

Seis Sigma e a Filosofia *Lean*: Uma abordagem teórica da integração *Lean* Seis Sigma

**SILVA, Bruna Grazielly de Jesus*; LISBOA, Ainã Pinheiro;
SANTOS, Aurea Haiza Almeida; SANTOS, Gabriel Siqueira;
SANTANA, Kelyanne Santos; SILVA, Isabelly Pereira**

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe;

* Autor de correspondência. E-mail: brunagrazielly24@gmail.com

RESUMO

Atualmente vêm surgindo diversas novas metodologias, através de aplicação de conceitos de minimização da variabilidade, manufatura enxuta ou até mesmo uma união desses conceitos como o Lean Seis Sigma, que utiliza duas metodologias conceituadas como os Seis Sigma e o Lean Manufacturing, tendo como foco melhoria do processo, busca de melhor desempenho financeiro, além dos benefícios das junção como aumento da qualidade, redução dos custos e lead time, como também, maior satisfação dos clientes. Desta maneira, este artigo tem como objetivo destacar a importância e benefícios do Seis Sigma e do Lean Manufacturing na gestão da qualidade com análise sob uma abordagem teórica, além de identificar os fatores importantes para a implementação do Seis Sigma e a integração Lean Seis Sigma, através de uma visão sequencial dos passos para a integração dos modelos, mostrando que não é apenas um modelo diferenciado de produção, e sim uma mudança em toda a cultura organizacional. O Lean Seis Sigma possui uma flexibilidade em resolver problemas de diversas naturezas em diversos tipos de empresa, embora algumas tenham dificuldades de compreensão da gama de ferramentas e passos de implementação, cada organização deve adotar as ferramentas mais adequadas para cada tipo de cultura.

Palavras-chave: Seis Sigma; Lean Manufacturing; Lean Seis Sigma.

Six Sigma and Lean Philosophy: A theoretical approach to Lean Six Sigma integration

ABSTRACT

Available from several new methodologies, through the application of concepts of minimization of variability, lean manufacturing or even a concept identical to Lean Six Sigma, which uses the methodologies known as Six Sigma and Lean Manufacturing, focusing on improved process, better search financial performance, in addition to the benefit of the joint such as increased quality, cost reduction and lead time, as well as greater customer satisfaction. In this way, this paper looks at the importance and benefits of Six Sigma and Lean Manufacturing in quality management with a theoretical approach, as well as identifying the factors that are important for a Six Sigma implementation and Lean Six Sigma integration, through a sequential view of the steps for model integration, showing that it is not just a differentiated model of production but an experience across an organizational culture. Lean Six Sigma has the flexibility to solve problems of nature and nature, and has some tools for integrating various tools and implementation steps, each time the tools are most needed for each type of crop.

Keywords: First keyword; Second keyword; Third keyword.

1 Introdução

A qualidade tem exercido um papel relevante para o aprimoramento e conquista de novos mercados. Dessa maneira, independente do setor ou porte da organização é preciso atender os requisitos dos clientes por meio de novos métodos de gerenciamento, que proporcionem maior qualidade, satisfação e melhoria nos resultados financeiros.

No contexto atual, os mercados estão cada vez mais competitivos e a fidelidade dos clientes está cada vez mais disputada, assim a qualidade visa de modo contínuo o desempenho organizacional. Segundo Deming (1993), a qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente. Pois, somente o cliente é capaz de definir a qualidade de um produto. Desse modo, o conceito de qualidade altera de significado na mesma proporção em que as necessidades dos clientes mudam.

Os consumidores exigem cada vez mais dos produtos e serviços, com preferências, no sentido de atender ou superar as expectativas, além de ter preços acessíveis. Nesse sentido, as empresas buscam maior presteza, flexibilidade e precisão por meio de recursos que contribuam com o desenvolvimento de produtos eficazes (ESTORILIO, 2013).

Uma das ferramentas mais populares para alcançar o alto desempenho é o Seis Sigma, sendo um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio de otimização de operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, imperfeições e erros (HARRY *et al.*, 1998). O Seis Sigma vem se disseminando de forma crescente entre as empresas na maioria dos setores, tratando-se de um rigoroso enfoque estatístico, há inúmeras ferramentas que são empregadas com o objetivo de caracterizar as fontes de variabilidade para demonstrar como esse conhecimento pode controlar e aperfeiçoar os resultados do processo, dessa forma adotar os Seis Sigma significa reduzir defeitos, erros e falhas a zero e atingir a “quase perfeição” no desempenho dos processos (WATSON, 2001).

Outra ferramenta bastante distinta, é o *Lean Manufacturing*, que pode ser traduzido como manufatura enxuta, se trata de uma filosofia operacional que busca eliminar os desperdícios, além de otimizar a linha de produção e melhoria contínua com a aplicação de ferramentas da qualidade, como consequência há uma redução significativa do tempo do pedido do cliente e a entrega, além de diminuir os custos (WEDGWOOD, 2006).

As duas metodologias têm o propósito de impactar diretamente a lucratividade da organização, mas atuam de forma diferente dentro do sistema. O Seis Sigma atua na redução da variabilidade e dos defeitos, enquanto o *Lean* torna o processo mais eficiente ao reduzir desperdícios e aumentar a produtividade. Dessa maneira, surgiu o *Lean Seis Sigma* que é a

utilização das duas metodologias de forma combinada, seu foco é tanto na melhoria do processo quanto na busca de um excelente desempenho financeiro para a empresa, além dos benefícios da junção como aumento da qualidade, redução dos custos, *lead time* e maior satisfação dos clientes (GEORGE, 2002).

