Com a realização do KAIZEN poderemos garantir a Estabilidade Operacional, ou seja, garantir que os padrões de trabalho são sempre avaliados, melhorados e padronizados.

2.2.3.3.2. VSM – Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma representação visual completa do fluxo de valor do processo, incluindo o fluxo dos materiais, produto e da informação do processo. Seu Objetivo é identificar os desperdícios no processo e identificar melhorias no fluxo de valor. Essa ferramenta será tratada com mais detalhe no capítulo relacionado ao dimensionamento da capacidade de produção e no próprio estudo de caso

2.2.3.3.3. TOC – Teoria das Restrições

Trata-se de uma filosofia de gerenciamento com a premissa básica de que a otimização de todas as etapas dos processos não necessariamente geram melhorias para o sistema como um todo.

Deve-se trabalhar no sentido de identificar, minimizar ou eliminar os problemas principais, chamados restrições ou gargalos. Os gargalos (restrições dos processos) limitam a capacidade do sistema em atingir um melhor desempenho, assim, o gargalo é o problema prioritário a ser melhorado.

A identificação dos gargalos através do trabalho de levantamento dos tempos de ciclo das atividades automáticas e manuais tendo em vista o valor do Takt Time é uma das saídas do estudo de caso que guia esse desenvolvimento. A tratativa e as soluções para cada um dos gargalos identificados não será parte deste trabalho que tem por objetivo o mapeamento do estado atual. Os principais gargalos serão estudados com mais detalhes para demonstrar qual tipo de análise deve estar acompanhada do levantamento da capacidade de produção.

2.2.3.3.4. 5S – Cinco Sentos

O 5S também chamado de Cinco Sentos trata-se de uma sistemática com o objetivo de melhorar o ambiente de trabalho. Os 5 Sentos são:

- Senso de Utilização
Livre-se daquilo que não é necessário
- Senso de Organização
Cada coisa em seu devido lugar
- Senso de Limpeza
Limpe sempre seu local de trabalho
- Senso de Saúde
Mantenha sempre o ambiente de trabalho favorável à saúde e higiene
- Senso de Auto-Disciplina
Mantenha todos os Sentos e busque sempre melhorias.

2.2.3.3.5. Gerenciamento Visual

Gerenciamento visual é uma ferramenta baseada na rápida absorção da informação para a tomada de decisões eficientes. Fornece o controle visual para o reconhecimento das anomalias e/ou desperdícios facilitando assim uma resposta imediata.

2.2.3.3.5. Poka Yoke

É uma técnica que previne a ocorrência de falhas ou identifica/elimina defeitos, evitando sua propagação. Existem dois tipos de Poka Yokes: os de Prevenção e os de detecção Os Poka Yokes de Prevenção identificam a causa e previnem a ocorrência da falha já os Poka Yokes de detecção eliminam o defeito no ponto

de ocorrência evitando que se propaguem, ou seja, um atua na causa do problema e outro no efeito.

2.2.3.3.6. SMED – Troca Rápida de Ferramentas

SMED é a sigla para “Single Minute Exchange os Dies” que significa troca rápida de ferramentas em somente um dígito de minuto. O objetivo de SMED é fazer com que os tempos de troca de máquinas, que trata-se de um tempo perdido no processo, seja o menor possível.

A aplicação do SMED consiste nos seguintes passos:

1. Coletar Dados (Observação – filmagem)
2. Estabelecimento de Metas de melhoria
3. Separação de Atividades Internas e Externas Explicar
4. Converter atividades internas em externas
5. Otimizar as atividades internas
6. Otimizar as atividades externas
7. Validar os procedimentos / resultado

2.2.3.3.7. Kanban

É um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em sistema puxado. A presença dessa ferramenta em um ambiente lean proporciona o controle das informações e a movimentação de materiais entre os processos de produção.

A utilização de Kanbans é uma ferramenta muito importante quando do desenvolvimento de um processo enxuto a partir do mapa atual descrito no VSM. A determinação de um processo puxado e a redução de estoques

intermediários no processo é possível em linhas aonde uma célula de produção não é aplicável através da utilização de Kanbans.

2.2.3.3.8 TPM - Manutenção Produtiva Total

A manutenção produtiva Total é uma ferramenta que ajuda a reduzir as perdas ocasionadas por falhas nos equipamentos por meio da “quebra zero” garantindo que todas as máquinas do processo estejam sempre aptas a realizar as suas tarefas.

Para garantir que tudo tenha quebra zero as próprias pessoas são envolvidas na manutenção de seus equipamentos, assim conseguem garantir o seu máximo aproveitamento.

O TPM está dividido em 5 elementos sendo:

1. Treinamento em Operação e Manutenção
2. Condução da Manutenção Planejada
3. Gerenciamento do Ciclo de Vida do Equipamento
4. Melhoria da Eficácia Global do Equipamento
5. Segurança

2.2.3.3.9 Indicadores

São vários os Indicadores existentes no Lean abaixo relaciona-se os principais, conforme a necessidade da utilização destes, serão descritos de maneira mais detalhada.

- Dock-to-dock (DTD)
- Eficiência Global do Equipamento (OEE)
- First Time Through (FTT)
- Build-to-Schedule(BTS)
- Tempo de Ciclo de Manufatura (MCT)

2.3 Seis Sigma

2.3.1 Definições

A metodologia Seis Sigma é um conjunto de práticas originalmente desenvolvidas pela Motorola para melhorar sistematicamente os processos ao eliminar defeitos. Diferente de outras formas de gerenciamento de processos produtivos ou administrativos o Seis Sigma tem como prioridade a obtenção de resultados de forma planejada e clara, tanto de qualidade como principalmente financeiros.

De acordo com Mickel Harry et al. apud Rotondaro et al (2002), Seis Sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros.

Na ótica do Seis Sigma todos os processos apresentam algum grau de variabilidade. O problema ocorre quando essa variabilidade é superior àquela esperada pelo cliente e quando isso acontece, é sinal de que o processo gerou um defeito. A proposta do Seis Sigma é a redução dos defeitos gerados pelo processo.

O termo sigma mede a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas, ou seja, é a forma de se medir o número de defeitos do processo estudado. Quando falamos em qualidade Seis Sigma, significa que estamos trabalhando com uma performance de 3,4 defeitos por milhão ou 99,99966% de desempenho.

A figura a seguir mostra, de forma esquemática, o entendimento de melhoria do processo, utilizando o conceito de diminuição da variabilidade (Sigma) para aumentar, assim, o numero de Sigmas dentro da especificação.

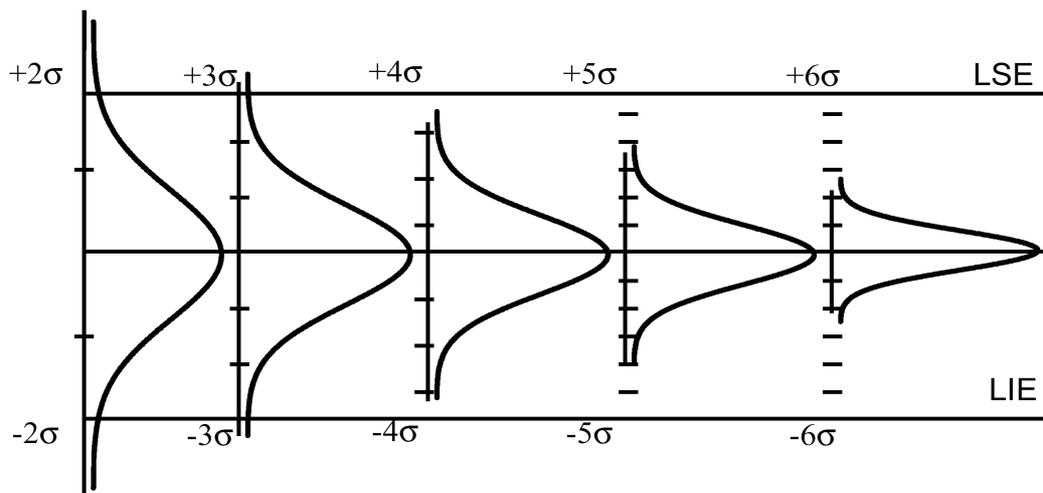


Figura 8 - Curvas de Variação do Sigma – Setec (2008)

Mas por que Seis Sigma? E não Quatro ou Cinco? No início do Seis Sigma em 1985, o engenheiro Bill Smith (criador do conceito do Seis Sigma em 1984) sugeriu que a Motorola deveria exigir margens de projeto de 50% para todas as especificações de desempenho de seus produtos-chave. Estatisticamente falando, tal de "margem segurança" é equivalente a um nível do sigma igual a seis.

Para Hammer (2002) a definição técnica é irrelevante, pois a grande maioria das companhias não necessita atingir o nível de qualidade Seis Sigma, ao contrário de outras que necessitam chegar a um nível de qualidade ainda maior.

De acordo com Wilson (1999) apud Rotondaro et al., (2002) o Seis Sigma pode atuar de várias formas na empresa:

- **Benchmark:** é usado como um parâmetro para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, maquinarias, divisões e departamentos, entre outros;
- **Meta:** é uma meta de qualidade. A meta Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha. Contudo, não necessariamente de zero. É na verdade 3,4 partes por milhão de unidades defeituosas, 3,4 defeitos por milhão, 3,4 falhas por milhão, 3,4 PPM.

- **Medida:** É uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, tal como em processos Dois Sigma, significa que o nível de qualidade não é tão alto. O número de não conformidades ou unidades defeituosas em tal processo pode ser muito alto. Se compararmos com um processo Quatro Sigma, temos um nível de qualidade significativamente melhor. Então quanto maior o número de sigmas, melhor o nível de qualidade;
- **Filosofia:** É uma filosofia de melhoria perpétua do processo de redução de variabilidade na busca interminável de zero defeito;
- **Estatística:** É uma estatística calculada para cada característica crítica da qualidade, para avaliar a performance em relação à especificação ou à tolerância;
- **Estratégia:** É uma estratégia baseada na inter-relação entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final e sua confiabilidade, ciclo de controle, inventários, reparos no produto, sucata e defeitos, assim como falhas em tudo o que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente e o grau de influência que eles possam ter sobre sua satisfação;
- **Visão:** é uma visão de levar uma organização a ser a melhor do ramo. É uma viagem intrépida em busca da redução da variação, defeitos, erros e falhas. É estender a qualidade para além das expectativas do cliente.

Apesar de todas estas definições é importante saber que os elementos básicos do Seis Sigma não são novos. O Seis Sigma utiliza as ferramentas básicas da qualidade e ferramentas estatísticas mais avançadas como: Controle Estatístico do Processo, FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos), Estudos de R&R (Análise de repetitividade de reprodutibilidade) e outras ferramentas. O Seis sigma oferece uma moldura que une estas ferramentas a uma forte estrutura de gerenciamento.

Deste modo verifica-se que o Seis Sigma não é apenas uma simples metodologia com o intuito de aumentar a qualidade e sim, uma metodologia para o aperfeiçoamento dos processos de uma organização como um todo tendo como chave para o sucesso o

comprometimento na utilização de recursos e uma rigorosa metodologia para identificar e eliminar fontes de variação.

2.3.2 Histórico

Em meados dos anos 80, sob o comando de Bob Galvin, os Engenheiros da Motorola decidiram que não era suficiente medir os defeitos por milhares de oportunidades. Ao invés, disso passaram a medir os defeitos do processo por milhão de oportunidade. A Motorola desenvolveu este novo padrão e criou uma metodologia para isto, mas para que essas mudanças surtissem efeito seria ainda necessária uma mudança cultural na organização e o Seis Sigma cuidou disso. O Seis Sigma ajudou a Motorola a obter resultados na ordem de US\$ 16 bilhões.

Desde então, empresas como General Electric, Allied-Signal, Ford Motor Company e muitas outras companhias ao redor do mundo adotaram o Seis Sigma como uma maneira de se conduzir os negócios.

2.3.3 Objetivos do Seis Sigma

O Seis Sigma tem-se mostrado como um grande impulsionador dos negócios de diversas empresas cujo objetivo principal é a melhoria nos resultados financeiros. Pande (2001) propõe três objetivos: Transformação do Negócio, Melhoria Estratégica, Solução de Problemas.

Pande diz que as empresas estão tentadas a querer as três opções, mas devem decidir por onde começar, ou seja, deve-se definir qual objetivo seguir.

A tabela a seguir mostra quais são os três níveis de objetivos para o Seis Sigma:

Tabela 1 - Três Níveis de Objetivos Seis Sigma – Pande (2001)

<i>Objetivo</i>	<i>Descrição</i>
Transformação do Negócio	Uma mudança importante em como a organização funciona; ou seja, “mudança de cultura”.
Melhoria Estratégica	Objetivas fraquezas ou oportunidades estratégicas fundamentais.
Solução de Problemas	Determina áreas específicas de altos custos, retrabalhos ou atrasos.

2.3.4 Performance do Seis Sigma

De acordo com Stamatis (2004), no Seis Sigma, ao menos na indústria da eletrônica, validou-se empiricamente que o deslocamento da distribuição era sobre $1,5\sigma$. Isto não significa que todos os processos, e em todas as indústrias, este deslocamento está sempre dentro de $\pm 1,5\sigma$. Este deslocamento varia. Como exemplo, na indústria automotiva desde 1980, que o deslocamento é $\pm 1\sigma$ e diferente do que diz a convenção de $\pm 1,5\sigma$. Entretanto considera-se que todos os processos variam 1.5σ em longo prazo.

Assim, para um processo Seis Sigma, a performance esperada dos processos corresponde à 3,4 PPM (partes por milhão).

A figura a seguir mostra que para um processo Seis Sigma centralizado o índice de produtos fora da especificação é de 2 PPB (partes por bilhão).

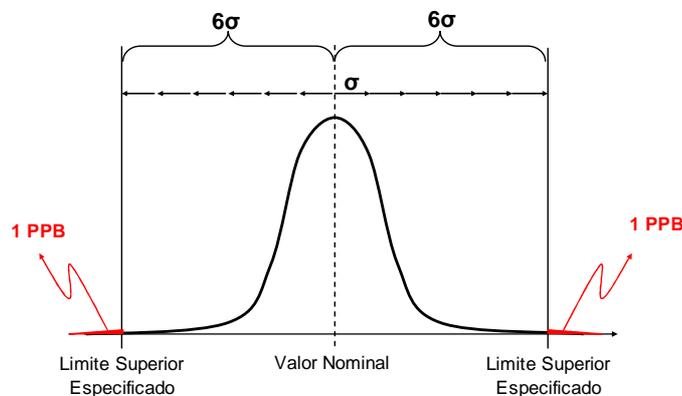


Figura 9 - Processo 6 Sigma (centralizado) – Ferreira apud Ouchi (2002)

Entretanto, ao longo do tempo o processo sofre uma descentralização, devido a variações naturais. No Seis Sigma considera-se aceitável uma descentralização de no máximo 1,5 sigmas.

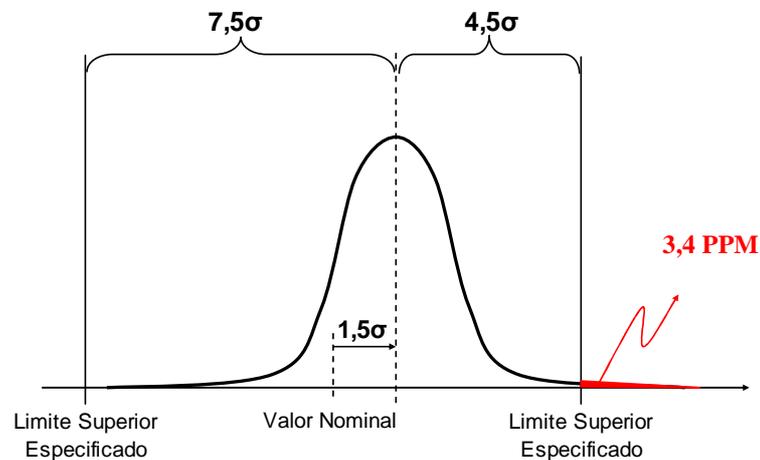


Figura 10 - Processo 6 Sigma (descentralizado) - Ferreira apud Ouchi (2002)

De acordo com Stamatis (2004), a maioria das companhias tem seguido um padrão de desempenho para 3σ . Não há nada de errado com o 3σ para determinados produtos e determinadas indústrias. Entretanto, há uma diferença muito grande entre 3σ e 6σ . Um processo com 3σ , significa que ele possui um rendimento de 93,32% em longo prazo (este é o padrão histórico para a maioria de organizações). Para um processo 4σ , significa que ele possui um rendimento de 99,38% em longo prazo (este é um padrão que algumas organizações operem atualmente).

Uma organização com um processo 6σ possui um processo com rendimento de 99,99966% em longo prazo, ou seja, seus processos trabalham com 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.

Para entendermos quanto esta variação representa, a figura a seguir faz a comparação de processos com performance Quatro Sigma (99,38% de eficiência) e Seis Sigma (99,99966% de eficiência).



Figura 11 - Comparação entre Performance: Quatro Sigma e Seis Sigma – Werkema (2008)

Além da representação Sigma, os resultados podem ser expressos através da linguagem financeira utilizando para isso o custo da não qualidade relacionado ao faturamento da empresa. A tabela a seguir mostra para cada nível de Sigma qual o impacto no custo da não qualidade.

Tradução do nível da qualidade para a linguagem financeira

Nível da qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	Custo da não qualidade (% do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	Não se aplica
Três sigma	66.807	25 a 40%
Quatro sigma	6.210	15 a 25%
Cinco sigma	233	5 a 15%
Seis sigma	3,4	< 1%

Figura 12 - Correlação do Nível de Qualidade com Custo da não Qualidade – Werkema (2008)

2.3.5 Metodologias Aplicadas - Etapas

De acordo com Stamatis (2004), existem diferentes aproximações à metodologia Seis Sigma, sendo que as três predominantes são provenientes da Motorola, Six Sigma Academy e General Eletric. Cada uma delas será detalhada abaixo:

Motorola: A Motorola foi a primeira companhia a desenvolver a metodologia e a dividiu em seis etapas: Identificar o que produto você cria ou o serviço que você fornece, identificar os clientes para seu produto ou serviço e determinar o que estes consideram importante, identificar suas necessidades (isto é, para fornecer os produtos ou os serviços que satisfaçam ao cliente), definir o processo para realizar o trabalho, criar dispositivos à prova de erros e eliminar os desperdícios e assegurar a melhoria contínua medindo, analisando e controlando o processo melhorado.

Six Sigma Academy: Esta é a primeira metodologia comercialmente aceita do Seis Sigma, com variações menores, da aproximação original de Motorola. Certamente, é a primeira metodologia do Seis Sigma a que a maioria de organizações foi exposta. É uma aproximação simples e direta e está dividida em quatro etapas principais: *Measure* (Medir); *Analyze* (Analisar); *Improve* (Melhorar); *Control* (Controlar).

