



## FUNDAMENTOS DE LEAN SIX SIGMA

## NOSSA HISTÓRIA

A nossa história inicia com a realização do sonho de um grupo de empresários, em atender à crescente demanda de alunos para cursos de Graduação e Pós-Graduação. Com isso foi criada a nossa instituição, como entidade oferecendo serviços educacionais em nível superior.

A instituição tem por objetivo formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua. Além de promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicação ou outras normas de comunicação.

A nossa missão é oferecer qualidade em conhecimento e cultura de forma confiável e eficiente para que o aluno tenha oportunidade de construir uma base profissional e ética. Dessa forma, conquistando o espaço de uma das instituições modelo no país na oferta de cursos, primando sempre pela inovação tecnológica, excelência no atendimento e valor do serviço oferecido.

## Sumário

NOSSA HISTÓRIA .....	2
INTRODUÇÃO.....	4
EVOLUÇÃO DA QUALIDADE.....	8
SEIS SIGMA .....	10
SEIS SIGMA – HISTÓRICO E CONCEITO .....	17
SEIS SIGMA – MEDIDA .....	19
LEAN – HISTÓRICO E CONCEITO .....	23
LEAN SEIS SIGMA: FILOSOFIAS UNIDAS – CONCEITO .....	28
LEAN SEIS SIGMA – METODOLOGIA PDSA.....	31
REFERÊNCIAS .....	37

## INTRODUÇÃO

Manter os negócios da empresa em um patamar competitivo dentro do mercado significa em outros termos garantir as vendas e o crescimento em relação aos seus concorrentes.

E para tanto, a satisfação dos clientes, cada vez mais exigentes devido ao aumento de oferta, é o ponto crucial dessa lógica.

Para garantir a satisfação dos clientes, mais do que entregar o produto no prazo, é necessário apresentá-lo à um custo reduzido e com qualidade.

Foi devido à essa exigência do mercado que muitos programas e filosofias de gestão surgiram ao longo do tempo, como o Lean Management (gestão da manufatura enxuta) e o Seis Sigma, por exemplo (FEITOR, 2008).

O Lean se consolidou como um modelo de comportamento e organização do processo produtivo como um todo, que permite às empresas fazer melhor, mais rápido e com menores custos, tudo isso de uma maneira bem estruturada e durável no tempo.

Para tanto, o Lean busca entender o que é valor para o cliente e a partir disso trabalha para adequar o processo para que ele seja o mais “enxuto”, ou seja, o mais eficiente e com o menor custo possível. Isso é alcançado por meio da eliminação dos desperdícios em todo o processo produtivo, por métodos de melhoria adaptados ao mesmo, aplicados por colaboradores treinados e motivados, que trabalham alinhados à visão da empresa e sempre focados no cliente (informação verbal).

A metodologia que acompanha o conceito Lean de gestão é o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act).

Essa metodologia se utiliza de ferramentas capazes de encontrar soluções para a melhoria dos processos, reduzindo assim seus erros e desperdícios e garantindo a qualidade do produto ou serviço final.

Embora as mais variadas ferramentas e metodologias tenham conseguido melhorar o cenário para o negócio de muitas empresas, esses ganhos não eram tão significativos e perenes na maioria das vezes, como disse Senge et al. (1994), “as práticas inovadoras crescem por um certo tempo e depois param de crescer.

Talvez elas cessem de vez. Talvez a iniciativa persista timidamente (...). Surge então, na década de 80, o conceito do Seis Sigma, trazendo uma maneira mais robusta para se atingir ganhos mais expressivos e que se sustentem por si só por um longo período de tempo.

A busca de eficiência nas operações tem ocupado administradores e pesquisadores desde o início da era industrial.

O cenário atual não deixa dúvidas de sua relevância. Desde a década de 1980, a força dominante na relação entre fornecedores e clientes se vem deslocando a favor dos clientes que, cada vez mais, informam o que querem, como querem, quando e como querem e até quanto estão dispostos a pagar por bens e serviços.

Esta é situação bem distinta do que se experimentou no mercado de produção em massa, em que os clientes podiam aceitar qualquer coisa por falta de alternativas: os clientes exigem produtos e serviços adaptados às suas necessidades.

A competição em busca do cliente tem levado as empresas a buscar formas de aprimorar a eficiência de suas operações e a qualidade de seus produtos e serviços.

Segundo Harrington (1991, p. 74), eficiência e qualidade são termos relacionados. Uma das ferramentas mais populares para essa finalidade é o Seis Sigma.

Nos anos 1980, os conceitos de Deming sobre a variabilidade de processos influenciaram um engenheiro da Motorola, que procurou utilizá-los para melhorar o desempenho dos processos industriais, a fim de enfrentar empresas

concorrentes que fabricavam produtos de melhor qualidade a preços menores (Eckes, 2001, pp. 19-20).

A Motorola criou um programa interno que foi denominado Seis Sigma, cuja meta era reduzir a variabilidade dos processos de manufatura de forma a reduzir a ocorrência de defeitos para a ordem de 3,4 partes por milhão de oportunidades (3,4 ppm ou 0,00034%).

A Motorola recebeu o Prêmio Malcolm Baldrige em 1988, o que divulgou o Seis Sigma como fator de sucesso em eficiência operacional: a partir de então, inúmeras outras empresas se interessaram por essa iniciativa.