Este trabalho tem como objetivo destacar a importância e vantagens do Seis Sigma e do *Lean Manufacturing* na gestão da qualidade ponderada sob uma abordagem teórica, além de identificar os fatores importantes para a prática do Seis Sigma e a integração *Lean Seis Sigma*. O presente estudo, irá proporcionar uma visão sequencial dos passos para a integração dos modelos, mostrando que não é apenas um padrão diferenciado de produção, e sim uma mudança em toda a cultura organizacional.

2 Filosofia *Lean*

O *Lean Manufacturing* teve origem a partir do Sistema Toyota de Produção (*Just in Time*), após a Segunda Guerra Mundial, sendo aplicada primeiramente na produção e depois as dimensões de negócios organizacionais. A filosofia *Lean* é focada na eficiência dos processos, com objetivo central das atividades industriais de oferecer o máximo de valor com a menor quantidade de recursos possíveis. Dessa forma, é necessário eliminar todos os desperdícios (atividades que não agregam valor) e trabalhar somente no que é demandado em um determinado prazo, assim poderá estabelecer um progresso dos processos da empresa.

Os princípios para a implementação de uma metodologia Enxuta são:

- Valor: Análise do que é percebido como valor pelo cliente;
- Fluxo de valor: Processos que são realmente necessários para criar valor;
- Fluxo contínuo: tornar os processos naturais para os colaboradores;
- Produção puxada: Só produzir quando houver demanda do cliente;
- Perfeição: Melhorar continuamente o que for necessário;

A essência do *Lean* consiste em reduzir desperdícios, para isso é imprescindível atacar os 7 desperdícios da indústria, formulado por Taiichi Ohno (OHNO, 1997), demonstrados na Quadro 1:

Quadro 1 – Desperdícios da Indústria

7 Desperdícios da Indústria	
Espera	Tempo de espera por materiais, pessoas, equipamentos, informações.
Defeito	Qualquer defeito no produto trará prejuízos à Organização, ou seja, retrabalho.
Transporte	Todo deslocamento de material, que não agregue valor ao produto.
Movimentação	Todo movimento de pessoas que não agregue valor ao produto, como buscar ferramentas, informações, etc.
Excesso de Estoque	Ter matéria-prima a mais do que o necessário, seja por falta de confiança do fornecedor, problemas de qualidade, etc.
Excesso de Produto Acabado	Produção que não é requerida pelo cliente.
Mau ou Super Processamento	São operações que não agregam valor ao produto e não é percebido pelo cliente.

Fonte: Autoria Própria

Estes desperdícios não agregam valor e devem ser combatidos na busca da satisfação do cliente.

2.1 Ferramentas da Filosofia *Lean*

De acordo com o tipo de desperdício, pode-se fazer uso de determinadas ferramentas.

Quadro 2 – Combate aos 7 Desperdícios

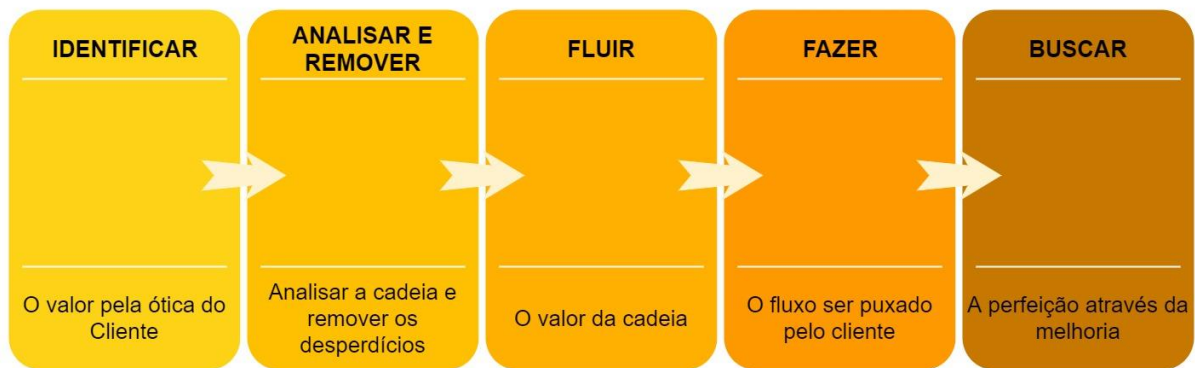
Ferramentas que auxiliam o <i>Lean</i>	
Espera	<i>KanBan</i> , <i>Kaizen</i> (Melhoria contínua), PDCA, TPM - Manutenção Produtiva Total, Ferramentas da Qualidade
Defeito	<i>Poka-yoke</i> , TPM, <i>Kaizen</i> , PDCA, DFA (Produto desenvolvido para requerer menos tempo e menos recursos durante o processo), <i>Six Sigma</i>
Transporte	VSM (Mapeamento da cadeia de valor), <i>KanBan</i> , <i>Kaizen</i> , PDCA, <i>Just in Time</i>
Movimentação	5S, <i>Cell Design</i> , <i>Kaizen</i> , PDCA
Excesso de Estoque	<i>KanBan</i> , VSM, Gestão visual, PDCA
Excesso de Produto Acabado	<i>KanBan</i> , TPM, VSM, Gestão visual, <i>Heijunka</i> (nivelamento de carga), <i>Talk Time</i> (Ritmo de produção)
Mau ou Super Processamento	PDCA, <i>Kaizen</i> , DFA

Fonte: Autoria Própria

Todas essas ferramentas auxiliam no controle do processo, além do mapeamento da cadeia de valor (MCV), ou em inglês *Value Stream mapping* (VSM), sendo uma atividade de análise de processo que visa identificar etapas, tanto que adicionam valor ao produto ou serviço, como aquelas que não.