General Electric: é a companhia que continuou o progresso de Motorola e padronizou a metodologia. A aproximação da metodologia pela General Eletric transformou-se na aproximação que a maioria de organizações utiliza. A General Eletric dividiu a metodologia em cinco etapas, sendo estas conhecidas como o modelo DMAIC:

D - Define (Definir): Definir com precisão o escopo do projeto.

M - Measure (Medir): Determinar a localização ou foco do problema.

A - Analyze (Analisar): Determinar as causas de cada problema prioritário.

I - Improve (Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.

C - Control (Controlar): Garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo.

A seguir serão detalhadas as etapas da metodologia de acordo com o Modelo DMAIC de acordo com Rotondaro et. al (2002).

D – Definir

Nesta Primeira etapa da metodologia o objetivo é definir claramente qual o “Efeito” indesejável de um processo que deve ser eliminado ou melhorado. É fundamental que haja uma relação clara com um requisito especificado pelo cliente e que o projeto seja economicamente vantajoso.

Ferramentas utilizadas:

- Dados Internos da empresa, objetivos, dados financeiros, metas;
- Dados do Cliente;
- Análise custo-benefício
- Priorização dos processos Críticos do negócio;
- Desenho dos macro-processos prioritários;
- QFD.

M – Medir

Nesta Segunda etapa da metodologia a equipe coleta os dados relevantes ao projeto.

Ferramentas utilizadas:

- Estatística base;
- Análise do Sistema de Medição;
- Cálculo de capacidade do processo;

- Ferramentas estatísticas básicas.

A – Analisar

Com os dados medidos, neste momento são feitas as análises relevantes ao projeto em questão. São utilizadas ferramentas da qualidade e ferramentas estatísticas.

As causas óbvias e não óbvias que interferem no resultado do processo devem ser determinadas.

Ferramentas utilizadas:

- FMEA;
- Teste de hipótese;
- ANOVA;
- Testes não paramétricos;
- Correlação e Regressão Simples;
- Teste qui-quadrado.

I – Melhorar

Neste momento os resultados estatísticos encontrados na fase anterior são traduzidos em dados do processo e a equipe deve modificar tecnicamente os elementos atuando sobre as causas raízes.

Esta é uma fase crítica onde a equipe interage com pessoas e executam as implantações de melhorias, sendo portanto, uma fase crítica.

Ferramentas utilizadas:

- Planos de Ação;
- Manufatura Enxuta;
- Cálculo da nova Capacidade do processo;
- DOE – Delineamento de Experimentos;

C – Controlar

Nesta última etapa deve ser estabelecido um sistema de medição e controle para medir continuamente o processo, de modo que se possa medir e validar e garantir que a capacidade do processo seja mantida.

É importante monitorar os X's críticos não só para manter o processo estável, mas para que também oportunidades para melhorias futuras possam ser indicadas.

Ferramentas utilizadas:

- Elaboração dos novos procedimentos;
- Gráficos de controle para variáveis e atributos;
- CEP para pequenos lotes;
- Padronizando os procedimentos.

Contudo uma outra aproximação ao Seis Sigma é a compreensão que a melhoria pode ser alcançada em produtos e serviços atuais e futuros. Em consequência deste pensar, o Design for Six Sigma (DFSS) veio ser uma adição à aproximação tradicional (DMAIC). A metodologia utilizada pelo Design for Six Sigma é O DMADV.

Esta metodologia utilizada quando existe a necessidade de reprojeter ou desenvolver um novo projeto seja de um produto ou processo, ou seja, quando uma melhoria não é suficiente para alcançar o nível de qualidade desejado. Vale a pena destacar que o tempo necessário para o retorno financeiro dos projetos com utilização do DMADV é maior que o tempo necessário na utilização do DMAIC, a razão é que para esta nova metodologia será lançado um novo produto ou processo no mercado e conseqüentemente os retornos levarão um tempo maior.

As etapas desta metodologia estão descritas a seguir:

- D - Define (Definir): Definir claramente o novo produto ou processo a ser projetado.
- M - Measure (Medir): Identificar as necessidades dos clientes e traduzi-las em características críticas para a qualidade (CTQ) de modo que possam ser mensuradas.

- A - Analyze (Analisar): Selecionar o melhor conceito dentre as alternativas desenvolvidas
- D - Design (Projetar): Desenvolver um projeto detalhado (protótipo), realizar os testes necessários.
- V - Validate (Validar): Testar e validar a viabilidade do projeto e lançar o novo produto no mercado.

A escolha de cada uma das metodologias dependerá do tipo de projeto a ser desenvolvido. Quando uma melhoria do estado atual for suficiente será utilizada o DMAIC, caso contrário, se existe a necessidade de um reprojeto do sistema, será utilizado o DMADV.

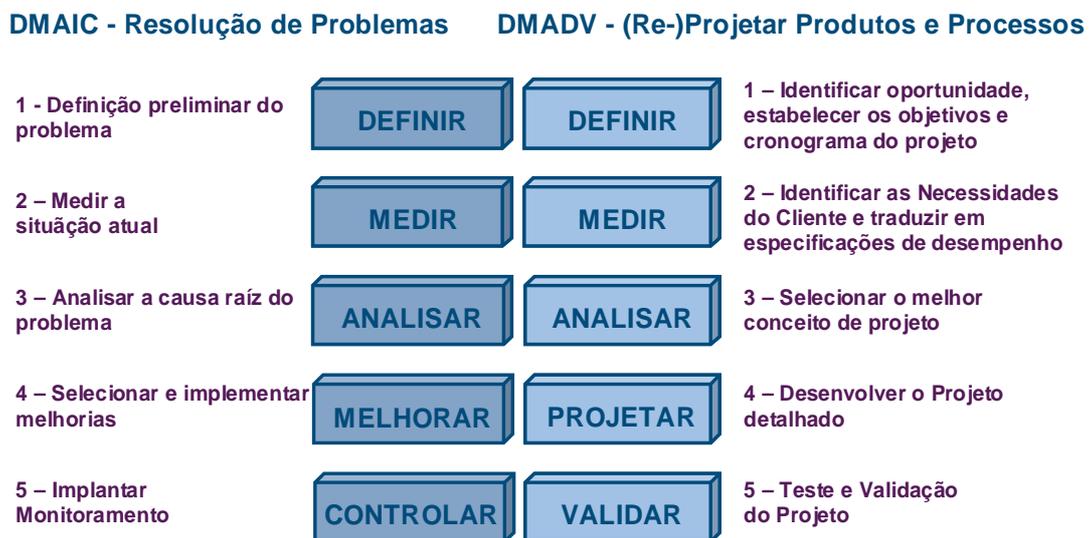


Figura 13 - Objetivos das Etapas DMAIC e DMADV – Setec (2007)

2.3.6 Métricas e Indicadores

Apesar das variações que existem na metodologia, de acordo com Stamatis (2004) existem algumas fórmulas que todos devem estar familiarizados tais como:

Proporção de Defeituosos:

$$\text{Proporção de Defeituosos} = \frac{\text{Número Total de Defeituosos}}{\text{Número Total de Unidades}}$$

Rendimento Final:

$$Y_{\text{Final}} = 1 - (\text{Proporção de Defeituosos})$$

Defeitos Por Unidade (DPU):

$$DPU = \frac{\text{Número Total de Defeitos}}{\text{Número Total de Unidades}}$$

Defeitos Por Oportunidade (DPO):

$$DPO = \frac{\text{Número Total de Defeitos}}{\text{Número Total de Unidades} \times \text{Número de Oportunidades de Defeito}}$$

Defeitos Por Oportunidade (DPO):

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

Rendimento de Primeira Passada

$$\text{Rendimento de Primeira Passada} = 1 - \frac{\text{Número Unidades Retrabalhadas}}{\text{Número Unidades que entraram}}$$

Capacidade do Processo

$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$, Onde LSE e LSI representam os limites superior e inferior de especificação.

$$C_{pk} = \text{MÍNIMO} \left(\frac{LSE - \text{Média}}{3\sigma}; \frac{\text{Média} - LIE}{3\sigma} \right)$$

$$Z_{LP} = \text{Nível Sigma} = C_{pk} \cdot 3, \text{ onde } Z_{LP} = \text{Capacidade a Longo Prazo}$$

O Nível Sigma pode ser considerado como o número de desvios que cabem entre a média do processo e o limite de especificação mais próximo.

$$Z_{CP} = Z_{LP} + 1,5, \quad \text{onde } Z_{CP} = \text{Capacidade a Curto Prazo}$$

2.3.7 Estrutura da Equipe

A estrutura do Seis Sigma pode ser vista entendida de acordo com a hierarquia apresentada na figura a seguir. Os Champions e Master Black Belts no Topo, abaixo os Black Belts responsáveis pela condução dos projetos e orientação às equipes formada por Green Belts e apoios de White Belts.

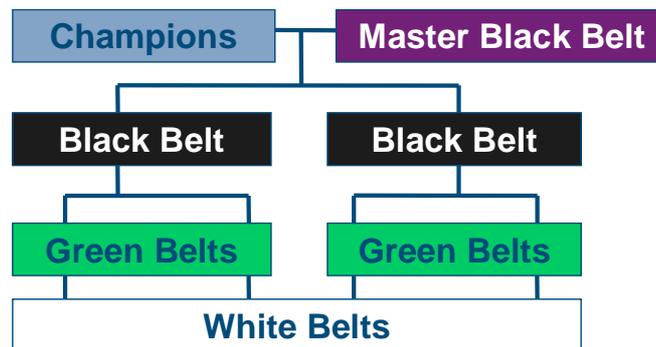


Figura 14 - Estrutura do Seis Sigma – Material de Treinamento de Seis Sigma Setec

Conforme Mickel Harry et al., “esses termos foram desenvolvidos na motorola e procuram salientar as qualidades de um especialista no sistema. Um *Black Belt* das artes marciais tem um treinamento intenso, é um especialista em sua técnica e mantém o equilíbrio quando aplica um golpe ou defende-se de seu adversário. Ele rapidamente se recupera e está pronto para a próxima ação. Na aplicação da técnica Seis Sigma, o especialista tem que ter as mesmas qualificações que o especialista das Artes Marciais.”

De acordo com Stamatis (2004) e a Setec foram detalhadas quais as responsabilidades de cada integrante dentro da equipe de Seis Sigma:

Champions:

- Representam a alta administração;
- Difundem a estratégia por toda a empresa;
- Garantem o comprometimento top-down na organização;

- Eliminam as barreiras para o Seis Sigma;
- Garantem o comprometimento de toda a empresa, demonstrando identidade e confiança na metodologia;
- Priorizam os projetos, assegurando que estejam alinhados com as diretrizes estratégicas da empresa;
- Definem o escopo dos projetos;
- Provêm os recursos para a execução dos projetos;
- Selecionam os líderes e os membros das equipes (Black Belts, Green Belts e White Belts).

Master Black Belt (MBB)

- Auxiliam os líderes de projetos e avaliam o andamento do projeto;
- Trabalham na interface com o Champion;
- Multiplicam e difundem a metodologia;
- Gerenciam o Seis Sigma na organização.

Black Belt (BB)

- Atuam como agentes de mudanças nos processos;
- Possuem grande experiência na área e visão geral do processo;
- São líderes de equipes 100% dedicados para condução de projetos de Seis Sigma;
- Identificam oportunidades de aplicação de Seis Sigma na empresa;
- Provém suporte para os Green Belts e outros membros da equipe;
- Acompanham ativamente os projetos em desenvolvimento;
- Realizam trabalho de coaching;
- Sabem trabalhar com resistências;
- Devem passar por treinamento metodológico e de liderança.

Green Belt (GB)

- Oferecem dedicação parcial aos projetos de Seis Sigma;
- Possuem maior grau de especialização em determinado processo;
- Podem liderar projetos específicos;
- Devem saber trabalhar em equipe;
- Devem passar por treinamento teórico e prático.

White Belts

- Oferecem dedicação parcial aos projetos de Seis Sigma;
- Possuem conhecimento específico do processo em estudo;
- Devem saber trabalhar em equipe;
- Devem ser treinados na metodologia Seis Sigma.

3. Lean Seis Sigma

O desenvolvimento da metodologia de trabalho Lean Seis Sigma que está sendo feita para este trabalho, conta com a base de referências bibliográficas e o próprio andamento do estudo de caso. Seguindo a metodologia DMAIC para sua aplicação, quando da finalização da etapa Medir, identificou-se a necessidade de levantamento dos tempos dos processos definindo assim um novo escopo para o projeto. Somente através do uso dessa metodologia de trabalho pode-se identificar a real necessidade da empresa.

Se pensarmos em termos da definição de um problema, teremos o seguinte: Qual a capacidade de produção das minhas linhas? Qual o estado atual do balanceamento? Quais os meus gargalos?

3.1. Definições

Conforme descrito anteriormente, Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores. Ele nasceu na Motorola, em 1987, e foi celebrizado pela GE, a partir da divulgação, feita com destaque pelo CEO Jack Welch, dos expressivos resultados financeiros obtidos pela empresa através da implantação da metodologia (por exemplo, ganhos de 1,5 bilhão de dólares em 1999).

No Brasil, o interesse pelo Seis Sigma está crescendo a cada dia. Já há alguns anos, as empresas cujas unidades de negócio no exterior estavam adotando esse programa o conhecem. “A pioneira na implantação do Seis Sigma com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor (Multibrás e Embraco), que, em 1999, obteve mais de 20 milhões de reais de retorno, a partir dos primeiros projetos Seis Sigma concluídos. Há vários projetos Seis Sigma cujo retorno é da ordem de cinco milhões de reais anuais” (Werkema 2008).

As origens do *Lean Manufacturing* remontam ao sistema Toyota de Produção (também conhecido como Produção *Just-in-Time*) e em seu cerne está a redução de sete tipos de desperdícios: defeitos (nos produtos), excesso de produção de mercadorias desnecessárias, estoques de mercadorias à espera de processamento ou consumo, processamento

desnecessário, movimento desnecessário (de pessoas), transporte desnecessário (de mercadorias) e espera (dos funcionários pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior).

O resumo das duas metodologias pode ser verificado na tabela a seguir.

Tabela 2 - Principais características das metodologias Lean e Seis Sigma – (Setec 2008)

Elementos	Seis Sigma	Lean
Visão	Melhoria dos Processos	Melhoria da Cadeia de Valor
Abordagem	Redução de Defeitos, conceito de Critical To Quality (CTQ)	Redução de Desperdício, conceito de valor reconhecido pelo cliente
Objetivo	Diminuir Variabilidade	Diminuir o Valor Não Agregado
Indicadores	Foco forte em eficácia, indicadores mostrando atender as especificações do cliente	Foco forte em eficiência, indicadores mostrando atender a produtividade
Estrutura da Equipe	Equipe formada por Belts compostos por vários níveis e departamentos trabalhando no tema do projeto	Atividades de Pequenos Grupos (APG's). Compostos principalmente pelas equipes da área envolvendo fortemente o "chão de fábrica".
Natureza dos trabalhos	Projetos definidos observando impacto no Cliente Externo ou Interno	Projetos definidos observando o Fluxo da Cadeia de Valor
Metodologias	DMAIC e DMADV	Utilização dos 5 Princípios
Estratégias de Implementação	Implementar projetos estratégicos ao negócio da empresa.	Implementar melhorias nos pontos gargalos com disseminação do conceito Kaizen.
Áreas Clássicas de Coordenação do Programa	Qualidade	Produção
Ferramentas utilizadas	Fluxograma do Processo, Estudos Estatísticos, Matrizes de tomada de Decisão, FMEA, Planos de Controle, entre outras	VSM, TOC, Kanban, Poka Yoke, Just in Time, SMED, 5S, Gerenciamento Visual, entre outras
Empresas de Sucesso com o Programa	Empresas Norte Americanas (GE)	Empresas Japonesas (Toyota)

O programa resultante da integração entre o Seis Sigma e o *Lean Manufacturing*, por meio da incorporação dos pontos fortes de cada um deles, é denominado *Lean Seis Sigma*, uma estratégia mais abrangente, poderosa e eficaz que cada uma das partes individualmente e adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos.

O Lean trabalha fortemente a mudança cultural dentro de um conceito de desperdício, utilizando ferramentas poderosas para análise da cadeia de valor, com disseminação e geração de empowerment nas atividades de pequenos grupos. Em contrapartida, o Seis Sigma trabalha fortemente o alinhamento das ferramentas estatísticas, como resultado de projetos com começo, meio e fim, resultando na redução significativa dos defeitos e processos mais estáveis.

O que se encontra no mercado são soluções do Seis Sigma utilizando ferramentas do Lean ou vice versa. Empresas que erroneamente utilizam um ou outro sem levar em conta a transformação cultural da organização estarão perdendo terreno e criando tensões e ou frustrações desnecessárias internamente.

Construir um modelo de trabalho que leve em consideração esses dois conceitos é a proposta que leva a resultados mais significativos que são a base do LEAN SEIS SIGMA, ou seja, um modelo que resulte processos mais estáveis e enxutos.

Assim como proposto por Michael L. George et al. (2005), ao longo do desenvolvimento deste projeto, a utilização das ferramentas se dará no sentido de experimentação da utilização das ferramentas Lean dentro da estrutura DMAIC Seis Sigma sempre tendo em vista processos mais estáveis e enxutos simultaneamente. As ferramentas que serão utilizadas serão justificadas em função da necessidade de sua aplicação e apresentada ao longo das etapas de implementação.

3.2. Estrutura

Novamente, segundo Antony; Escamila; Caine (2003), a utilização em conjunto dos modelos *Six Sigma* e *Lean Manufacturing* pode trazer mais benefícios à empresa ao agregar aos projetos uma visão mais estratégica além da qualidade, agilidade, fidelização de clientes, redução de desperdícios, flexibilidade e competitividade perante os concorrentes locais e o mercado global. Mas como relacionar a união de tais técnicas de trabalho?

De acordo com Michael L. George et al. (2005), DMAIC é uma metodologia de resolução de problemas extensamente usada em negócios e cada uma das fases conduzem o time a logicamente definir um problema implementando soluções e unindo as causas relacionadas. Assim, estabelece as melhores práticas para garantir que as soluções se mantenham. A estrutura de DMAIC encoraja o pensamento criativo dentro de limites tais como manter o processo básico, produto ou serviço simples.

A grande questão que pode ser levantada é: “Preciso utilizar o DMAIC como base do Lean Seis Sigma?”. Ainda de acordo com Michael L. George et al. (2005), existe a possibilidade de se pular algumas etapas caso estas sejam desnecessárias ou muito custosas em função da complexidade do problema.