O VSM conecta etapas do processo, como materiais e informações. Os 5 pontos da Cadeia de Valor, por Taiichi Ohno (OHNO, 1997) é identificar o valor sob a ótica do cliente, analisar a cadeia de valor e remover os desperdícios, fazer fluir o valor da cadeia, fazer o fluxo ser puxado pelo cliente e buscar a perfeição através da melhoria, ver Figura 1.

Figura 1 – Os cinco pontos da Cadeia de Valor



Fonte: Autoria Própria

Sempre que falamos de melhorias de processo enxutos, encontramos vários métodos e ferramentas para conduzir este processo de mudança, como por exemplo *Kaizen*, PDCA, MASP, 5S, *Six Sigma* entre outras ferramentas.

O *Kaizen*, palavra japonesa para Melhoria contínua, procura alcançar essa melhoria em todos os níveis do processo, aumentando a produtividade e a qualidade, com o mínimo custo possível e em muitos casos, a custo “zero”, proporcionando o desenvolvimento da qualidade dos produtos e serviços da organização e estabelecendo a satisfação de seus clientes internos e externos (PASCAL, 2008).

O programa 5s tem como objetivo mobilizar, motivar e conscientizar toda a empresa para a Qualidade Total, através da organização e da disciplina no local de trabalho. A metodologia possibilita desenvolver um planejamento sistemático, permitindo de imediato maior produtividade, segurança, clima organizacional e motivação dos funcionários, com consequente melhoria da competitividade organizacional (CAMPOS, 2004).

O Ciclo PDCA ou SDCA, significa *Plan, Do, Check, Action* (Planejar, Fazer, Verificar e Agir). Esse método tem a função de garantir que a empresa organize seus processos, não importando a sua natureza. Esse ciclo foi criado por Walter A. Shewart, na década de 20, mas ele se tornou conhecido quando William Edward Deming, um dos gurus da gestão de qualidade, espalhou o conceito pelo mundo. Por esse motivo, o ciclo PDCA ficou conhecido a partir da década de 1950 como ‘Ciclo Deming’ (CAMPOS, 1999).

3 Seis Sigma

3.1 O método Seis Sigma

Seis Sigma é um sistema amplo e flexível para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio, sendo fundamentado no bom entendimento dos requisitos dos clientes, pelo

uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas. Atualmente, esse método é compreendido como uma prática de gestão, que busca melhorar a lucratividade de empresas de qualquer setor de atividade, seja produto ou serviço (TRAD, 2009).

Assim, a implementação do programa na organização visa incrementar a qualidade e priorizar a rentabilidade, pois o programa concentra grande esforço na redução dos custos, aperfeiçoamento da eficiência e da eficácia de todas as operações. No aspecto estatístico, o Seissigma pode ser entendido como uma medida da variabilidade de um processo, seu desvio-padrão é representado pela letra grega sigma (σ). Quando o desvio-padrão é alto, há pouca uniformidade do processo, com muita variação entre os resultados gerados. Dessa maneira, quanto menor a desvio-padrão melhor será o processo. Quanto mais contida estiver essa variação em relação a sua especificação, menor a possibilidade de erros ou falhas (TRAD, 2009).

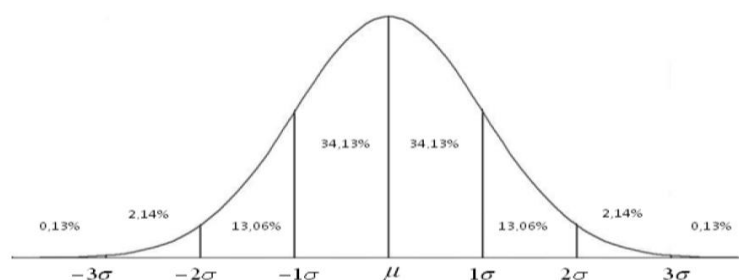
A Tabela 1, mostra o comparativo entre as taxas de erros, taxa de acerto e o nível de Defeitos por Milhão de Oportunidades para cada escala sigma. Para complementar a curva gaussiana da Figura 2, mostra o gráfico de distribuição normal centralizada e os níveis Sigma, fazendo a representatividade de quanto mais alto o nível sigma, menor a probabilidade de defeitos. O nível sigma representa o número de desvios da amplitude total ao redor da média.

Tabela 1 – Escala Seis Sigma

Taxa de Acerto	Taxa de Erro	Defeitos por Milhão de Oportunidade (DPMO)	Escala Sigma
30,9%	69,1%	691.462	1,0
69,1%	30,9%	308.538	2,0
93,3%	6,7%	66.807	3,0
99,38%	0,62%	6.210	4,0
99,977%	0,023%	233	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0

Fonte: TRAD (2009)

Figura 2 – Representação da curva Gaussiana



Fonte: Eckes (2001)

3.2 Implementação do Programa Seis Sigma

O sucesso em implementar o programa depende do comprometimento de toda a organização, em especial da gerência em virtude da necessidade da designação de recursos que assegurem sua manutenção. Outro fator fundamental é a mudança cultural, pois a implementação exige adequação na cultura organizacional, com colaboradores mais motivados para enfrentar os desafios.

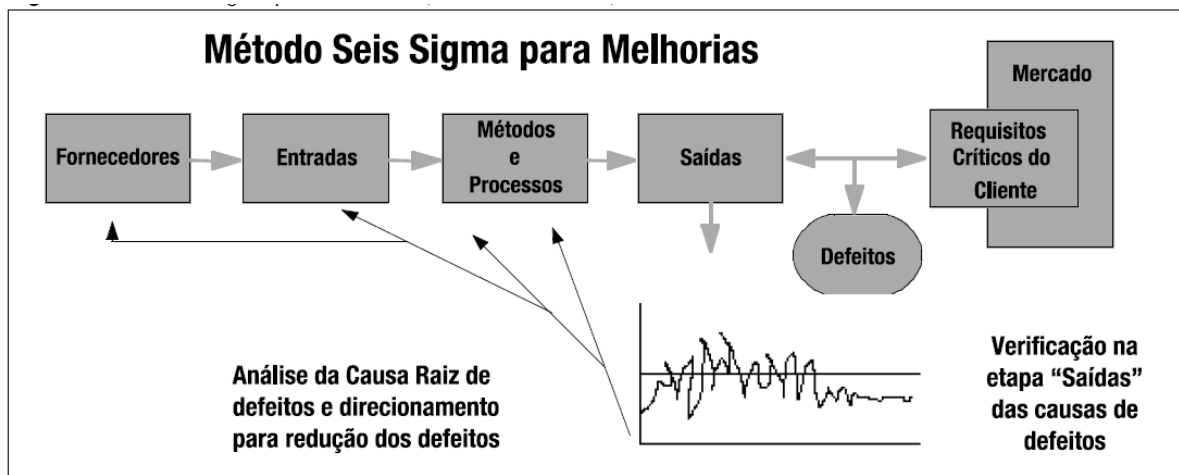
No início da implementação são analisados todos os departamentos em busca de oportunidades de otimização dos resultados e melhoria da performance. A implementação do Seis Sigma é dividido em seis passos (FIGUEIREDO, 2006):

- Melhoria do desempenho deve-se iniciar pela alta administração, é preciso que seja treinada sobre os princípios e ferramentas necessárias para preparar a organização para o sucesso, disponibilizar infra-estrutura gerencial para apoiar o programa Seis Sigma e incentivar a inovação e criatividade, através da redução dos níveis hierárquicos, eliminação de procedimentos que atrasam a experimentação, mudança, etc.
- Sistema de comunicação eficiente para que todos estejam próximos e envolvidos, seja cliente, funcionário, fornecedor. Para identificar eventuais obstáculos que atrapalhem o sucesso do programa. Dessa forma, é inevitável incluir o desenvolvimento de métodos rigorosos para obtenção e avaliação de informações.
- É imprescindível que o treinamento atinja a todos os funcionários, para que não haja lacunas educacionais. A capacitação dos colaboradores que têm contato com o Seis Sigma utiliza uma rotina distinta, a qual são outorgadas denominações segundo a carga horária de treinamento estabelecida, bem como hierarquia nos projetos e dedicação de tempo ao programa. Os profissionais adquirem assim terminologias típicas, tais como: *sponsor* que tem compromisso de possibilitar e estabelecer as diretrizes para a execução do Seis Sigma; *sponsor* facilitador que exerce as funções fundamentais no andamento dos projetos do programa; *champions*, que são os gestores dos projetos que sustentam as ações ou excluem possíveis barreiras no gerenciamento dos projetos (BEHARA *et al.*, 1995).
- Desenvolvimento de uma estrutura para melhoria contínua de processos, junto com um sistema de indicadores para monitorar os benefícios do programa. As métricas do Seis Sigma focalizam metas estratégicas, propulsores de negócios e principais processos. Para isso é necessário haver infra-estrutura adequada que assegure a introdução, desenvolvimento e continuidade do programa.

- Para a implementação do programa Seis Sigma é fundamental a seleção e gerenciamento dos projetos, pois a falta de habilidade na escolha e condução de um projeto pode consumir tempo e recursos que depois geram frustrações e insucessos. Para a seleção adequada dos projetos é preciso que haja critérios para obtenção de lucros nos negócios, que avaliem o impacto no atendimento das exigências dos clientes e ganhos financeiros, além de critérios de viabilidade e impacto organizacional, que analisem os recursos exigidos, as técnicas e ferramentas disponíveis (RAISINGHANI *et al.*, 2005).
- Os projetos Seis Sigma são conduzidos por funcionários da empresa. Contudo as equipes são lideradas por black belts (faixas pretas), green belts (faixas verdes), yellows e white belts (faixas amarelas e brancas), que embora componham o chamado “chão de fábrica” são treinados nos fundamentos do Seis Sigma, principalmente em relação a utilização das ferramentas básicas que se aplicam às várias fases dos projetos (HAN 2002).

A Figura 3, ilustra a sequência de implementação e aplicação do método Seis Sigma.