Seja pela complexidade do problema ou ainda pelo alto risco das soluções, antes de se pular alguma etapa deve-se fazer as seguintes perguntas:

- Que dados eu tenho para mostrar que esta idéia é a melhor solução possível?
- Como eu sei que a solução realmente resolverá o problema analisado?
- Que possíveis lados ruins estão relacionados à idéia de solução?

“Se você não puder prover dados para apoiar suas respostas a estas perguntas, você precisa trabalhar durante todas as fases de DMAIC”, (Michael L. George et al. p.1).

Baseando-se nos conceitos trazidos e propostos por Michael L. George e através do desenvolvimento prático através de diversos projetos, a equipe da Setec propõe um modelo de Lean Seis Sigma conforme a figura a seguir. Esta estrutura será utilizada no estudo de caso proposto e cada uma das etapas será descrita posteriormente.

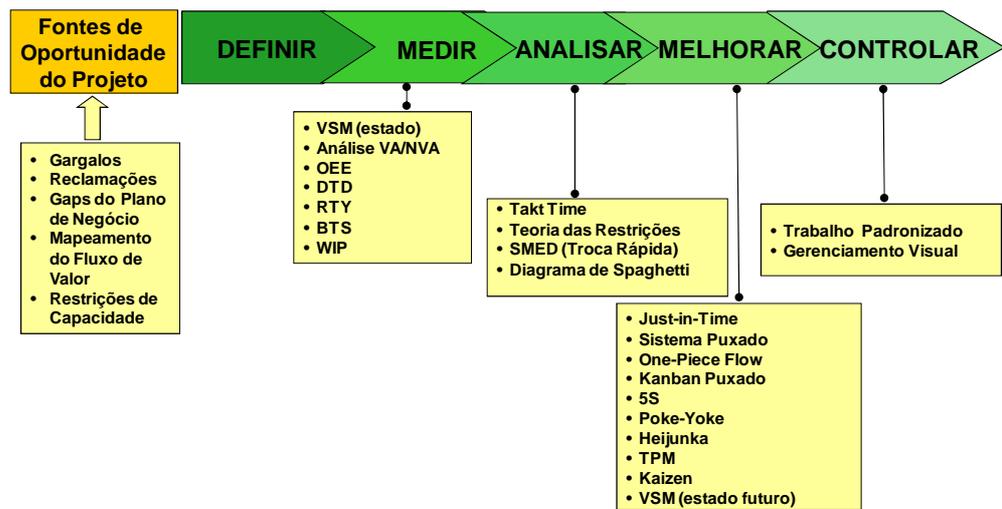


Figura 15 - Visão geral das ferramentas Lean na estrutura DMAIC Seis Sigma – Setec (2007)

3.3. Abordagens

O *Lean Seis Sigma* é uma metodologia de melhoria contínua do negócio que maximiza o valor do acionista e busca com velocidade e qualidade a melhor taxa de satisfação dos clientes e no capital investido. É método amplo que utiliza a previsão da variabilidade, eliminação de desperdícios e planejamento estratégico sobre as oportunidades. Pode combinar várias ferramentas, conforme a necessidade e o nível empresarial em que se encontrar a organização, e tem como “chave” de diferenciação o apoio especializado por cada projeto necessário, conforme George, (2002); George (2003). Os investimentos em *Seis Sigma* normalmente são caros e fazem parte do processo. As pesquisas indicam o método *Lean Seis Sigma*, como uma forma de gestão empresarial que aproveita a

oportunidade de combinar a velocidade do *Lean Enterprise* com a qualidade do *Seis Sigma*, e os autores afirmam que a melhoria na qualidade do negócio tem relação proporcionalmente direta com o aumento na velocidade nos processos empresariais e vice-versa.

O *Lean* e o *Seis Sigma* se interagem e reforçam uma a outra. Ganhos são muito mais rápidos se o *Lean* e o *Six Sigma* forem executados juntos, no negócio, George (2003). Percebe-se o conceito *Lean Seis Sigma* não somente como uma ferramenta de redução de desperdícios e custos, mas como um método de maximização de investimentos de capitais de longo prazo, com aplicações qualitativas e velozes em cada projeto empresarial.

A análise relacionada a cada uma das metodologias esta descrita a seguir.

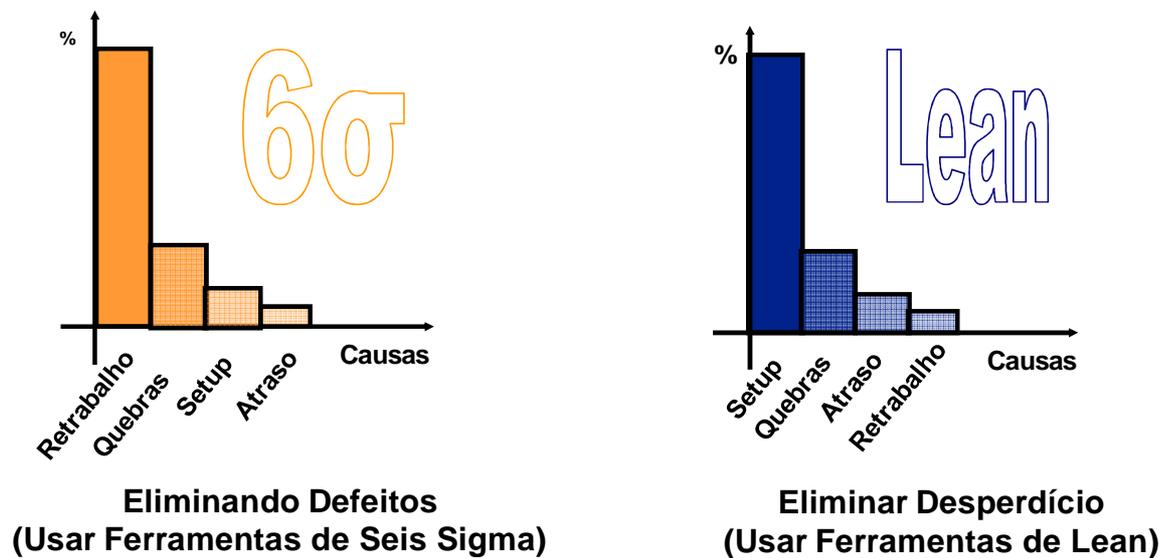


Figura 16 - Diferença entre Lean e Seis Sigma – Setec (2007)

Segundo o Guia de Bolso Lean Seis Sigma publicado pela Setec na revista Banas Qualidade, pode-se destacar quatro abordagens distintas para o Lean Seis Sigma: Lean como ferramenta do Seis Sigma, Seis Sigma como ferramenta Lean, Seis Sigma Lean e Lean Seis Sigma Integrado.

É importante considerar as diferenças entre tais abordagens dentro de um contexto de aplicação das metodologias. Empresas e Indústrias enfrentam diferentes tipos de problemas que afligem em graus distintos sua produção e também possuem maturidades distintas para aplicação do Lean Seis Sigma: com foco mais no Lean ou no Seis Sigma ou uma visão mais integrada.

Como tratamos de problemas que a priori não sabemos como resolver pois não estão bem estruturados ou identificados, a abordagem integrada é mais completa pois traz todo um pacote de soluções que depois, conforme a necessidade, serão efetivamente aplicados.

3.3.1. Lean como Ferramenta do Seis Sigma

Se a diretriz fundamental da empresa é a implementação do Seis Sigma, é muito comum utilizar ferramentas Lean (mapeamento do fluxo de valor, troca rápida, gerenciamento visual, etc.) na aplicação das metodologias DMAIC e DMADV (Design for Six Sigma). Essa abordagem não garante que a empresa terá o Lean como filosofia organizacional.

3.3.2. Seis Sigma como Ferramenta do Lean

Por outro lado, se a orientação estratégica é a Filosofia Lean, é natural entender o Seis Sigma como um importante método de resolução de problemas complexos, que foram identificados na gestão Lean. Nestas circunstâncias, o Seis Sigma deixa de ter relevância estratégica para a organização e tem-se uma visão restrita de sua utilização.

3.3.3. Seis Sigma Lean

Uma terceira visão é a orientação para aceleração dos projetos Seis Sigma. Muitas empresas argumentam que alguns projetos levam mais tempo do que o esperado, e que não necessariamente é necessário fazer investigações mais elaboradas, sendo que a

maioria dos problemas pode ser eliminada em uma análise mais acelerada. Usando essa abordagem, as empresas correm o risco de não eliminar a verdadeira causa dos seus problemas, focando principalmente nos efeitos. O objetivo principal é acelerar os projetos, fazendo um número maior de projetos com menor complexidade.

3.3.4. Lean Seis Sigma Integrado

O Lean Seis Sigma integrado trata-se da utilização completa de Lean e Seis Sigma, garantindo que a empresa atuará paralelamente em projetos de melhoria e no gerenciamento efetivo dos seus diversos processos, buscando ao mesmo tempo a redução da variabilidade e a eliminação dos desperdícios.

Segundo o autor e a Setec, esta é a abordagem que trará mais benefícios e será utilizada como base para o estudo de caso. Na figura a seguir pode-se verificar a evolução do Lean Seis Sigma.

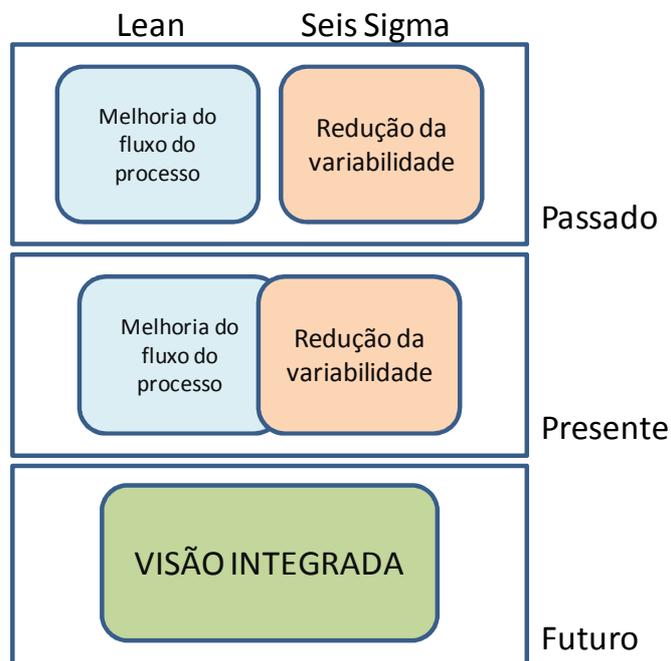


Figura 17 - Aproximação entre o Lean e o Seis Sigma – pelo autor

3.4. Equipe

Conforme visto anteriormente, na estrutura do Seis Sigma encontra-se uma hierarquia bem definida formada por Master Black Belts, Champions, Black Belts, Green Belts e White Belts, o que caracteriza papéis bem definidos dentro de uma equipe, funções estabelecidas que garantem o nível de responsabilidade de cada um dentro do projeto. No Lean encontra-se o conceito de APG's (Atividades de Pequenos Grupos), caracterizados por equipes multifuncionais de um processo. Neste modelo a equipe é permanente e trabalha no gerenciamento diário do processo.

No Seis Sigma a equipe é formada no início de um projeto e dissolvida ao seu final, deixando como legado um processo estável e controlado pelo dono do processo. Esse tipo de dinâmica cria uma relação intensa, porém temporária, entre os membros da equipe. Desta forma, a cultura implementada é a busca da estabilidade e redução dos defeitos nos processos trabalhados. Esse modelo funciona até o nível do staff técnico, mas muitas vezes se perde no nível operacional.

No Lean, quando se cria uma equipe de APG, ela será dissolvida apenas quando o processo em que a equipe atua deixar de existir. Isto cria uma dinâmica intensa e duradoura, mas principalmente desenvolve o “empowerment”, fator muito buscado na cultura Lean, no qual as resoluções de problemas e tomadas de decisões ocorrem de forma eficaz e eficiente no próprio “chão de fábrica”.

O modelo que apresentado na figura a seguir é uma proposta desenvolvida pela Setec e representa uma abordagem onde cada APG estaria desenvolvendo atividades de melhoria utilizando ao mesmo tempo os conceitos de Lean e Six Sigma. Cada membro da equipe recebe uma capacitação mínima de White Belt e juntos responsáveis pelas atividades de pequenos grupos. Tais colaboradores são treinados em conceitos básicos de Lean e Six Sigma.

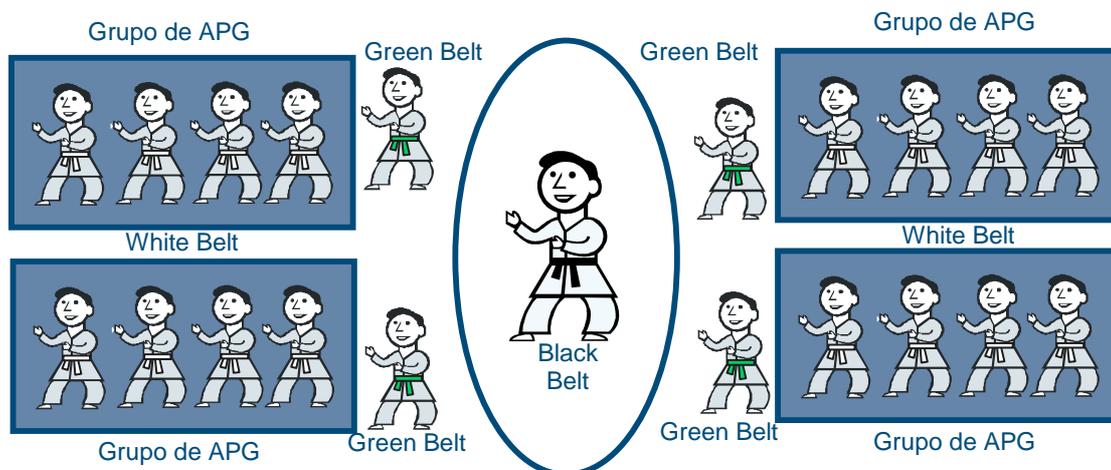


Figura 18 – Estrutura dos grupos Lean Seis Sigma – Setec (2008)

Desta forma conseguimos montar uma estrutura que facilita a difusão dos conceitos com o objetivo de reduzir defeitos e desperdícios. Uma equipe de gestão do negócio seria a responsável por coordenar e difundir os princípios dentro da organização, garantindo que todas as atividades estejam alinhadas com as estratégias da empresa.

3.5. Etapas

3.5.1. D - Define - Definir

A etapa Define é o início do projeto e é nela que, partindo-se de uma oportunidade de melhoria ou “gap”, faz-se a definição preliminar do problema amarrando-se um tema. Seguem abaixo figuras que representam a proposição de estruturação dessa etapa segundo a Setec. Este modelo proposto segue a mesma estrutura proposta por Michael L. George et al. (2005).

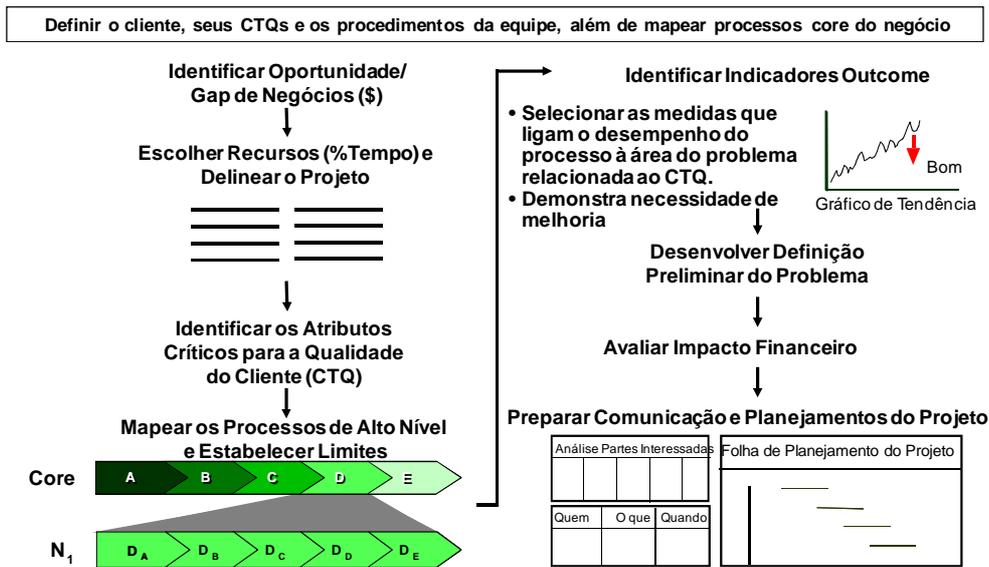


Figura 19 - Atividades e fluxo da etapa Definir – Storyboard – Setec (2007)

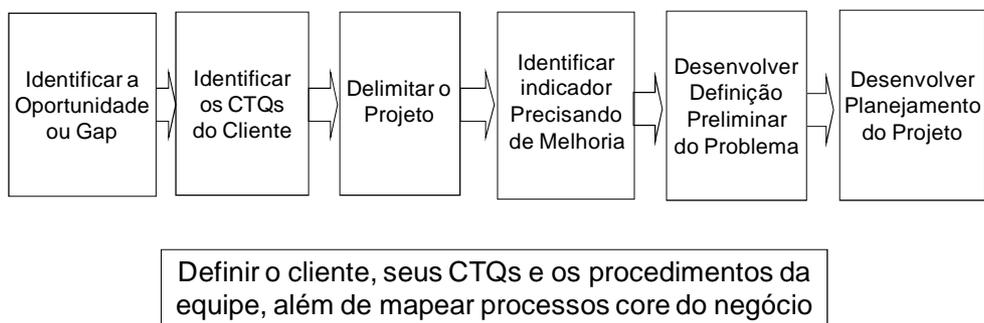


Figura 20 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Definir – Setec (2007)

<i>Storyboard</i>	Ferramentas, Indicadores e Metodologias
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar Oportunidades/ Gap de Negócios (\$) • Identificar os Atributos de CTQ do Cliente • Mapear os Processos de Alto Nível • Identificar Indicadores Outcome • Desenvolver Definição Preliminar de Problema • Avaliar Impacto Financeiro \$ (COQ) • Preparar Comunicação e Planejamentos do Projeto 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CTQs do Clientes ✓ Indicadores Outcome

Figura 21 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Definir – Setec (2007)

Segundo Michael L. George et al. (2005), existem 7 etapas chaves que serão descritas a seguir.

1. Montagem do Project Charter: Montagem através da equipe e da alta administração. Adquirir respostas a perguntas. Negocie acordos ou ajustes para extensão do projeto, recursos, ritmo ou participação de mais pessoas na equipe;
2. Valide a descrição do problema e as metas. Revisão dados existentes ou outras fontes de informação para confirmar que o problema foi determinado. Defina as CTQ (críticos da qualidade);
3. Valide os benefícios financeiros em função de dados existentes;
4. Desenvolva um mapa do processo e um escopo;
5. Desenvolva um plano de comunicação. Uma vez definida a equipe, monte um programa com a rotina de comunicação e quais canais serão utilizados com o objetivo de manter todos informados;
6. Defina um plano de projeto: agenda, orçamento e validações (Tollgates);
7. Revise todos os itens que contemplam o Storyboard.