Figura 3 – Método Seis Sigma



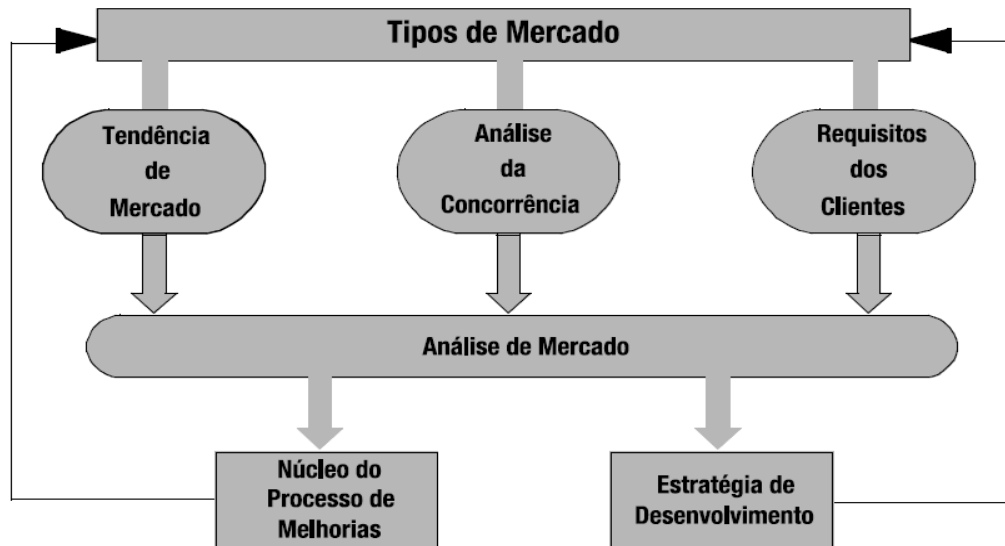
Fonte: BLAKESLEE JR (1999)

3.3 Seis Sigma: Fatores que sustentam o resultado

A ferramenta apresenta sustentabilidade se os conceitos forem bem compreendidos e aplicados. O primeiro é compreender os *Controls Technicals Quality* (CTQ's), que são as características críticas para a qualidade, ou seja, requisitos de desempenho definidos pelo cliente para um produto ou serviço, a Figura 4 caracteriza o estágio de definição dos requisitos do cliente. Um CTQ pode ser um atributo ou um processo articulado pelo cliente e dispor como

característica ser mensurável e possuir a especificação com tolerância permissível (ANDRIETTA, 2002).

Figura 4 – Definição dos Requisitos Críticos dos clientes



Fonte: Blakeslee Jr. (1999)

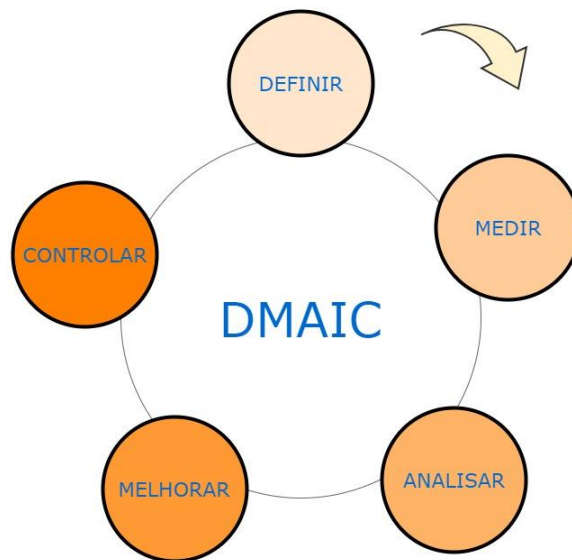
Outro fator que assegura o desempenho do programa é escolher métodos que contribuam para o desenvolvimento do programa como por exemplo: M/PCpS (*Machine/Process Characterization Study*), que é o estudo da caracterização e otimização de processos, visando eliminar a perda de tempo e dinheiro; DMAIC, que tem como iniciais *Define* (Definir), *Measure* (medir), *Analyse* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar); DFSS (*Design for Six Sigma*); DMADV (Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar), dentre outros métodos. Entretanto, o método mais utilizado atualmente é o DMAIC, que significa Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, e contempla os outros métodos citados (LYNCH, *et al.*, 2003).

O DMAIC é utilizado para melhorar os processos existentes.

- Definir: É o momento de definir o escopo do projeto, com uma definição clara e objetiva do projeto compreendendo os CTQ's e os requisitos técnicos. A definição deve ser específica e mensurável.
- Medir: Nesta etapa é preciso levantar as circunstâncias potenciais do problema e analisar o total da base de dados, identificando as medidas-chaves da eficiência e eficácia do conceito Sigma. O plano de coleta de dados deve assegurar que a amostragem seja representativa e aleatória.

- Analisar: No Seis Sigma a abordagem é analítica, assim para encontrar a solução de um problema é preciso diagnosticar qual a causa raiz, que será alvo de busca e melhoria. Considerada com a fase mais importante do ciclo DMAIC.
- Melhorar: Com base no diagnóstico levantados na fase anterior, é o momento de desenvolver as mudanças que eliminem, atenuem ou minimizem as causas do problema.
- Controlar: É a ação de garantir que as melhorias se sustentem ao longo do tempo. Com atenção especial para a padronização, documentação e ao treinamento dos novos moldes de trabalho. Uma ferramenta que pode ser usada neste momento é o Controle Estatístico de Processo, sendo possível analisar e acompanhar variações na produção.

Figura 5 – Ciclo DMAIC



Fonte: Autoria Própria

4 Integração *Lean* e Seis Sigma

O programa resultante da integração entre o Seis Sigma e o *Lean*, por meio da incorporação dos pontos fortes de cada um deles, é o *Lean Seis Sigma*, uma estratégia mais abrangente, acentuada e eficaz para uma produção mais lucrativa. Segundo George (2002), o *Lean Seis Sigma* é uma metodologia que maximiza os valores do negócio, obtém rapidamente uma melhoria na taxa de satisfação dos clientes, redução dos custos, aumento da qualidade, velocidade do processo e capital investido.

Quando o *Lean* e o Seis Sigma são utilizados de forma harmônica, os sistemas se tornam eficazes, pois os pontos fortes de um preenchem as possíveis lacunas do outro, potencializando as forças e exercendo uma enorme influência na performance dos processos.

As empresas buscam melhorar o desempenho de forma abrangente e sustentável, o *Lean* Seis Sigma, pode ser visto como uma das ferramentas úteis para o funcionamento do sistema de melhoria, mas ela não pode ser vista como um modelo padrão para todas as empresas, cada empresa deve adotar o procedimento mais adequado para sua cultura, desde que sejam respeitados os requisitos básicos do *Lean* e do Seis Sigma.

Caso a empresa tenha implementado o *Lean* antes do Seis Sigma, as principais dificuldades na integração é o pouco conhecimento das ferramentas Seis Sigma, dificuldade de visualização da utilidade e importância do Seis Sigma, visão preconceituosa de que o Seis Sigma é lento e dificuldade em identificar projetos Seis Sigma.

Já na situação da implantação do Seis Sigma ser antes do *Lean*, as principais dificuldades são o pouco conhecimento das ferramentas *Lean*, dificuldade de visualização da utilidade e importância do *Lean*, aplicação pontual do *Lean* sem visão estratégica global da empresa e visão de que o *Lean* atende plenamente às necessidades da empresa (WERKEMA, 2006). A figura 6 apresenta o passo a passo para a aplicação da Filosofia Seis Sigma

Figura 6 – Passos para a filosofia seis sigma



Fonte: Autoria Própria

Para uma melhor ideia da complementação destas duas ferramentas, o Quadro 3 apresenta as características do *Lean* e do Seis Sigma e o que uma pode acrescentar na outra:

Quadro 3 – Características do Seis Sigma e do *Lean Manufacturing*

Seis Sigma	Produção Enxuta
Perspectiva da satisfação do cliente	Perspectiva do uso racional dos recursos de produção
Alocação de especialistas para liderar, coordenar e apoiar projetos de melhoria	Participação do pessoal de produção na implementação de melhores práticas do sistema lean
Combate às variações e perdas em geral	Combate aos desperdícios do sistema de produção
Atenção à avaliação financeira dos resultados	Alinhamento com a estratégia de produção
Bem instrumentado para aprimorar projetos de produtos, serviços e processos transacionais	Bem instrumentado para racionalizar processos de produção e movimentação de materiais
Valoriza coleta cuidadosa de dados	Valorização da observação prática do problema
Ênfase na aplicação estruturada de métodos quantitativos na análise de problemas	Ênfase na resolução prática dos problemas
Possibilidade de pesquisa de soluções ótimas	Aplicação de regras empíricas na busca de soluções
Desenvolvimento de habilidades para gerenciamento de projetos	Implementação de melhorias por meio de projetos <i>kaizen</i>
Projetos com prazos de 1 semana a 3 meses	Projetos com prazos de 2 a 6 meses
Treinamento: <i>Learning by doing</i> (aprender fazendo)	Treinamento: <i>Learning by doing</i> (aprender fazendo)

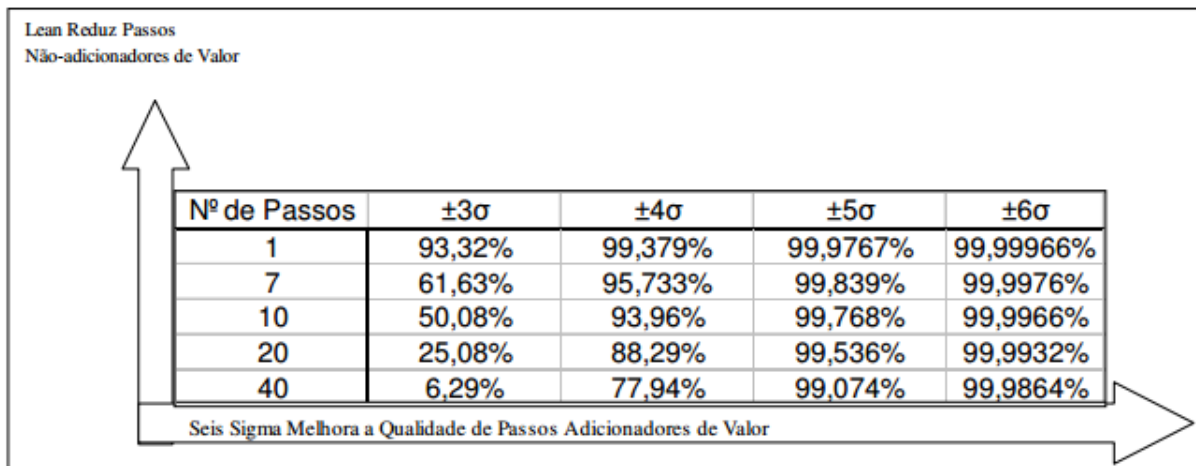
Fonte: Adaptado de Bertels (2002)

George (2004) afirma que a metodologia *Lean*, mesmo abordando de maneira eficaz a redução do lead time e a eliminação das atividades que não adicionam valor, apresenta algumas limitações, como não considerar diretamente a voz do cliente, fazendo com que a definição das atividades agregadoras de valor seja vista internamente e não externamente a empresa. A metodologia *Lean* também considera o defeito como um desperdício, mas não tem uma ferramenta específica que limite a variabilidade do processo, eliminando os desperdícios, daí a necessidade de integrar com o Seis Sigma. Além disso, o *Lean* já parte direto para as melhorias, quando o Seis Sigma ainda utiliza o DMAIC para poder ajustar a definição do problema e tratá-lo de maneira crítica.