A definição das oportunidades de negócio, entrada inicial dessa etapa, está baseada na visão da alta administração e nos gaps conhecidos dentro da organização. Uma

metodologia estruturada para busca da seleção de projetos está sendo analisada através de referências bibliográficas. A grande dificuldade de tal definição é devido ao pouco tempo de aplicação da metodologia Lean Seis Sigma. A latente existência de problemas na indústria e nas organizações torna fácil a definição dos temas. Conforme pesquisas realizadas, na Europa, há uma grande linha de entendimento sobre a definição do projetos que ainda não será tratado neste desenvolvimento.

3.5.1.1. Definição das CTQ's

A Característica Crítica para a Qualidade (CTQ) é uma descrição de um atributo do produto ou serviço que influencia a decisão de compra do cliente, Os CTQs existem em vários níveis de processos e devem ser definidos de modo que indicadores possam ser criados para medi-los. Seguem abaixo alguns exemplos de CTQ:

- **Pontualidade** de entrega
- **Precisão** de definições
- **Conformidade** do produto
- **Conhecimento** dos produtos e serviços

Juntamente à análise das CTQ's, tem-se o conceito de VOC ou Voz do Cliente que é usada para descrever as necessidades dos clientes e suas percepções quanto a seu produto ou serviço. Estudar o VOC ajuda a aumentar sua abrangência de mercado e seus lucros, por meio do entendimento do relacionamento entre as atividades de negócios e o valor percebido pelo cliente nessas atividades.

Uma vez que as necessidades dos clientes já foram identificadas, deve-se verificar o que eles consideram Crítico para a Qualidade – atributos que influenciam a decisão de um cliente em comprar seu produto ou serviço. Para cada necessidade, determina-se o que ela significaria para um cliente. Segue abaixo alguns exemplos:

- “Bom serviço” significa “representantes bem informados”

- “Representantes bem informados” significam que as respostas dadas por eles são corretas
- Não faz sentido perguntar o que significam “respostas corretas”, por isso, pare em “respostas corretas”, considerando-a como um CTQ

3.5.2. M - Measure – Medir

A fase MEDIR inicia-se com o mapa detalhado do processo. A equipe de projeto coleta os dados nos defeitos, analisa-os e então estreita a área do problema. Esta fase é finalizada com o desenvolvimento da Definição Final do Problema, o que inclui a meta de melhoria e o impacto financeiro.

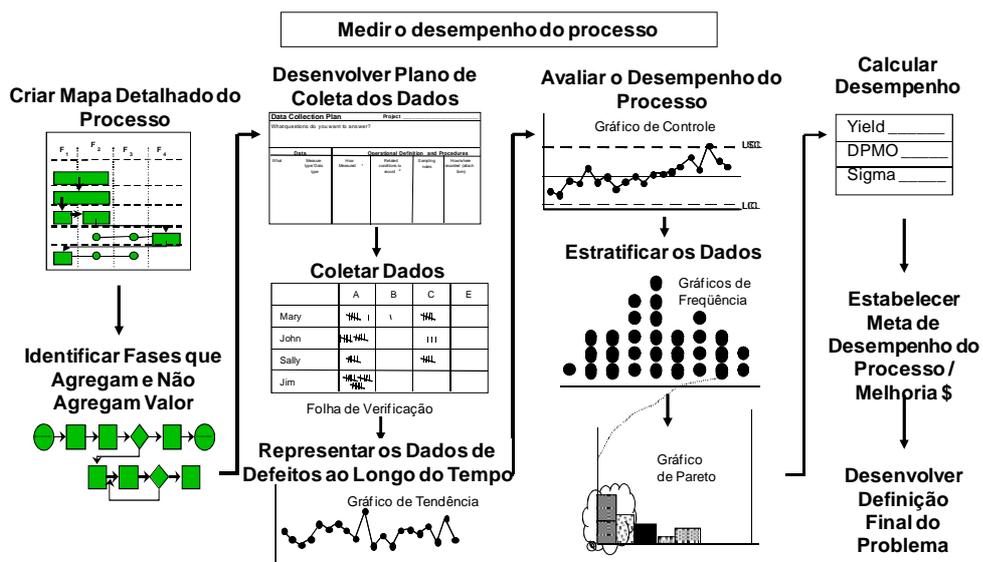


Figura 22 - Atividades e fluxo da etapa Medir – Storyboard – Setec (2007)

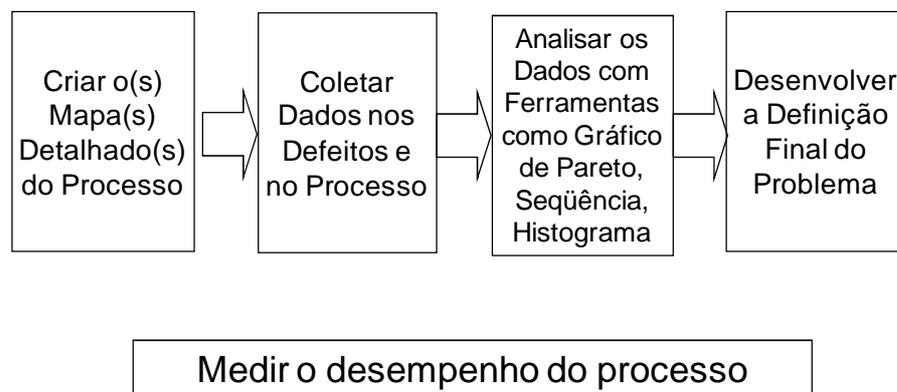


Figura 23 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Medir – Setec (2007)

<i>Storyboard</i>	Ferramentas, Indicadores e Metodologias
<ul style="list-style-type: none"> • Criar Mapa Detalhado do Processo • Identificar Etapas do VA & NVA • Desenvolver Plano de Coleta de Dados • Coletar Dados • Plotar os Dados ao Longo do Tempo • Análise Gráfica dos Dados • Calcular o Desempenho • Estabelecer Meta de Desempenho do Processo / \$ Melhoria • Desenvolver Definição Final do Problema 	<p><u>Ferramentas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mapeamento do Fluxo de Valor ✓ Análise do VA & NVA <p><u>Indicadores</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ OEE ✓ DTD ✓ RTY ✓ BTS ✓ WIP

Figura 24 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Medir – Setec (2007)

3.5.2.1. Mapeamento do Fluxo de Valor

Segundo Rother e Shook (2003), O Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM) é uma ferramenta visual que pode ser usada para desenvolver uma análise descritiva completa dos fluxos do processo e um desdobramento detalhado do valor em direção ao produto ou serviço final.

Entende-se por fluxo de valor todas as ações necessárias para transformar matérias-primas no produto entregue ao cliente.

Essa ferramenta será utilizada e irá compor o item que tem por objetivo criar um mapa detalhado do processo. Na verdade, conforme poderá ser entendido, é uma ferramenta tão poderosa que pode ser encontrada utilizada individualmente em estudos de melhoria. Ela trata não só a questão de produção mas todo o fluxo de valor (fluxo da informação, materiais, produção etc).

Algumas razões para utilização do VSM podem ser verificadas abaixo.

- Ajuda a enxergar mais do que o desperdício: ver a(s) fonte(s) de desperdício
- Une conceitos de Lean, o que ajuda a evitar “*escolher pequenas partes*”
- Forma a base para o plano de implementação com base na melhoria do fluxo e na eliminação do desperdício
- Fornece uma linguagem comum em todos os níveis da organização, além de uma abordagem lógica e sistemática
- Imagem visual do fluxo, usada para o processo de tomada de decisão
- Demonstra relações entre fluxo de informação e fluxo de material
- Ajuda a visualizar mais do que o nível de um único processo

Dessa maneira, a meta de um Mapeamento do Fluxo de valor é reduzir significativamente o *Lead Time* do cliente e entregar-lhe um produto pelo custo mais baixo, por meio da eliminação do desperdício.

Nesse contexto, pode-se destacar três fases para implementação do VSM.

- Mapa do Estado Atual (Como Está) – O estado atual do fluxo do processo é documentado.

- Mapa do Estado Futuro (Como Estará) – Identificar melhorias que transformam o fluxo atual em um fluxo Lean. Documentar o estado futuro do fluxo – como este deve ser.
- Implementação – Implementar melhorias (eliminação de todos os desperdícios) para atingir o estado futuro.

Dentro da etapa Medir, o mapeamento do fluxo de valor fica apenas relacionado ao mapeamento do estado atual e levantamento de possíveis melhorias preliminares ao estudo. As outras etapas (mapeamento do estado futuro e implementação) são parte integrante da etapa Melhorar e serão discutidas oportunamente.

Os símbolos que serão utilizados bem como toda a metodologia de mapeamento do fluxo de valor estão baseados no livros *Aprendendo a Enxergar*, Rother e Shook (2003) e *Enxergando o Todo* , Jones e Womack (2004). Abaixo segue alguns exemplos de símbolos utilizados.

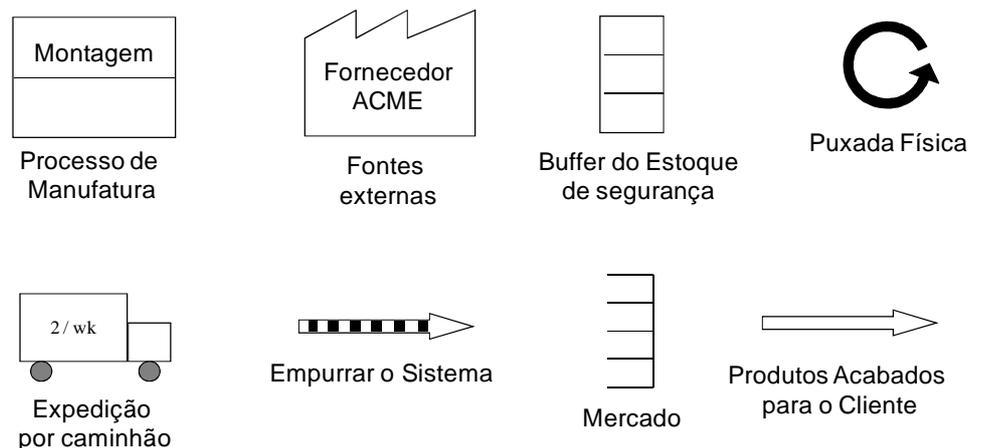


Figura 25 - Simbologia do VSM – Rother e Shook (2003)

Para o mapeamento do estado atual, inicialmente deve-se definir qual a família de produtos que será analisada. Estas famílias podem ser definidas em função da matriz Máquina x Produto aplicada a uma determinada célula.

Através dessa matriz, define-se quais produtos são similares com relação às máquinas (ou processos – dependendo da aplicação), ou seja, consegue-se definir qual o caminho seguido por aquele determinado produto e se este caminho é similar a algum outro produto.

A seguir, segue um exemplo de matriz Máquina x Produto e a definição de famílias relacionadas.

 **4 Famílias de Produtos**

	M4	M2	M1	M3	M5
P8		1			
P3	1	1			
P1			1		
P9		1	2		
P10				3	
P4					
P6					1
P2					1
P7				1	4
P5				1	1

Figura 26 - Matriz Máquina x Produto – pelo autor

Uma vez definidas as famílias de produtos, deve-se determinar as características relacionadas a cada um dos processos tais como tempo de ciclo, número de operadores e tempos relacionados, segundo o modelo a seguir.

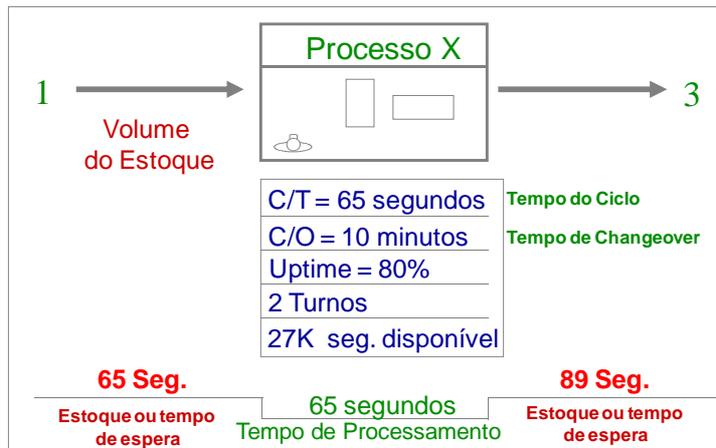


Figura 27 - Resumo do Processo – pelo autor

A saída do mapeamento do fluxo de valor é a identificação segundo o modelo anterior para todos os processos da família. Segue um exemplo abaixo.

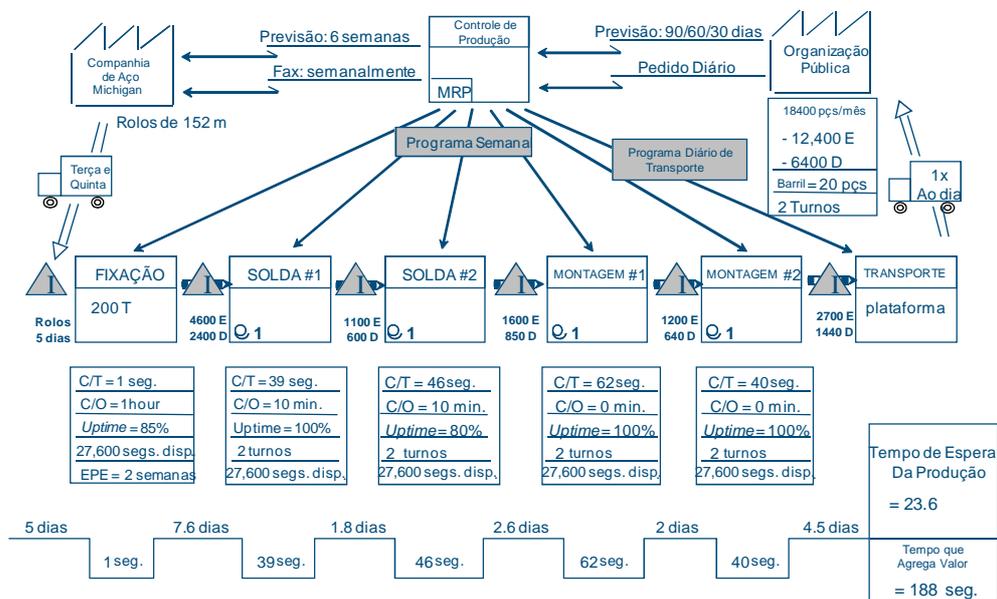


Figura 28 - Mapeamento do Fluxo de Valor – Mapa Atual - Rother e Shook (2003)

3.5.2.2. Coleta de dados

O plano de coleta de dados deve estabelecer quais dados serão acompanhados, por quem e de qual maneira. O acompanhamento destes ao longo do tempo para os processos identificados anteriormente e se dará através de ferramentas estatísticas conhecidas (Gráfico de Tendência, Gráfico de Controle, Capacidade do Processo, Gráfico de Pareto e Gráfico de Frequência).

Mais quais dados acompanhar? Deve-se acompanhar os indicadores desdobrados das CTQ's identificadas no processo Definir que são o foco do nosso projeto. Uma tabela com os indicadores relacionados a cada uma das CTQ's deverá estar montada nessa etapa.

Segue abaixo um modelo para plano de coleta de dados,

Dados		Definição e Procedimento Operacionais			
O que	Tipo de medição/ Tipo de dados	Como é medido ¹	Condições relacionadas para registro ²	Notas de amostragem	Como/onde é registrado (formulário anexo)
Como você garantirá consistência e estabilidade?			Qual é seu plano para iniciar a coleta de dados? (anexe detalhes, se necessário)		
<p>Notas</p> <p>1) Certifique-se de testar e monitorar quaisquer procedimentos/instrumentos de medição.</p> <p>2) "Fatores relacionados" são fatores de estratificação ou causas potenciais que você deseja monitorar enquanto coleta os dados.</p>			Como os dados serão dispostos? (Esquema abaixo)		

Figura 29 - Plano de Coleta de Dados – Setec (2007)

3.5.2.3. Estabelecimento de Metas de Desempenho

Em função dos dados coletados (que deverão ser acompanhados até o final do projeto, deve-se definir a situação atual e posteriormente estabelecer metas para cada um dos indicadores estudados. Esses valores deverão ser validados com a alta administração quando da apresentação do Tollgate desta etapa.

3.5.2.4. Definição final do problema

A saída da etapa medir é o estabelecimento da definição do problema que deverá compor uma frase que represente a situação atual em função dos indicadores levantados.

Um possível exemplo de definição final do problema poderia ser: *“No mês de julho de 2008, 50% dos pedidos de pizza excederam 3 minutos da especificação do empacotamento. A redução do defeito no empacotamento em cerca de 10x (50% para 5%) reduzirá o atraso geral dos pedidos de pizza de 15% para 5% (2.5σ para 3.2σ).*

3.5.3. A – Analyze – Analisar

A fase Analisar inicia-se com um brainstorming de causas-raiz potenciais. A equipe do projeto, então, as organiza e recolhe dados para verificar as verdadeiras causas-raiz. A fase Analisar é finalizada quando as relações de causa e efeito são quantificadas e as causas-raiz confirmadas. A utilização de ferramentas estatísticas mais refinadas deve ocorrer de acordo com a necessidade para determinação das causas-raiz. Juntamente a estas, deve-se utilizar os conceitos de TOC, SMED e Takt Time para o balanceamento da linha e performance inicial dos processos.