Ao analisar as dificuldades do Programa Seis Sigma, vemos que este não apresenta também uma medição direta dos desperdícios, pois não considera dados como tempo de setup, tempo de processamento, transporte, entre outros. Já o *Lean* oferece uma ferramenta mais clara para a identificação de desperdícios, o Mapeamento do Fluxo de Valor e Processos. O Seis sigma comumente considera melhorias em tempo de ciclo. No entanto, na teoria não existe uma ligação clara entre a qualidade e a velocidade, ou como uma melhoria na qualidade (e redução da variação) pode influenciar em maior velocidade no processo, já o *Lean* usa conceitos como o TPM (Manutenção Produtiva Total) e o 5S para aumentar esta velocidade.

A Figura 7 relaciona como a integração do *Lean* com o Seis Sigma pode reduzir passos não agregadores de valor nas atividades:

Figura 7 – Lean Seis Sigma e a redução dos passos que não agregam valor

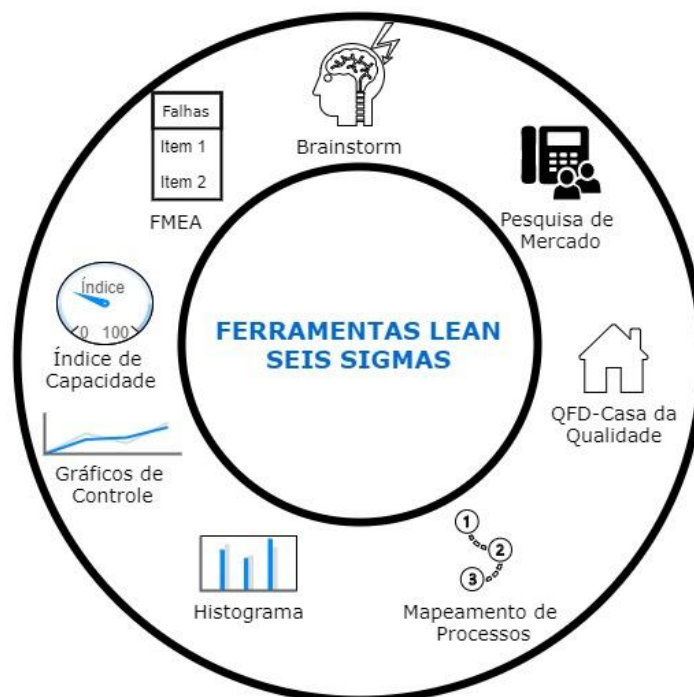


Fonte: Adaptado de George(2004)

5 Principais Ferramentas *Lean* Seis Sigma

Existem diversas ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas no *Lean* Seis sigma. As mais utilizadas podem ser vistas resumidamente a seguir:

Figura 8 – Ferramentas seis sigmas



Fonte: Autoria Própria

Brainstorming: É um Termo em inglês que significa literalmente tempestade de idéias. Segundo Marshall *et al.* (2003), é uma técnica em que um grupo pequeno de pessoas se reúnem para expressar livremente o pensamento no menor tempo possível. Busca-se criatividade e diversidade de pontos de vista, que são registrados e depois analisados por facilitadores devidamente treinados para conduzir trabalhos em equipe. O *Brainstorm* é muito utilizado como ponto de partida e busca-se livremente soluções ou propostas que posteriormente podem ser mais detalhadas e desenvolvidas.

Pesquisa de Mercado: É uma pesquisa tem como objetivo fundamental descobrir respostas mediante o uso de procedimentos científicos. No caso das pesquisas de mercado, podem ser usadas técnicas como o levantamento, que usa a interrogação direta do público que deseja conhecer, ou estudos de campo, que, segundo o autor, buscam aprofundar as questões propostas em um único grupo ou comunidade, utilizando a técnica de observação. Os resultados de uma pesquisa de mercado servem de base para a elaboração de diagramas como, por exemplo, o QFD, e trazem ao projeto a visão do cliente para que se estabeleça o que é crítico para a qualidade em sua perspectiva.

QFD – Desdobramento da Função da Qualidade: Também conhecida como Casa da Qualidade (House of Quality), devido a sua semelhança com uma casa. Na visão de Rotondaro *et al* (2002), é a matriz mais importante da Metodologia Seis Sigma, pois identifica e prioriza as necessidades dos clientes, traduz essas demandas em características críticas para a qualidade (CTQs), prioriza as CTQs, realiza comparações em relação aos concorrentes e determina metas quantitativas de melhoria

Mapeamento de Processos: De acordo com Rotondaro *et al.* (2002), o fato de as empresas em geral serem estruturadas por funções ou departamento com objetivos próprios, mas produzirem bens, pode gerar conflitos que muitas vezes levam ao insucesso. A técnica de mapeamento de processos permite conhecer detalhadamente as tarefas realizadas por todos os setores, bem como entradas, fornecedores, saídas, clientes, pontos críticos e demais informações necessárias à melhoria da qualidade.

Histograma: O histograma é um gráfico de barras que mostra a distribuição dos dados de uma amostra, agrupados por classes em determinado instante. Neste gráfico é possível identificar a tendência central, a variação e o comportamento dos dados cuja forma, pode indicar o tipo de distribuição que encontramos na variável medida.

Gráficos de Controle: Os gráficos de controle, em geral, nos mostram o comportamento dos dados ao longo de um período de tempo. Trata-se de uma das principais ferramentas para monitorar amostras de um processo, de forma a acusar a presença de causas

especiais que possam colocá-lo fora de controle, ou seja, trabalhando fora dos limites estabelecidos para uma operação com qualidade. Os gráficos de controle são utilizados para monitorar se determinado processo encontra-se dentro dos padrões de especificação (Superior e Inferior).

Nível Sigma ou Índice de Capacidade Sigma: Trata-se da medição do índice utilizado para determinar a capacidade seis sigma do processo e mede a distância da média à especificação mais próxima (LEI ou LES) em quantidades de desvios-padrão (sigmas). A apuração do índice de capacidade sigma determina quão longe ou perto o processo trabalha do objetivo de seis sigma.

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*: Conforme Marshall *et al.*(2003), é um método eficiente para as etapas de projeto, planejamento e fabricação de produtos, pois visa identificar e prevenir todos os modos possíveis de falhas e os seus efeitos, através de uma avaliação permanente do processo. O método FMEA traz uma seqüência lógica e sistemática de avaliar as formas possíveis pelas quais um sistema ou processo está mais sujeito à falhas. O FMEA avalia a severidade das falhas, a forma como as mesmas podem ocorrer e, caso ocorram, como eventualmente poderiam ser detectadas antes de levarem a reclamações do cliente. Assim, com base nestes três quesitos: severidade, ocorrência e detecção, o método FMEA leva a uma priorização de quais os modos de falha levam a um maior risco ao cliente.

6 Considerações finais

Este trabalho abordou os aspectos em relação a implantação da metodologia Seis Sigma e do *Lean Manufacturing*, junto com as ferramentas que auxiliam seu desenvolvimento e êxito, através da eliminação de desperdícios, redução de custos, melhoramento dos processos produtivos, possibilitando assim maior competitividade e satisfação dos clientes.

Outra abordagem é a união das metodologias, mostrando que o *Lean* pode ser incluído no contexto do Seis Sigma e vice versa, sendo uma tendência atual que precisa ser mais explorada a fim de aumentar o potencial estratégico. Uma virtude da metodologia Lean Seis Sigma é originada das características positivas somadas das metodologias, que é a utilização de uma ampla gama de ferramentas de melhoria, com isso tem-se uma flexibilidade em resolver problemas de diversas naturezas e diversos tipos de empresa, então cada organização deve adotar as ferramentas mais adequadas para cada tipo de cultura, desde que os requisitos básicos do *Lean Seis Sigma* sejam respeitados.

No entanto, pode haver dificuldade de compreensão da gama de ferramentas na implementação do *Lean Seis Sigma*, causando uma escolha inadequada das ferramentas a serem

utilizadas, fato que pode ocorrer, por ser uma metodologia nova e as empresas não apresentarem maturidade ou já possuírem alguma técnica implantada e não conseguirem reconhecer a importância deste acréscimo.

Referências bibliográficas

ANDRIETTA, J. M. MIGUEL, P. A. C. **Aplicação dos programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras.** Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 2. p. 203-219, maio-ago. 2007.

ANDRIETTA, J. M. MIGUEL, P. A. C. **The Six Sigma Method Importance in Quality Management Analyzed under a Theoretical Approach,** 2002.

BEHARA, R.S.; FONTENOT, G. F.; GRESHAM, A. **Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma.** *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 12. n.3, p.9-18, 1995.

BLAKESLEE JR, J.A. **Achieving quantum leaps in quality and competitiveness: implementing the Six Sigma solution in your company,** 1999.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

DEMING, W. E. Dr. Deming. **O americano que ensinou a qualidade total aos japoneses.** Rio de Janeiro: Record, 1993.

ECKES, G. **A revolução Seis Sigma.** 6 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 1999.

ESTORILIO, C.C. A. AMITRANO, F.G. **Aplicação de Seis Sigma em uma empresa de pequeno porte,** 2013.

FIGUEIREDO, T. G. **Metodologia Seis Sigma como estratégia para redução de custos: estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na operação de usinagem,** 2006.

GEORGE, M. L. **Lean Seis Sigma para serviços.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

GEORGE, M.L. **Lean Six Sigma, combining six sigma quality with lean speed.** New York: McGraw-Hill, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HAN, C.; LEE, Y. H. **Intelligent integrated plant operation system for six sigma.** *Annual Reviews Control.* v. 26, p. 27-43, 2002.

HARRY, M.J.; SCHROEDER, R. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability.** *New York: Quality Progress,* May 1998.

LYNCH D. P.; BERTOLINE, S.; CLOUTIER, E. **How to scope DMAIC projects.** *Quality Progress,* v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003.

MARSHALL, I. J.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; CIERC’O, A. A.; LEUSIN, S. **Gestão da Qualidade.** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

PASCAL, Dennis. **Produção Lean Simplificada.** Bookman. 2 ed. 2008.

RAISINGHANI, M; ETTE, H.; PIERCE, R; CANNON, G.; DARIPLAY, P. **Six Sigma: concepts, tools, and applications**. Industrial Management & Data Systems, v. 105, n. 4, p. 491-505, 2005.

ROTONDARO R. G., **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**, São Paulo, Atlas 2002

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. **Six Sigma: Critical Success Factors for its Implementation**, 2009.

WATSON, G.H. **Cycles of learning: observations of Jack Welch**. ASQ Publication, 1, (1):45-58. nov/2001.

WEDGWOOD, I. **Lean sigma, a practitioner's guide**. Upper Saddle River, N.J.: Prentice-Hall, 2006.

WERKEMA, M. C.C. **Lean Seis Sigma - Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

WESSEL, G.; BURCHER, P. **Six Sigma for small and medium-sized enterprises**. The TQM Magazine, v. 16, n. 4, p. 264-272, 2004.