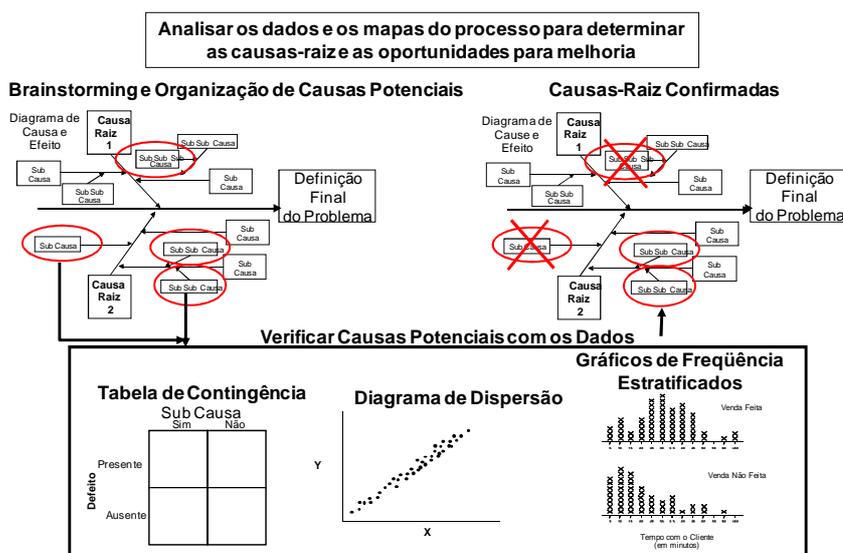
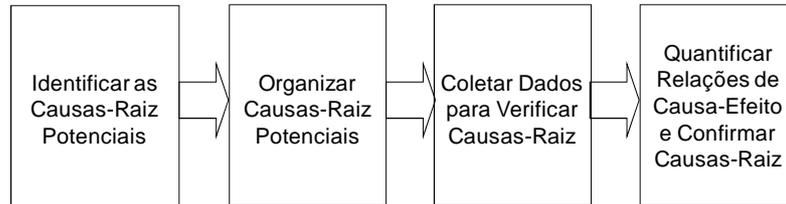


Figura 30 - Atividades e fluxo da etapa Analisar – Storyboard – Setec (2007)



Analisar os dados e mapas do processo para determinar as causas-raiz e as oportunidades para melhoria

Figura 31 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Analisar – Setec (2007)

<i>Storyboard</i>	Ferramentas, Indicadores e Metodologias
<ul style="list-style-type: none"> • Brainstorm e Organização das Causas Potenciais • Verificar Causas Potenciais com os Dados • Confirmação das Causas-Raiz 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Takt Time ✓ TOC ✓ SMED

Figura 32 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Analisar – Setec (2007)

3.5.3.1. Organização das Causas Potenciais

3.5.3.1.1. Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito é também chamado de Diagrama de Espinha de Peixe por se parecer com uma. O uso o diagrama de espinha de peixe tem por objetivo ajudar a tornar as soluções mais eficazes na primeira vez, certificando-se de que as causas-raiz de um problema ou “efeito” foram descobertas. Segue abaixo um exemplo de Diagrama de Espinha de Peixe.

Figura 34 - Conceitos da Teoria das Restrições – pelo autor

Os gargalos (restrições do processo) limitam a capacidade de um sistema em atingir um melhor desempenho e deve ser o problema prioritário a ser melhorado ou, se possível, eliminado. A velocidade do processo é determinada por seu gargalo; dessa forma, o processo deve ser equilibrado por meio da restrição.

A determinação dos gargalos se dá através da análise dos tempos de ciclos do processo comparados ao Takt Time relacionado. Quando do tempo de ciclo acima deste valor, o processo não pode atender a demanda.

Mesmo quando todos os processos são capazes de atender à demanda, define-se como gargalo aquele processo com o maior tempo de ciclo que ditará o ritmo do processo.

Na TOC adotam-se três termos chaves:

Tambor: A restrição do sistema determina seu ritmo. Em muitos casos, o tambor deve incluir um programa para assegurar que o gargalo esteja sendo usados 100% do tempo, sem a ocorrência de problemas devido à falta de matérias-primas ou devido a equipamentos danificados.

Pulmão: O estoque usado para proteger a integridade da restrição de qualquer tipo de problema (rupturas, atrasos, deficiências etc.). É necessário calcular quanto do estoque será utilizado como pulmão e se este número nunca excede os valores determinados.

Corda: Mecanismo que obriga todas as peças do sistema a trabalharem em um ritmo determinado pelo tambor.

Em função do estudo provido pela TOC deve-se estabelecer os gargalos dos processos mapeados e assim balancear a linha focando-se nesses processos. Esse trabalho deve ser desenvolvido baseando no fluxo de valor atual e é determinante para um fluxo futuro mais enxuto

3.5.3.1.3. SMED

A Troca Rápida de Dispositivos (*Single Minute Exchange of Dies - S.M.E.D.*) é uma ferramenta com aplicação direta nos setups dos processos. É importante considerar que dentro da atividade de setup (mudança de ferramenta, aplicação da máquina para outro produto) muitas vezes o processo é interrompido e portanto não há produção. O objetivo do SMED é Reduzir o tempo para mudança de ferramenta para menos de 10 minutos (único dígito de minutos), por meio da análise e melhoria de atividades internas e externas.

Atividades internas são aquelas atividades de setup no qual a máquina se mantém parada. Estas podem ser divididas atividades principais ou podem ser executadas enquanto outras atividades são realizadas (atividades paralelas). Já as atividades externas são as Atividades realizadas enquanto a máquina está em execução.

O trabalho de SMED pode ser descrito através da figura a seguir.

A aplicação do sistema SMED se reduz a três etapas:

- Etapa 1** { - Coletar dados (observação)
- Estabelecimento de metas
- Etapa 2** { - Separar atividades internas das externas
- Converter atividades internas em externas
- Etapa 3** { - Otimizar as atividades internas
- Otimizar as atividades externas

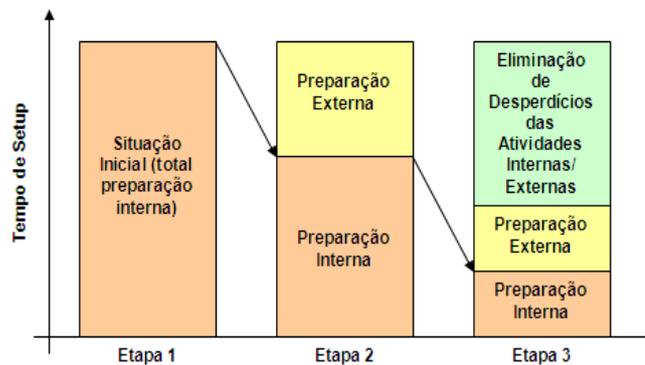


Figura 35 - Etapas do SMED – pelo autor

A etapa 1 compreende a preparação para a realização do estudo de SMED e normalmente se dá através da filmagem do setup. Deve-se então, já na etapa 2, definir quais atividades são internas ou externas. Com o objetivo de manter as máquinas funcionando o máximo de tempo possível, tenta-se converter as atividades internas em externas. Após isso, otimiza-se as atividades estudadas, contemplando a etapa 3.

3.5.4. Etapas Melhorar e Controlar

Em função do desenvolvimento do estudo de caso que aplicou os conceitos da metodologia DMAIC no Lean Seis Sigma, mais profundamente os conceitos relacionados às três primeiras etapas, a revisão bibliográfica referente a estas duas etapas serviu somente de base teórica para um entendimento mais amplo da ferramenta. Quando da finalização da etapa medir e o entendimento relativo à necessidade de levantamento dos tempos de processo e o dimensionamento da capacidade de produção estendeu-se a teoria até a etapa Analisar para validação da real

necessidade do cliente no estudo de caso. De qualquer maneira, segue abaixo um resumo das duas últimas etapas do DMAIC.

A etapa Melhorar inicia com o “brainstorming” de possíveis soluções. A equipe de projeto conduz a análise de custo/benefício e riscos das soluções escolhidas. Planos de implementação são desenvolvidos e as pessoas são treinadas. A etapa Melhorar é finalizada com a implementação dos pilotos e os resultados são analisados.

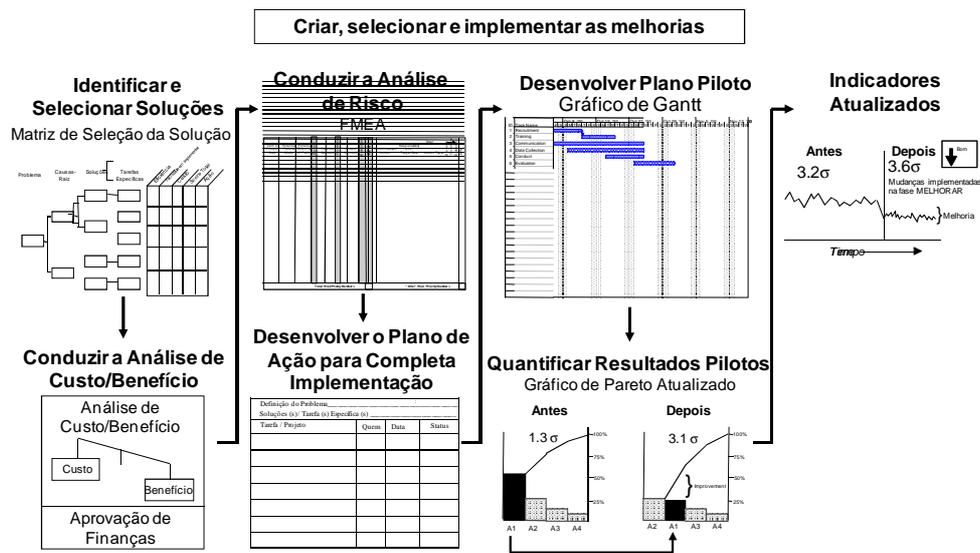


Figura 36 - Atividades e fluxo da etapa Melhorar – Storyboard – Setec (2007)

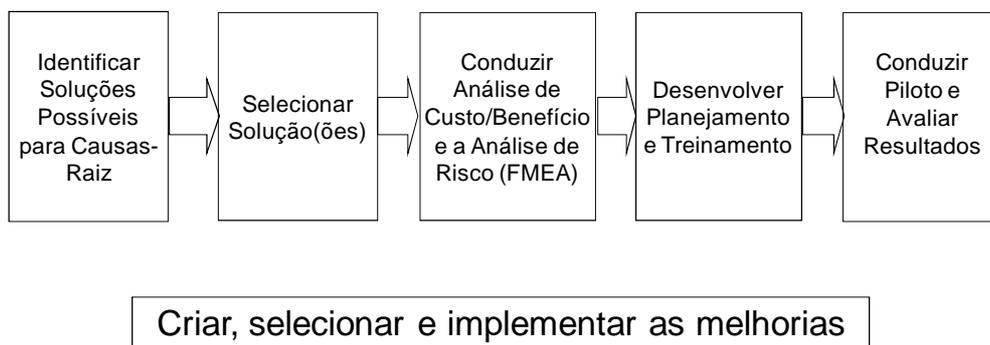


Figura 38 - Diagrama de blocos das atividades da etapa Melhorar – Setec (2007)

<i>Storyboard</i>	Ferramentas, Indicadores e Metodologias
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar e Selecionar Soluções • Conduzir Análise de Custo Benefício • Conduzir Análise de Riscos • Desenvolver Plano de Ação para Implementação Total • Desenvolver Plano Piloto • Quantificar Resultados do Piloto • Atualizar Indicadores de Outcome 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Just in Time ✓ Sistema Puxado ✓ One Piece Flow ✓ 5S ✓ Poka Yoke ✓ Kanban ✓ Heijunka ✓ TPM ✓ Kaizen ✓ Mapeamento do Fluxo de Valor – Estado Futuro

Figura 39 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Melhorar – Setec (2007)

A fase Controlar começa com a documentação das práticas padrão e do Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo. Então, a equipe do projeto expande o treinamento e implanta completamente as soluções. A fase CONTROLAR é então finalizada quando o projeto é fechado, as realizações da equipe são comemoradas e a extrapolação das oportunidades é comunicada para outras localidades/áreas.

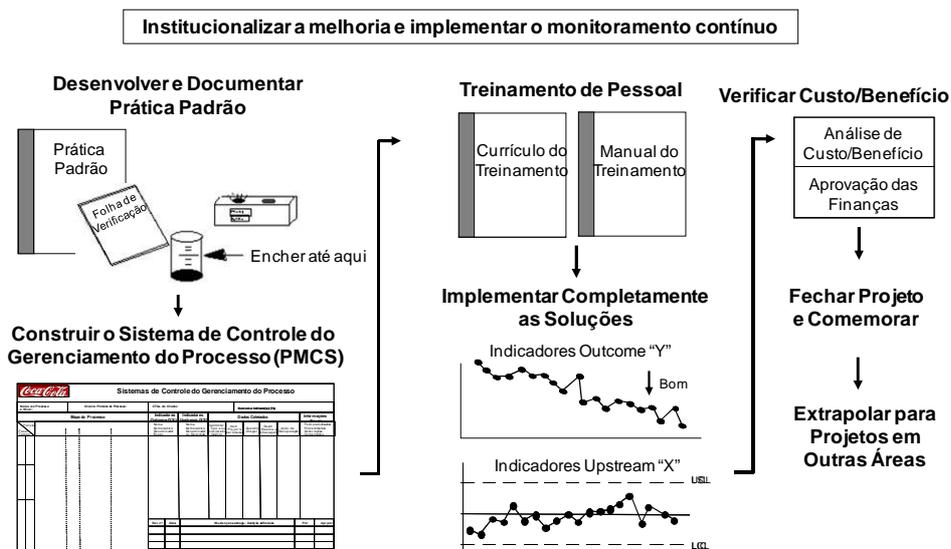


Figura 40 - Atividades e fluxo da etapa Controlar – Storyboard – Setec (2007)

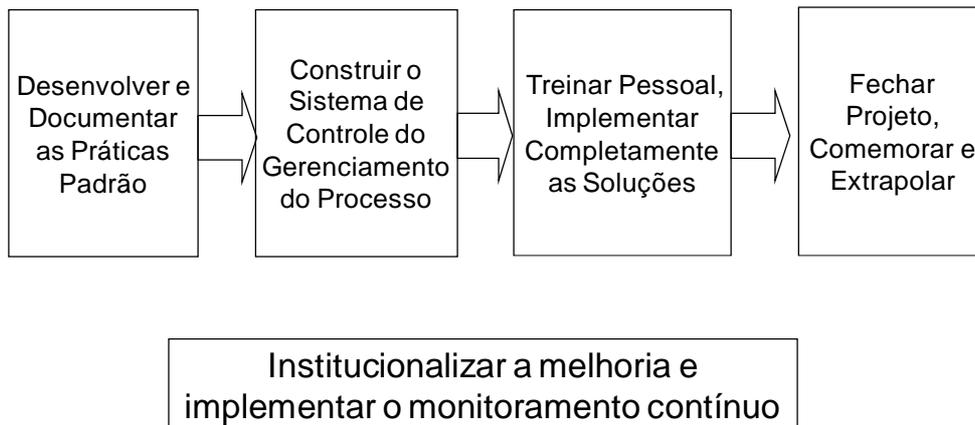


Figura 41 - Diagrama de blocos relacionados à etapa Controlar – Setec (2007)

<i>Storyboard</i>	Ferramentas, Indicadores e Metodologias
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver e Documentar as Práticas Padrões • Construir o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo • Treinar Corpo de Funcionários, Implementar Completamente as Soluções • Finalizar o Projeto, Celebrar e Replicar 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabalho Padronizado ✓ Gerenciamento Visual/ Andon

Figura 42 - Ferramentas e indicadores relacionados à etapa Controlar – Setec (2007)

4. Estudo de Caso

4.1. A empresa

A tdrive desenvolve e produz semi-eixos, diferenciais e sistemas de direção para o mercado automobilístico global. Com um faturamento anual aproximado de 480 milhões de euros e 2600 colaboradores em quatro localidades, a tdrive é um fornecedor flexível de tamanho médio da indústria automobilística, de atuação global. A empresa, que pertence à tdrive Holding B.V, com sede em Heerlen, Holanda, foi fundada em abril de 2007.



Figura 43 - Planta da tdrive em Cumbica – Guarulhos – tdrive (2008)

A tdrive Holdin B.V., do setor de semi-eixos, diferenciais e sistemas de direção para o mercado automotivo mundial, iniciou suas operações em sua nova unidade em Cumbica, na cidade de Guarulhos, região da Grande São Paulo. Contudo, as atividades industriais tiveram início em três de dezembro. Subsidiária do Grupo tdrive, com sede na Holanda, a empresa foi criada a partir da compra da Divisão de Chassis da Visteon Sistemas Automotivos Ltda., afiliada brasileira da Visteon Corporation.

Os executivos são Kersten Janik, responsável pelo desenvolvimento de produtos, fabricação e gerenciamento da qualidade e vendas; e Tom Schultz, diretor Executivo e Financeiro, que conduziu a fase de estabelecimento da empresa, os quais vão comandar o desenvolvimento operacional e estratégico do Grupo. Já os diretores

executivos da administração da empresa no Brasil são Roberto Toledo, responsável por Operações, e Bob Bauchat, Finanças.

4.1.1.1.Principais Clientes e Produtos

A unidade brasileira, com 260 colaboradores, fabrica sistemas de direção e semi-eixos para Ford, General Motors, Saab e Smart na Europa, Estados Unidos e Brasil, e é responsável pela produção diária de 1500 sistemas de direção, 1200 semi-eixos e 2000 juntas homocinéticas.

4.1.1.2.Sistema de Gestão

A política de qualidade da tdrive está integrada no sistema de gestão da empresa, que coordena as áreas de qualidade, proteção ambiental, segurança laboral e proteção da saúde. Para as metas de qualidade, o sistema de gestão trabalha no sentido da melhoria dos produtos e processos. A preocupação com a qualidade implica na aplicação permanente de ferramentas para detecção ou eliminação prematura de falhas. Seja em compras, desenvolvimento ou produção, na tdrive todos os processos, procedimentos e tecnologias são revisados e avaliados regularmente. A eliminação de falhas é incentivada por um sistema de prêmios interno.

A Setec participou do processo de consultoria e desde sua fundação no Brasil, a tdrive é certificada no sistema de gestão da qualidade ISO TS 16949: 2002. O sistema de gestão em função dos objetivos da qualidade e o acompanhamento dos indicadores por cada um dos processos, bem como o seu mapeamento, formaram fonte importante de informação para este trabalho.

4.2. Descrição do projeto

O estudo de caso, como já mencionado, tinha como objetivo inicial a implementação da estratégia Lean Seis Sigma através da estrutura DMAIC e suas ferramentas.

Conforme o andamento do projeto, o levantamento de dados e o alinhamento com o cliente em estudo definiu-se que, devido a falta dados históricos confiáveis e tendo em vista a priorização das necessidades, o objetivo neste ano de 2008 estaria focado no levantamento da capacidade de produção através dos tempos dos processos e o seu respectivo mapeamento.

É importante destacar que a empresa em estudo foi adquirida da Visteon pelo grupo alemão tedrive no final de 2007, quando iniciou-se o projeto. Era uma necessidade da matriz um entendimento sobre a capacidade de produção da planta brasileira no que tange o seu planejamento estratégico ao longo de todas as unidades de negócio ao redor do mundo.

Quando da compra da empresa pelo grupo tedrive e o início das operações, muitos dados foram perdidos ou não se tornaram tão confiáveis. Houve mudança de operadores, de maquinário, do posicionamento do processo, das instruções de trabalho e procedimentos em geral. Dessa maneira, os dados fornecidos pela Visteon serviam no máximo como uma referência grosseira da atual capacidade de produção e situação atual dos processos.

A penetração inicial na empresa por parte da Setec se deu através da consultoria para certificação do sistema de gestão ISO TS 16949: 2002 e daí um posterior trabalho para a análise da linha de produção. Em função de conversas com a alta administração para autorização desse estudo e fornecimento de dados para análise, decidiu-se o tema para esse projeto de conclusão de curso.

Em função principalmente de problemas para atendimento à demanda e a conseqüente necessidade de externalização de atividades em terceiros além da alta quantidade de refugos e retrabalhos, entendeu-se que a aplicação da metodologia Lean Seis Sigma se daria sob a ótica da melhoria da Capacidade e da qualidade da linha de usinagem e montagem para a linha de montagem Steering Gear.

A linha denominada Steering Gear é referente a usinagem e montagem das caixas de direção e hoje contempla os seguintes produtos principais: BV226 (4x2 e 4x4), BV256 (D shape), B402 (Power e Manual) e uma linha protótipo (produto Ai5x) para o cliente PSA.

Seguem as demandas atuais e as previsões para cada um dos produtos abaixo:

Tabela 3 – Demandas dos produtos – pelo autor

Cliente	Descrição	Volume	Volume	Volume	Volume	Volume
		2008	2009	2010	2011	2012
Ford SBC	Power Steering Gear B402	41.500	43.575	45.754	48.041	50.444
Ford Camaçari	Steering Gear BV226 4 X 2	91.600	93.432	95.301	97.207	99.151
Ford Camaçari	Steering Gear BV226 4 X 4	4.400	4.488	4.578	4.669	4.763
Ford Camaçari	Steering Gear BV256 Dshape	132.300	133.623	134.959	136.309	137.672
Benteler	Steering Gear BV256 Dshape	13.000	13.130	13.261	13.394	13.528
PSA	Hydraulic Steering Gear Ai5x	0	0	23.300	62.650	112.300
Ford SBC	Manual Steering Gear B402	39.300	41.265	43.328	45.495	47.769
Volume Total		332500	337713	368681	415965	473826

4.3. Levantamento de Dados

Conforme poderá ser verificado a seguir as etapas que compreendem essa parte inicial do projeto, principalmente o levantamento de dados, seguem as atividades das etapas DMAIC do Lean Seis Sigma. Como foi descrito anteriormente, foi através aplicação de tal metodologia que se pode entender a necessidade do dimensionamento da capacidade de produção e assim a redefinição do escopo do projeto.

Fica então o entendimento de que tal trabalho de levantamento dos tempos das atividades através da cronoanálise para esse projeto é fundamentalmente uma preparação para a atuação de uma ferramenta mais robusta como o Lean Seis Sigma.

Na verdade, na estruturação que se propunha ao projeto, a finalização da etapa Medir do Lean Seis Sigma acabou com a proposição da readequação do escopo a ser definido. Não que sejam trabalhos diferentes em sua essência. Ao contrário, para execução da metodologia Lean Seis Sigma através de todas as suas ferramentas, fica claro que em algum momento da etapa Medir ou Analisar seria necessário o levantamento de tais dados que compõe este projeto – na verdade o que aconteceu. Porém, tendo em vista o tempo para execução do projeto e principalmente a necessidade do cliente, entendeu-se este como um projeto distinto.

4.3.1. Identificação da Oportunidade

Conforme descrito anteriormente, a oportunidade de negócio é a análise e posterior melhoria da capacidade (conforme a necessidade) da linha da caixa de direção (os produtos relacionados seguem na Tabela 3) com o objetivo de reduzir custos e possibilitar a entrada de novos produtos na produção. O entendimento com o cliente do projeto deixa claro que a necessidade do levantamento de tais informações será base importante para composição do planejamento estratégico da empresa e dimensionamento de sua produção ao longo dos anos. Esses dados servirão de base suficiente para definição do “mapa atual da empresa” e um indicativo para os novos investimentos, número de pessoal e a necessidade de projetos de melhoria mais específicos.

Em contato com os primeiros dados, a validação da oportunidade de negócios se deu através de indicativos do não cumprimento da demanda conforme o estabelecido – havia grande quantidade de frete extras sendo executados.

O ponto de partida, através de conversa com os colaboradores foi: “Temos certos materiais em estoque em determinados pontos da produção e temos falta de materiais em outros – sem contar os retrabalhados – não atendemos nossa demanda – como melhorar?”.

Fica evidente aí que os processos minimamente não atendem ao takt-time e/ou estão balanceados para garantir o cumprimento da demanda dentro do tempo disponível para cada um dos produtos na situação atual.

Independentemente da condição atual da fábrica, uma vez com os dados relativos à produção das máquinas para cada um dos produtos, pode-se traçar o “rendimento” dos processos com relação à sua capacidade de produção e ter uma estimativa de onde estão os problemas. Porém, o quanto as linhas podem produzir, ou seja, um valor de referência para o estudo não se têm estabelecido – precisamos definir a capacidade de produção.

4.3.2. Recursos e Delineamento do Projeto.

Para tal projeto, o próprio cronograma de desenvolvimento deste trabalho de formatura serviu como base para o término do projeto.

Com um prazo total de 12 meses para sua elaboração, este trabalho contará com uma carga horária de 320 horas de visitação no cliente ao longo do ano. Essas visitas ocorrerão regularmente ao longo de 2008.

Quanto à equipe de projeto, o levantamento dos tempos de ciclo (atividade automáticas e/ou manuais) de todos os processos para todas as famílias de produtos será executada individualmente, contando com a colaboração da equipe de consultores da Setec e a disponibilidade dos funcionários da tdrive quanto ao fornecimento de informações.

4.3.3. Mapeamento do Processo – Alto Nível

Segue abaixo o mapeamento em alto nível que realizado inicialmente. Quando do primeiro contato com a empresa, o entendimento sobre o processo e sobre o componente em estudo (caixas de direção) se fez fundamental para a rotina de levantamento de dados. Esquemas explodidos do produto final, conversa com os operadores e o acompanhamento dos engenheiros e líderes de processo foram necessários para a formação da imagem de todo o processo e possibilitar o levantamento dos tempos das atividades com maior qualidade e eficiência.

Existem três áreas de usinagem, três de pré montagem e uma linha para a montagem final. O Mapeamento do Fluxo de Valor representando o estado atual da empresa seria uma ferramenta poderosa através do indicativo do fluxo de informação e a situação dos estoques ao longo do processo. Tendo a quantidade de dados a serem recolhidas e validadas dentro do prazo especificado, o mapeamento de todo o fluxo de valor fica como uma oportunidade de refinamento do projeto.

De qualquer maneira, as informações relativas aos tempos de ciclo, número de operadores e a sequência de atividades, que são dados necessários à definição do Mapa

Atual pelo VSM, serão as saídas desse projeto de levantamento da capacidade de produção.

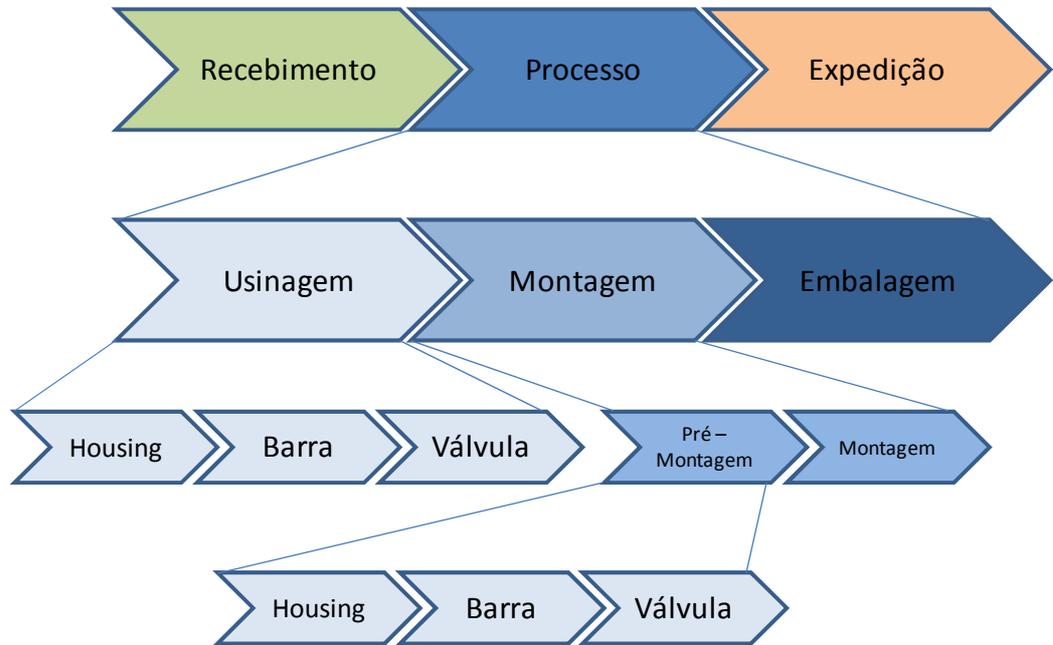


Figura 43 – Mapeamento Alto Nível

Um fluxo macro das linhas descritas segue abaixo. No momento do mapeamento foram identificadas 7 (sete) células de produção conforme descrição:

- C1: usinagem – Barra e Housing
- C2: usinagem – Válvula
- C3: montagem – Linha Piloto
- C4 a C6: montagem – Pré Montagem
- C7: montagem – Linha Final

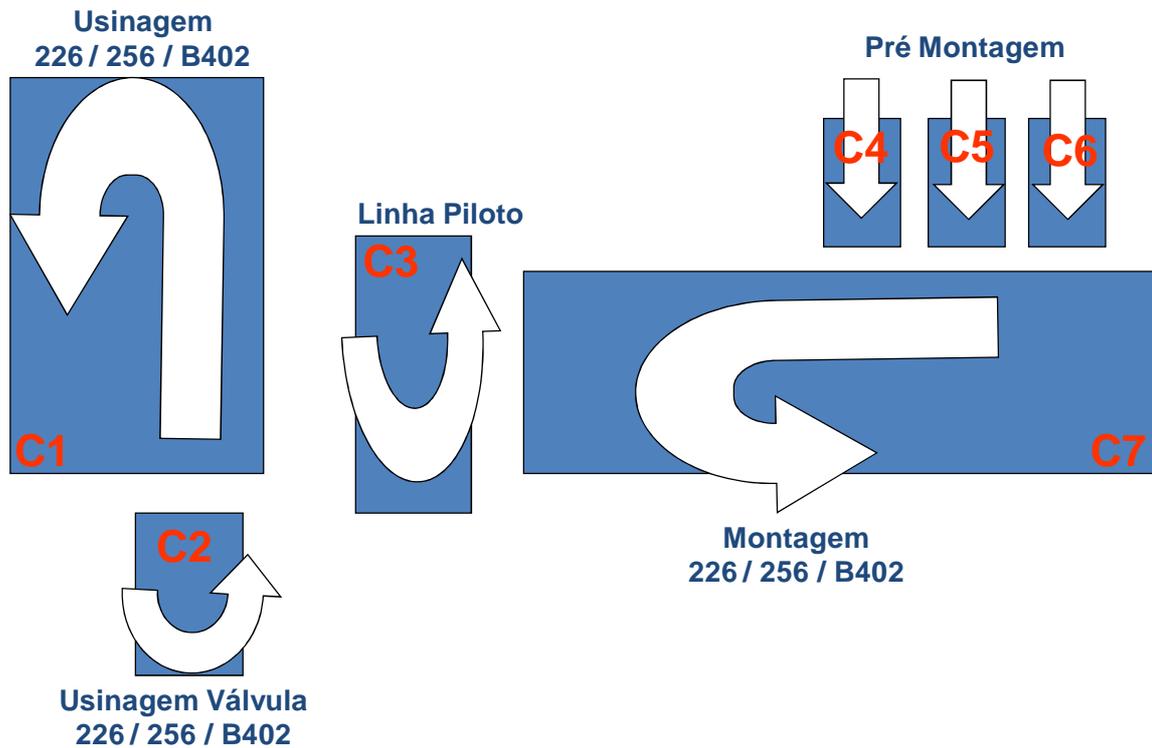


Figura 44 - Células de Produção – Steering Gear – pelo autor

Esse mapeamento é trazido aqui de maneira esquemática porém a sua análise foi feita diretamente com o layout da linha de produção (omitido em conformidade com o pedido do cliente). A análise dos fluxogramas do processo descritas pela documentação obrigatória e até mesmo os planos de controle no processo (ambos em conformidade com a norma ISO TS 16949:2002) serviram de fonte de dados importantes para essa etapa do mapeamento.

4.3.4. Definição das Famílias

Basicamente, na caixa de direção, encontram-se três componentes que seguem por linhas de usinagem distintas e que serão unidos em duas linhas de montagem em função do produto. Estas linhas possuem outras linhas de pré-montagem que serão mostradas posteriormente.

Estes três componentes principais que compõe a caixa de direção são o Housing, a Rack Bar e a Válvula.

Esse mapeamento também é o primeiro passo do VSM que apresenta toda uma riqueza de detalhes referente ao fluxo de informação, existência de estoques intermediários, tempos de ciclo, tempo de valor agregado e lead time da produção que compõe umas das ferramentas da metodologia Lean Seis Sigma.

Todas as referências de trabalho de dimensionamento de capacidade de produção e mapeamento do fluxo de valor trazem o mapeamento das famílias do processo como etapa fundamental do trabalho de levantamento da condição atual do processo sendo que as famílias são definidas tendo em vista o fluxo que seguem dentro da linha de produção. Deve-se tomar cuidado com tal análise pois, diferentemente do que ocorreu no estudo de caso desenvolvido, os produtos que seguem pela mesmas etapas no processo, ou seja, descrevem uma mesma família, podem apresentar tempos de operação completamente distintos.

Neste caso, no que tange o levantamento da capacidade de produção, para cada família identificada deve-se validar se os processos similares apresentam os mesmos tempos de ciclo (carga, processamento e descarga). Quando isso não ocorre (e isso é muito comum) deve-se definir mais famílias do que somente seguindo o fluxo e atentando-se às diferenças de tempo para cada produto.

Conforme informações que foram validadas em campo e descritas inicialmente pelo setor técnico da tetrive, para cada célula relacionada, tem-se os mesmos tempos de ciclo.

Ou seja, quando analisamos a C1 (tabela 5) na qual passam produtos 226,256 e B402) divididas em duas famílias distintas (Família 1 – 226,256 e B402P e Família B402M), tem-se que para cada umas das famílias possuímos os mesmos tempos de ciclo.

4.3.4.1.Mapeamento da Usinagem

Trata-se da usinagem do Housing, da Barra e da Válvula.

4.3.4.1.1. Mapeamento do Housing

A usinagem do Housing se dá em uma única máquina não necessitando um mapa mais detalhado para este processo. Os Housings de todos os produtos passam por esta máquina. Esta máquina conta com dois operadores que não são dedicados a ela.

4.3.4.1.2. Mapeamento da Barra

A usinagem de todas as barras segue uma única linha de produção, ou seja, as máquinas são compartilhadas. Existem diferenças técnicas entre as barras, porém podem-se identificar os fluxos da seguinte maneira conforme a tabela abaixo. Esta linha contempla, conforme o mapeamento realizado, 10 operadores somente nas máquinas. De acordo com a matriz descrita a seguir podemos definir duas famílias de produtos: família 1 e família B402M

Tabela 5 – Matriz Usinagem barra – pelo autor

Processos	Furação Profunda	Torno 1	Torno 2	Fresa	Brochadeira	Lavadeira	Têmpera por Indução (1)	Têmpera por Indução (GH)	Revenimento	Endireitadeira Automática	Endireitadeiras Manuais	Retífica 1	Retífica 2	Lixadeira	Detectora de Trinca	Lavadora
256	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
226 Yshape	X	X	X	X		X	X		X	X		X		X	X	X
226 Dshape	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X	X	X	X
B402 P	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X	X	X	X
B402 M		X	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X

4.3.4.1.3. Mapeamento da Válvula

A usinagem da válvula só ocorre para alguns produtos e segue também uma mesma linha separada da usinagem da barra e do housing.

Novamente, por uma questão de preservação de dados, limitar-se-á à própria matriz máquina produto como mapeamento do processo, porém esses dados estão montados e disponíveis para a análise quando necessário.

Segue abaixo a tabela para a linha da válvula descrevendo assim uma única família de produtos.

Tabela 6 – Matriz Usinagem Válvula – pelo autor

Linha de Válvula	10	20	30	40	50
256	X	X	X	X	X
226 Yshpe	X	X	X	X	X
226 Dshape	X	X	X	X	X
B402 P/M	X	X	X	X	X

4.3.4.2.Mapeamento da Montagem

Compõe as três linhas de pré-montagem mais a linha de montagem final. Também será estudada uma linha piloto de pré-montagem para um novo produto (PSA). Através da tabela abaixo podemos verificar a existência de duas famílias de produtos.

Tabela 7 – Matriz Montagem – pelo autor

Processos	4	5	12	17	20	22	24	26	30	35	40	45	70	80	90	100	120	135	140	145	150	160	165	170	177	70	80	90	100
256	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
226 Yshpe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
226 Dshape	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B402 P	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Processos	10	20	30	40	50	60	70	75	80	90	100						120	135	140	145	150	160	165	170	177	70	80	90	100
B402 M	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

4.3.5. Plano de Coleta de Dados

Quanto à necessidade de levantamento de informações referentes aos tempos de ciclo dos processos, decidiu-se pela tomada de tempos de todos os elementos das linhas de usinagem e montagem.

Para este trabalho, levou-se em conta a familiaridade decorrente das matrizes máquina x produto. Ou seja, após validação com o processo engenharia e seus responsáveis, pode-se considerar que os tempos padrão para cada uma das famílias é o mesmo.

De qualquer maneira, ao longo da tomada de tempos, sempre tomou-se cuidado com essa verificação analisando-se as atividades relacionadas ao processo, os programas de usinagem, as ferramentas utilizadas e etc.

No que tange o dimensionamento da capacidade de produção, os tempos que foram coletados dos processos são tais que não admitem erros quanto ao balanceamento, falta de peças, deslocamento dos operadores ou desperdícios.

Isso só foi possível através do acompanhamento da equipe de engenharia quando da tomada dos dados. Seguir as instruções de trabalho, os procedimentos e as regulagens das máquinas tidas como ótimas além da garantia de que o processo estivesse sempre abastecido (não faltavam peças) foi o que possibilitou assumirmos que os tempos levantados refletiriam a capacidade ideal do processo.

Os desperdícios referentes a não utilização de todo o tempo de produção, os desperdícios de movimentação e por falta de peças assim como os tempos de parada, de setup e preparação de máquina serão considerados através do indicador de OEE que afetará diretamente a capacidade de produção. Na verdade, o paralelo que será traçado entre a coleta de tempos e o que realmente está sendo produzido na situação atual é que nos dará um indicativo do “rendimento global do processo”.

O estudo central da condição atual da empresa e o trabalho a partir dos dados de tempo de cada operação será vinculado a uma planilha que possibilitará analisar o balanceamento da linha, takt-time, definição dos gargalos e simulação de melhorias em função da alocação de operadores, investimento em novas máquinas ou diminuição dos tempos de ciclo e setup.

Nessa planilha desenvolvida especificamente para o cliente tem-se a possibilidade de simulações quanto ao atendimento da demanda de cada uma das linhas, mudança do número de máquinas, posição de operadores e efetiva capacidade de produção quando considerado um valor específico de OEE.

4.3.5.1. Tomada de tempos.

Para a determinação dos métodos de tomadas de tempo, tomou-se como referência as determinações do Manual de MSA 3ª edição segundo o qual realizou-se estudo de R&R para validação do método de tomada de tempos.

A partir de tal estudo, desenvolveu-se a planilha de coleta de dados conforme figura a seguir.

Dividiu-se os tempos a serem coletados (formando o tempo de ciclo da peça) da seguinte maneira:

- Carga (Manual ou Automática): diz respeito ao tempo despendido para colocação da peça antes de seu processamento quando do operador em posição considerada ideal (na situação ideal)
- Processamento (Manual ou Automático): Diz respeito ao tempo no qual uma unidade de produção é trabalhada no processo
- Descarga (Manual ou Automática): diz respeito ao tempo despendido para retirada da peça e preparação para o processo posterior
- Atividades Paralelas (Manuais ou Automáticas): Atividades necessárias ao processo que ocorrem quando simultaneamente a uma das atividades acima descritas.

Muitas vezes, devido aos tempos de ciclos muito curtos ou quando as atividades manuais impossibilitam a diferenciação entre carga, processamento e descarga, os tempos analisados compreendem o próprio tempo de ciclo através da velocidade de saída de duas peças consecutivas.

Tendo em vista o nível de detalhamento descrito, a necessidade do cliente, o sistema de medição e baseado em trabalhos realizados anteriormente, os tempos serão tomados em segundos com duas casas após a virgula (por exemplo, 3.72 segundos – 3 segundos e 72 décimos)

Folha de Coleta de Dados

Cronometrista: _____ Eixo Caixa
 Data: _____ Produto: _____
 Horário: _____ Etapa do Processo: _____
 Número de Operadores: _____ Quantidade de Peças p/ Lote: _____
 Nome do Operador: _____ O lote de peças é usinado simultaneamente?
 Sim Não
 Equipamento a 100 %

Atividades	Quantid	Medida No										Média	Desvpad																							
		1			2			3			4			5			6			7			8			9			10							
		M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C		
1 Carga (M A)																																				
Processamento (M A)																																				
3 Descarga (M A)																																				
4 Atividade Paralelo																																				
5 Espera																																				
6 Parada																																				
Ciclo Total (medição independente)																																				

Detalhes das Atividades em Paralelo

Atividades	Quantid	Medida No										Média	Desvpad																										
		1			2			3			4			5			6			7			8			9			10										
		M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C	M	S	C		

Há Setup? Sim Não

Atividades	Tempo de Setup	Medida No										Média		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			

Indicador do OEE
 Indicador de Disponibilidade: _____
 Indicador de Desempenho: _____
 Indicador de Qualidade: _____

Observações:

Figura 45- Folha de Coleta de Dados – pelo autor

Novamente, para a tomada de tempos, considerou-se o processo trabalhando sem qualquer desperdícios, falta de peças ou qualquer alteração que impactasse na sua capacidade de produção ideal.

4.3.5.2. Outras Informações do Processos

As informações descritas a seguir são base integrante do trabalho de dimensionamento da capacidade de produção.

4.3.5.2.1. Tempos Disponíveis e Turnos

Para o cálculo da capacidade de produção devem-se considerar as possíveis configurações de turnos conforme acordado com o cliente:

Tabela 8 – Distribuição de Turnos

Dia	Primeiro Turno			
	Entrada	Saída	Paradas	Total
dom				00:00:00
seg	22:00:00	5:00:00	1:00:00	07:00:00
ter	23:00:00	5:00:00	1:00:00	06:00:00
qua	23:00:00	5:00:00	1:00:00	06:00:00
qui	23:00:00	5:00:00	1:00:00	06:00:00
sex	23:00:00	5:00:00	1:00:00	06:00:00
sáb	23:00:00	9:10:00	1:10:00	10:10:00

Dia	Segundo Turno			
	Entrada	Saída	Paradas	Total
dom				00:00:00
seg	5:00:00	14:25:00	1:00:00	09:25:00
ter	5:00:00	14:25:00	1:00:00	09:25:00
qua	5:00:00	14:25:00	1:00:00	09:25:00
qui	5:00:00	14:25:00	1:00:00	09:25:00
sex	5:00:00	14:25:00	1:00:00	09:25:00
sáb				00:00:00

Dia	Terceiro Turno			
	Entrada	Saída	Paradas	Total
dom				00:00:00
seg	14:25:00	23:50:00	1:00:00	09:25:00
ter	14:25:00	23:50:00	1:00:00	09:25:00
qua	14:25:00	23:50:00	1:00:00	09:25:00
qui	14:25:00	23:50:00	1:00:00	09:25:00
sex	14:25:00	23:50:00	1:00:00	09:25:00
sáb				00:00:00

Resultando nas seguintes horas disponíveis para um mês padrão de 24 dias:

Tabela 9 – Tempos Disponíveis

Combinação	Descrição			Tempo(horas/mês)	Com as Paradas
None				0	0,00
T1	X			1	131,00
T2		X		1	197,75
T3			X	1	197,75
T1 + T2	X	X		2	328,75
T2 + T3		X	X	2	395,50
T1 + T3	X		X	2	328,75
T1 + T2 + T3	X	X	X	3	526,50

É claro que a variação do número de dias em cada mês e os próprios feriados e coletivas em cada ano são impactantes no que tange a capacidade de produção anual e são considerados na planilha de estudo em função da necessidade do cliente.

4.3.5.3.Dados Levantados – Tempos Coletados.

Em função da grande quantidade de dados recolhidos, apresenta-se abaixo a somente a relação de gargalos, ou seja, os maiores tempos de ciclo totais para cada célula de produção. (tempos em segundos).

Cada um dos gargalos descritos apresentam oportunidade de estudo individual servindo também de grande base de dados para melhoria do processo. Como é sabido pela Teoria das Restrições, é prioritária a eliminação e otimização dos gargalos na produção para a condução de um fluxo enxuto.

Tabela 10 – Gargalos – pelo autor

Célula	Família	Operação / Célula	Tempo de Ciclo (s)
C1	1	Furação Profunda	128,0
C1	B402M	Alívio de Tensão	71,0
C2	única	Usinagem	44,0
C3	única	OP75	117,0
C4	única	Toda Célula	66,0
C5	única	Toda Célula	52,0
C6	única	Toda Célula	66,0
C7	1	OP150	71,0
C7	B402M	OP150	71,0

Além disso, para cada um dos tempos recolhidos, fez-se o seguinte resumo de características do processo.

Resumo da Atividade (T/C)			
Atividades Manuais		Atividades Máquina	
Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
Tempo Ciclo Total (s/peça)		Erro Esperado (s/peça)	
Prod/h Min	Produção/hora	Prod/h Max	Diferença

Figura 46- Resumo do Processo – pelo autor

Essas características resumem as informações relativas aos tempos manuais, ou seja, aqueles nos quais o operador fica vinculado à máquina (carga e descarga manual, por exemplo) e os tempos de máquina nos quais o operador pode realizar outras atividades.

Juntamente a essas informações, tem-se os dados de produção da peça em função da variabilidade dos tempos recolhidos (10 medições).

Essas informações hoje estão em posse do cliente tendo em vista o futuro projeto de Lean Seis Sigma e um controle mais efetivo de seu processo. Essas informações estão compiladas conforme pode ser verificado no resumo abaixo (descrito para o maior gargalo atual identificado entre as células e as famílias).

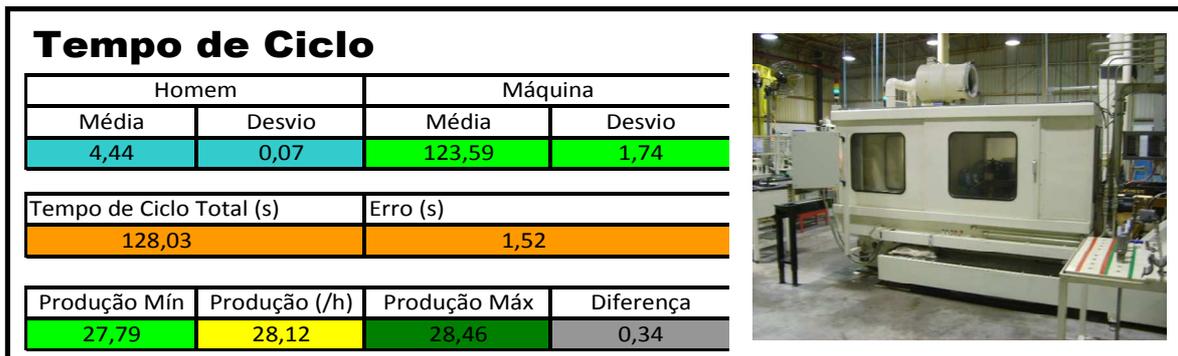


Figura 47- Resumo da Furação Profunda – pelo autor

4.3.5.4. Balanceamento das linhas – situação atual

Em função dos tempos recolhidos, da alocação de operadores, da quantidade de máquinas e dos dados de demanda atuais que foram inseridos na planilha desenvolvida seguem abaixo as situações de balanceamento atuais para cada família de produtos. Nos gráficos abaixo já é possível verificar o atendimento das linhas ao Takt Time baseado nos dados de demanda da tabela 3. Para os gráficos a seguir foi considerado o rendimento global de 85% conforme acordado com o cliente.

4.3.5.4.1. Usinagem Barra

Gráfico 1 – Mapeamento dos Processos Família 1 – Pelo autor

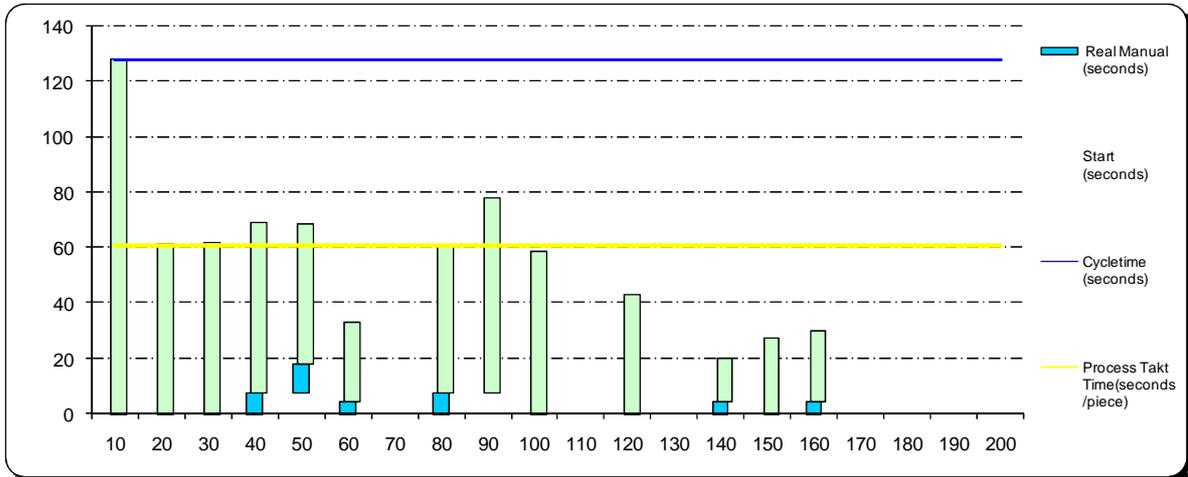
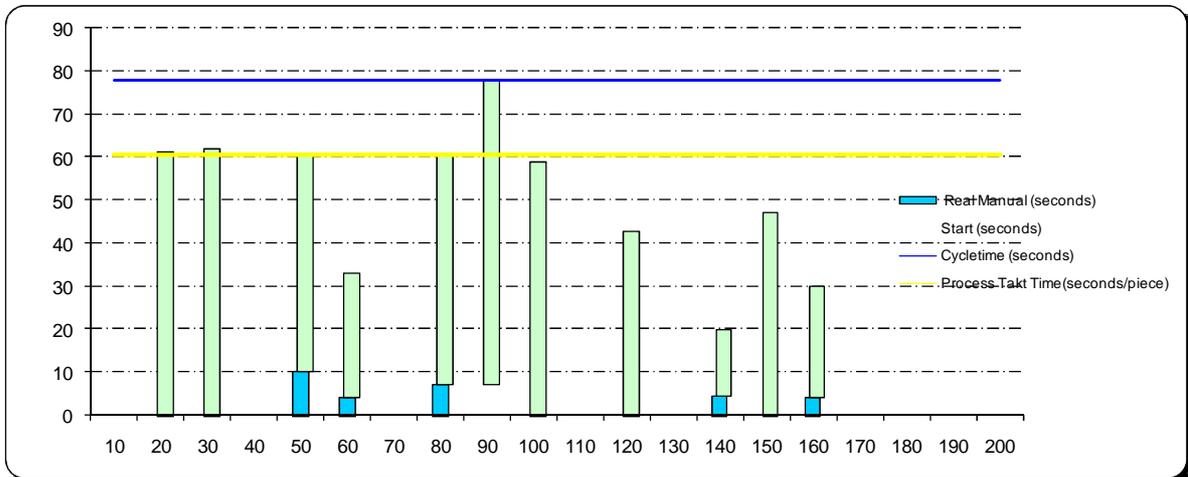


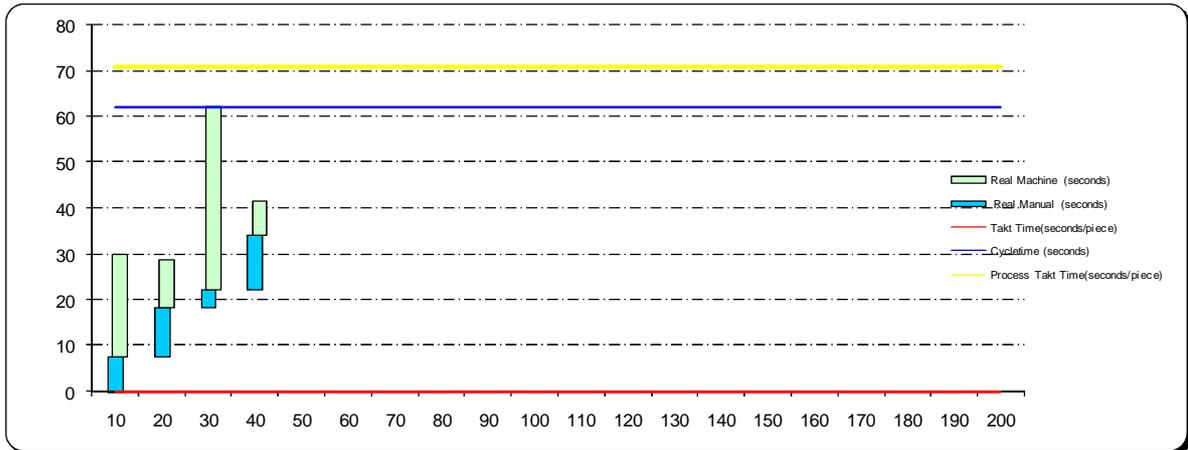
Gráfico 2 – Mapeamento dos Processos Família 2 – Pelo autor



Em função dos dados acima, é possível verificar que para a primeira família, não há atendimento do Takt Time. Permanentemente a atividade de furação profunda está sendo executada externamente e será foco do nosso trabalho bem como os outros gargalos

4.3.5.4.2. Usinagem Válvula

Gráfico 3 – Mapeamento dos Processos Usinagem Válvula Família 1 – Pelo autor



A linha das válvulas apresenta problemas ao atendimento de demanda e possui muitas atividades manuais muito longas. Algumas máquinas possuem a mesma linha hidráulica e não podem funcionar simultaneamente

4.3.5.4.3. Linhas de Pré – Montagem

Para essas três células em estudo, em função das atividades serem majoritariamente manuais e comporem uma célula de produção contínua (ou seja, sem estoques intermediários) definiu-se a sua capacidade de produção em função da velocidade de produção na saída da célula.

Minimamente pode-se definir algumas etapas distintas do processo mas no que tange o dimensionamento da capacidade de produção essa análise não será impactante.

Gráfico 4 – Mapeamento dos Processos pré- Montagem Válvula Família 1 – Pelo autor

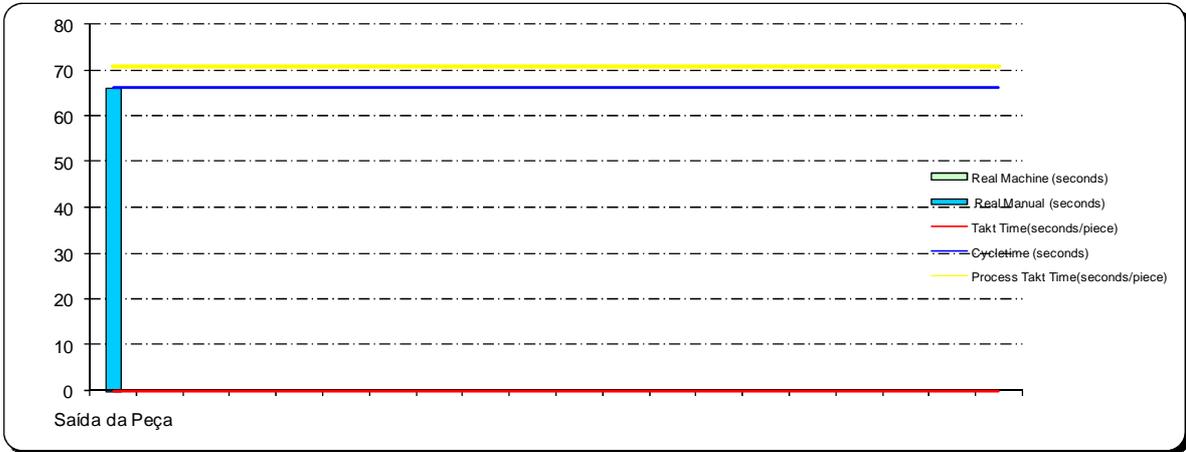


Gráfico 5 – Mapeamento dos Processos pré- Montagem Housing Família 1 – Pelo autor

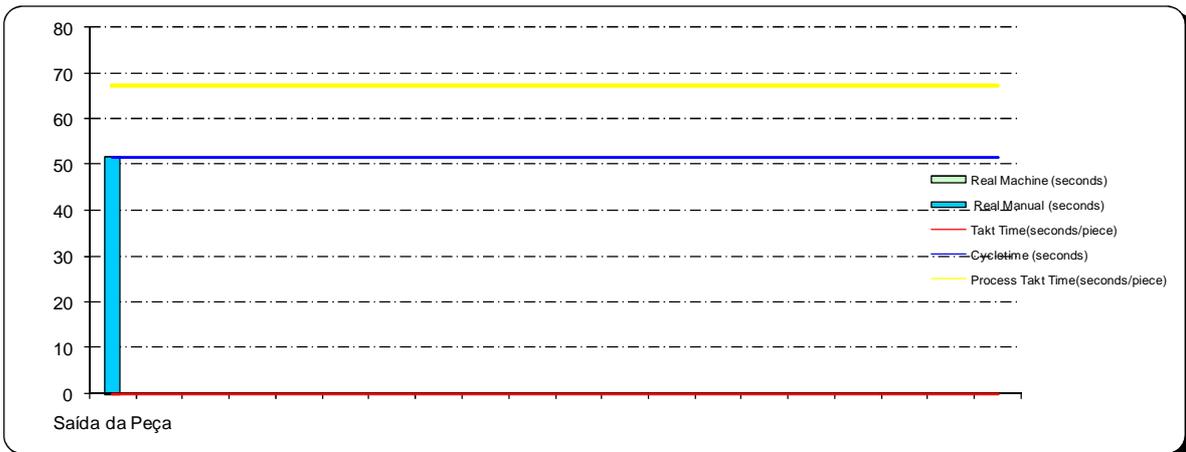
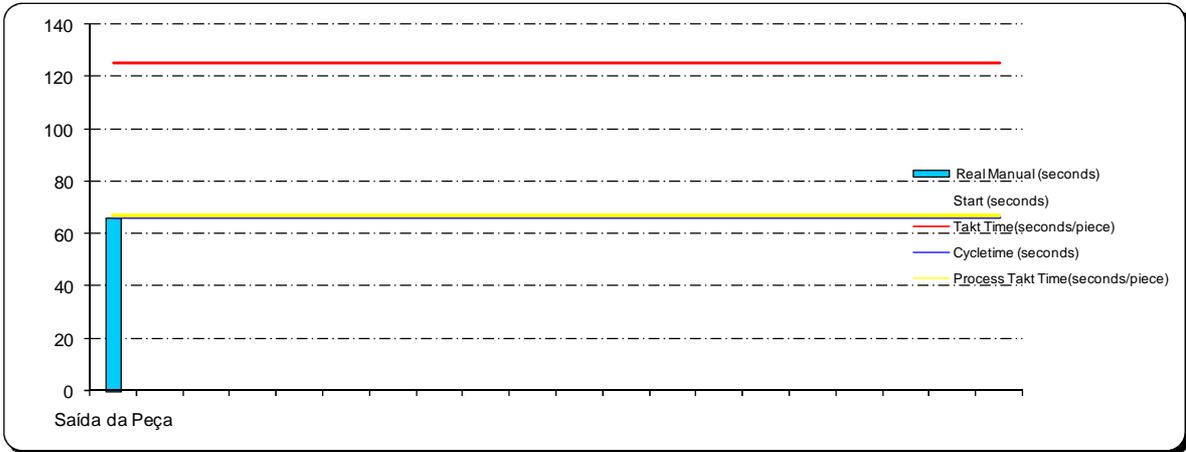


Gráfico 6 – Mapeamento dos Processos pré- Montagem Barra Família 1 – Pelo autor



A grande preocupação com as linhas de pré-montagem é o balanceamento destas com a linha de montagem final. O ponto fundamental de melhoria é a grande quantidade de retrabalho e refugos verificado.

4.3.5.4.4. Linha Montagem Final.

Gráfico 7 – Mapeamento dos Processos Montagem Final Família 1 – Pelo autor

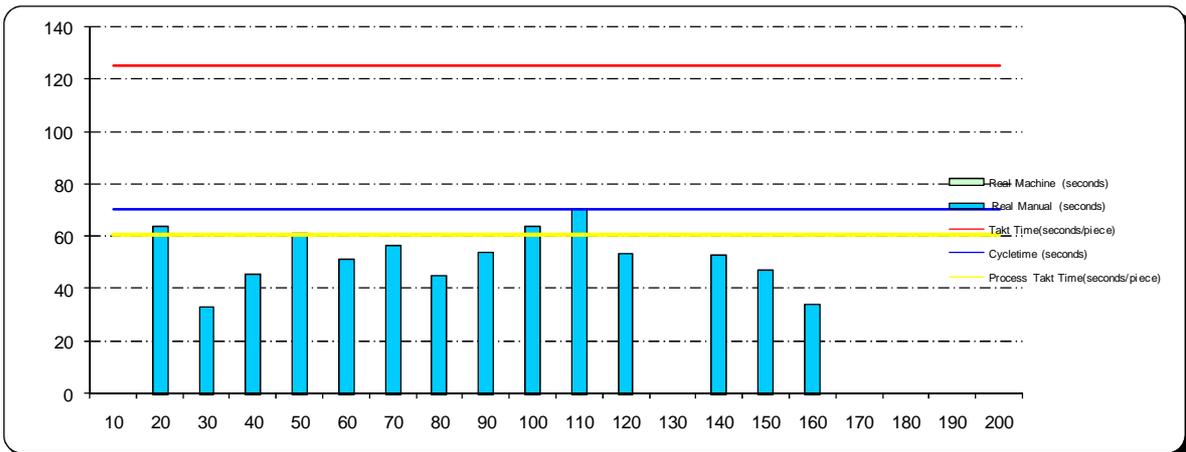
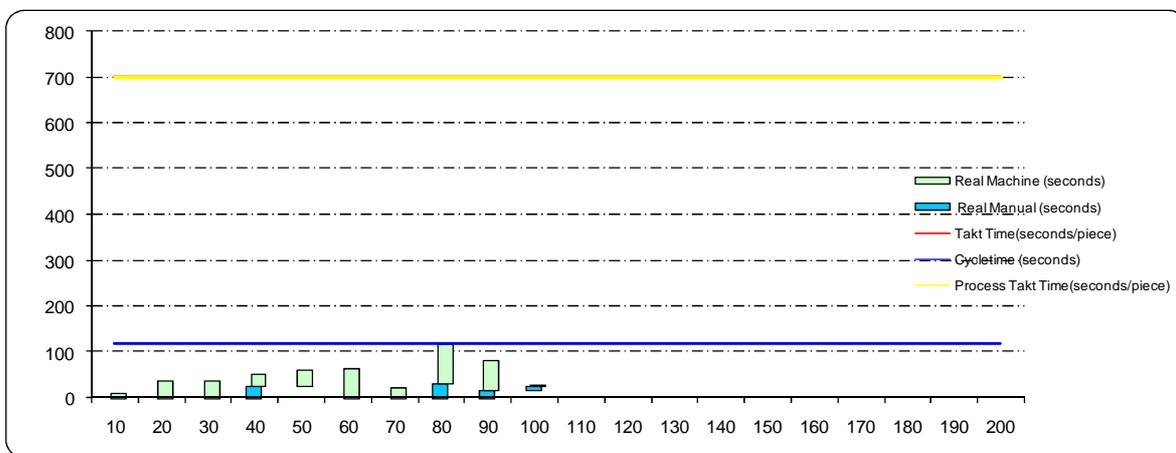


Gráfico 8 – Mapeamento dos Processos Montagem Final Família 2 – Pelo autor



Com relação a essas duas linhas, as maiores linha da fábrica com relação ao número de operações e operadores, verifica-se uma grande quantidade de operações manuais, muito retrabalho e refugo, desbalanceamento e não atendimento à demanda. Com certeza será um foco de análise bastante importante para ferramentas de melhoria.

Todos esses dados, para todas as linhas e famílias, que foram levantados, são base de análise e podem ser refinados de tal modo a determinar-se qual será a linha e qual o escopo das melhorias e da continuidade para o uso do Lean Seis Sigma..

Durante a tomada dos tempos já possível determinar algumas oportunidades de melhoria que serão descritas posteriormente.

4.3.6. Capacidade de Produção

Como finalização do projeto e em função de todos os dados de tempos recolhidos, descreveu-se a capacidade de produção ideal da fábrica. Em conformidade com o cliente e tendo em vista uma meta a ser atendida, considerou-se um rendimento global dos processos de 85% na definição da capacidade final com relação aos tempos

tomados na linha em condições especiais conforme já foi tratado. Foram considerados 3 turnos de trabalho para esses dados sendo que através da planilha desenvolvida, pode-se fazer simulações em qualquer condição quista.

Segue abaixo os dados de capacidade de produção para o mês de dezembro de 2008 com 22 dias úteis considerando-se a linha totalmente ocupada pelo produto em questão em dois cenários (100% e 85%) e depois para um ano padrão de 300 dias:

Tabela 11 – Capacidade de Produção em dezembro de 2008 – pelo autor

Célula	Família	Capacidade de Produção (100%)	Capacidade de Produção (85%)
C1	1	16.060	13.651
C1	B402M	29.120	24.752
C2	única	46.842	39.816
C3	única	19.905	16.919
C4	única	31.090	26.427
C5	única	39.797	33.827
C6	única	31.061	26.402
C7	1	29.120	24.752
C7	B402M	29.120	24.752

Tabela 12 – Capacidade de Produção em ano padrão – pelo autor

Célula	Família	Capacidade de Produção (100%)	Capacidade de Produção (85%)
C1	1	219.000	186.150
C1	B402M	397.091	337.527
C2	única	638.755	542.941
C3	única	271.432	230.717
C4	única	423.955	360.361
C5	única	542.686	461.283
C6	única	423.559	360.025
C7	1	397.091	337.527
C7	B402M	397.091	337.527

Quando resgatamos os dados referente às demandas pretendidas para cada linha de produtos e cruzando com cada família definida olhando juntamente com a condição de balanceamento daquela linha (deve-se atentar ao cumprimento do takt-time) podemos destacar problemas de capacidade relacionados à linha de usinagem das barras (gráficos 1 e 2).

O tempo de ciclo de máquina bastante elevado na operação de furação profunda e também na operação de alívio de tensão (gargalos dos processos) são o primeiro passo para a melhoria da capacidade dessas linhas. Trabalhos relacionados à melhoria do tempo de setup e ajuste dos parâmetros da máquina (revisão do Gd&T e dados do processo) são oportunidade de melhorias que ficaram claras ao longo deste trabalho.

A análise mais apurada da situação de cada linha e as ferramentas para cada tipo de problema devem ser definidas a partir das informações de tempo que foram compiladas da planilha entregue ao cliente.

O uso dessas informações irão compor rica base de dados e um valor de referência para o levantamento do OEE de cada linha, sendo utilizadas principalmente até a etapa Analisar do DMAIC no Lean Seis Sigma.

O uso dos 85% de rendimento global do processo tendo em vista os tempos coletados em condições ideais são um valor inicial que deverá ser trabalhado para cada família de produtos em cada célula levantada.

Considerando-se esse valor de rendimento (valor de referência no setor automotivo) – pode-se concluir que a empresa está trabalhando no limite ou sem um muita capacidade ociosa.

No que tange o aproveitamento dos operadores e ocupação dos processos isso é bom, porém tendo em vista a ampliação da linha de produtos e o aumento de demanda isto é um indicativo de necessidades de investimento e melhoria dos processos e da capacidade da planta.

Com certeza, tendo toda essa quantidade de dados e uma planilha para gerenciamento da condição de balanceamento e produção das linhas, os colaboradores da tedrive (em especial os engenheiros de processo) foram treinados na coleta de dados e como utilizar essa planilha sempre tendo em vista que ela deverá ser atualizada quando de mudanças de qualquer espécie no processo. Fica claro para todos que essa é uma fotografia da situação atual e que não valerá para sempre.

5. Conclusões e Considerações

Com a grande difusão das ferramentas de produtividade nas indústrias, especialmente as do setor automobilístico em toda a sua cadeia de produção, muitas vezes são encontradas soluções trazidas a partir do mapeamento do fluxo de valor - VSM (Value Stream Mapping) que retratam a situação atual da empresa e quais são as oportunidades de melhoria a partir da aplicação de ferramentas específicas para geração de um fluxo enxuto, definindo assim o fluxo futuro e ideal para a empresa.

Para a definição do estado futuro é importante o recolhimento de dados e indicadores do processo tais como o número de operadores e a alocação dos mesmos na produção, o tempo disponível, a demanda de produtos (calculando-se assim o Takt Time), o fluxo de produção, o OEE de cada etapa, os tempos-padrão de cada atividade e os tempos de setup.

Nesse momento não é raro acontecer a seguinte pergunta: “De onde virão tais informações?” ou “Eu tenho esses dados?” e ainda “Mas os dados que eu tenho são de 20 anos atrás, tudo bem?”. Surgem nesse momento questionamentos sobre a existência dessas informações e/ou a qualidade e confiabilidade dos mesmos.

É interessante pensar em uma indústria que entende ter problemas de produção em função de atrasos nas entregas ou da qualidade e quantidade dos produtos fabricados, e pensa em soluções tais como um projeto de Seis Sigma ou aplicar Lean em uma área piloto. Mas essa empresa não sabe nem a sua capacidade de produção! Ela não possui informações confiáveis referentes aos tempos do processo, o balanceamento de sua linha de produção e nem o quanto pode produzir. Isso ficou claro ao longo do desenvolvimento deste estudo de caso.

Para isso existem ferramentas específicas e uma metodologia definida para o levantamento dos tempos de ciclo dos processos (cronoanálise) juntamente com o mapeamento dos mesmos. Esse trabalho de levantamento dos tempos e mapeamento das atividades na linha de produção deve ser entendido e realizado na organização e a importância de sua implementação deve ser focada, pois suas informações são as bases para análises relativas ao dimensionamento da capacidade de produção, necessidade de investimentos, balanceamento da produção, previsões

de produções futuras, além de entradas para boa parte das ferramentas de melhoria utilizadas atualmente.

Deve ficar claro que a confiabilidade com relação às tais informações é vital para qualquer empresa ter o mínimo de entendimento com relação à sua situação atual e assim ter informações validadas para assumir o que deseja e o que pretende para o seu futuro.

Não é pequeno número de empresas que tem diagnosticadas deficiências ou a inexistência de seus dados mais básicos do processo: os tempos de ciclo, os tempos de atividades manuais, os tempos de máquina, os tempos de movimentação e o mapeamento dessas atividades.

Graças à aplicação da metodologia DMAIC Lean Seis Sigma pode-se identificar essa deficiência na empresa do estudo de caso redefinindo assim o escopo do projeto.

A partir dos resultados apresentados e já validados com o cliente, para o ano de 2009, está sendo negociado os inícios de trabalhos do Lean Seis Sigma e além disso a contratação da Setec para definição da capacidade de produção de todas as plantas da Tedrive ao redor do mundo. A padronização desse trabalho através da planilha desenvolvida e apresentada à sede na Alemanha deu grande confiabilidade a este desenvolvimento.

De qualquer maneira, fica a oportunidade da análise mais aprofundada de cada linha, cada célula e cada família em função dos dados levantados através da venda de mais projetos futuros.

6. Referências

- <http://www.setecnet.com.br>, Outubro de 2008
- <http://www.seissigmabrasil.com.br>, Junho de 2008
- <http://www.werkemaconsultores.com.br>, Junho de 2008
- <http://www.leaxsixsigma.com.br>, Junho de 2008
- GEORGE, M. L., **The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity**, Mcgraw-Hill, 2005
- GEORGE M. L., **Lean Seis Sigma para Serviços**, Qualitymark
- ALVARENGA-NETTO, C. A., **Proposta de mapeamento e gestão por Macroprocessos**, São Paulo, 2004, 146p. + apêndices
- ANDERSEN, B. **Business Process Improvement Toolbox**. 1999
- BISGAARD S., FREIESLEBEN J.; **Six Sigma and the bottom Line**, Quality Progress, Setembro de 2004, pp.57-62.
- CONTI, T., **Building Total Quality: A guide for management**. London, Chapman & Hall
- CONTI, T., **Qualità: un'occasione perduta?**.Etas, 2004
- COOPER, N.P.; NOONAN P.; **As Equipes de melhoria combinam com Seis Sigma?**,
- FPNQ, **Crítérios de Excelência: O estado da arte da Gestão para a excelência do desempenho e aumento da competitividade**, 2005
- DINSMORE, P.C. **Winning Business with Enterprise Project Management**. New York: Amacom, 1998.
- FAZEL F., **TQM X Reengenharia**, Banas Qualidade, Maio 2004, p.10 a 13
- GUALAZZI, G.A.S. **Análise de Modelos de Melhoria no Desenvolvimento de Software**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Metodista de Piracicaba, 2000.
- HAMMER, M, **Além da Reengenharia**, Rio de Janeiro, Campus 1997
- HAMMER, M.; STANTON, S. **How Process Enterprises Work**. HBR, 2001

- HAMMER, M, **Process Management and the Future of Six Sigma**, MIT Sloan Management Review, 2002, p.26 a 31
- HARRY, M.J., SCHROEDER, R., **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**, Doubleday, USA, 2000
- HARRY, M.J. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability.**, Quality Progress
- JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **Juran's Quality Handbook**, McGraw Hill, 5a ed, 1998
- KERZNER, H. **Applied Project Management Best Practices on Implementation.** John Wiley & Sons: USA, 2000.
- OUCHI, F., Estudo do DFSS (Design For Six Sigma): A qualidade no desenvolvimento de novos produtos e processos, São Paulo, 2002.
- PANDE, Peter S., **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras empresas estão aguçando seu desempenho**, Rio de Janeiro, Qualitymark, ed. 2001
- PISKE I., **Ferramenta de apoio à decisão em análise de investimentos**, Tese Florianópolis 1998
- PMI - Project Management Institute. PMBoK Project Management Body of Knowledge (2000). PMI Minas Gerais, v. 1.0 (versão em português).
- RAMOS A. W., **O Futuro do Seis Sigma**, Banas Qualidade, Setembro 2005, p.38 e 39
- ROTONDARO R. G., **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**, São Paulo, Atlas 2002
- SERSON, S. M., **Tinta ou cor? A qualidade total como instrumento para reconceituar uma unidade de negócios**, São Paulo, 1991
- SERSON, S. M., **"Fábrica Veloz"**, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade de São Paulo, 1996
- SIQUEIRA, J. **O Modelo de Maturidade de Processos: como maximizar o retorno dos investimentos em melhoria da qualidade e produtividade.**
- SNEE, R.D.; RODEBAUGH W. F.; **O Processo de Seleção do Projeto**, Banas, 2004

- STAMATIS, D. H.; **Six Sigma Fundamentals: A Complete Guide to the System, Methods and Tools**, New York, 2004
- WERKEMA, Maria C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualimark, 2002. v.1