A GE foi a grande vitrine do Seis Sigma. As iniciativas bem-sucedidas na GE Capital e GE Medical “abriram as portas para as operações de serviços” (Basu & Wright, 2003, p. 58).

Os ganhos que podem ser obtidos com esses princípios são significativos: segundo Harry e Schroeder (2000, p. 17), empresas que operam com nível 3 Sigma têm custo de qualidade entre 25% e 40% da receita de vendas; empresas que operam com nível 4 Sigma têm custo de qualidade entre 15% e 25% da receita de vendas; e empresas que operam com 6 Sigma têm custo de qualidade de menos de 1% de sua receita de vendas.

Segundo Welch (1999, p. 5), as iniciativas Seis Sigma na GE trouxeram economia de cerca de 750 milhões de dólares em 1998. Foram vários os casos de sucesso e era de esperar que um número crescente de empresas tivesse adotado o Seis Sigma.

Entretanto, de acordo com uma pesquisa conduzida no mercado americano, Dusharme (2001, p. 3) relata que após 15 anos de introdução da metodologia, 62% das empresas que utilizavam Seis Sigma tinham apenas dois anos ou menos de programa.

Além disso, um aspecto relevante, apontado por Dusharme (2003a, p. 5, 2003b, p. 3), é o abandono do Seis Sigma por empresas após três anos de programa e uma baixa participação de pequenas empresas: 90% são grandes empresas das quais 60% têm mais de 10 mil funcionários (Dusharme, 2001, p. 2).



Que motivos podem estar associados ao abandono do programa e à não adoção 'em massa' do Seis Sigma?

Estudos sobre os fatores chave para o sucesso do Seis Sigma poderiam ajudar a responder essas indagações, mas são relativamente novos ou limitados em número e foco de análise.

Tsung-Ling Chang (2002) apresentou pesquisa sobre fatores críticos de sucesso para implantação do Seis Sigma em ambiente empresarial para pequenas e médias empresas.

Outra pesquisa de escopo limitado foi conduzida por Ou-Chuan Chang (2004), com foco em estudo de caso sobre os fatores de sucesso em projetos de Green Belts, em comunidade treinada pela GE.

Ainda que a GE sirva de referência, quando se trata do tema Seis Sigma, suas características únicas de tamanho e pioneirismo do processo certamente dificultam a extrapolação de resultados para o ambiente empresarial mais amplo.

Examinando os relatos de sucesso na implementação, Pande, Neuman e Cavanagh (2000, pp. 11-13) apontam benefícios do Seis Sigma em áreas como:

- (a) geração continuada de sucesso para a companhia;
- (b) objetivos de desempenho para todas as áreas da companhia;
- (c) maior valor entregue aos clientes;
- (d) aceleração dos índices de melhoria;
- (e) promoção do aprendizado e (f) execução de mudanças estratégicas propostas pela companhia.

O conhecimento dos fatores e das condições críticas para o sucesso na adoção do Seis Sigma no mercado brasileiro mostra-se relevante, em face da importância do tema e dos benefícios que podem ser obtidos em termos de redução de desperdício e aumento de eficiência, qualidade de produtos e serviços e de competitividade das empresas nacionais.

No Brasil, a aplicação dessa metodologia iniciou-se por meio do conhecimento aplicado nas matrizes das empresas multinacionais.

Segundo Rosenberg (1999, p. 89), “a pioneira na implementação do Seis Sigma com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor que, em 1999, obteve mais de 20 milhões de reais de retorno, a partir dos projetos Seis Sigma”.

## EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

Nos mais diversos setores e tipos de organização há a presença da competição, seja por recursos, por clientes ou por fundos de negócios.

Para vencer seus concorrentes, as organizações têm utilizado a qualidade, melhorando o desempenho em confiabilidade e preço, ganhando clientes e obtendo vantagens em fundos de negócios (OAKLAND, 1994).

Entretanto, qualidade é um conceito que possui diversas definições, sendo que este termo tem evoluído com o passar do tempo. Especialistas que estudaram sobre o tema viam a questão da qualidade por diferentes perspectivas, sendo atribuídas diversas definições ao termo qualidade (CHIROLI, 2016, AQUILANI et al., 2017).

A qualidade pode ser entendida, em termos gerais, como o atendimento das exigências e necessidades do cliente, trazendo consigo a ideia de confiabilidade, que diz respeito à capacidade do produto ou serviço ofertado atender continuamente aos requisitos do cliente (OAKLAND, 1994).

Além da evolução no conceito da qualidade, houve também mudança na abordagem do tema, inclusive, através do enfoque dado a essa questão, foram definidas as quatro eras da qualidade: inspeção, controle estatístico, garantia da qualidade e gestão estratégica (MARSHALL JUNIOR et al., 2008).

Na era da inspeção da qualidade, o objetivo central era garantir que os produtos não apresentassem falha na entrega, evitando reclamações dos clientes.



Para isso, o principal método utilizado dizia respeito a inspecionar o produto final e eliminar aqueles que apresentassem defeitos, substituindo por outros, sendo esta atividade incorporada como uma operação final pertencente ao processo produtivo (WECKENMANN; AKKASOGLU; WERNER, 2015).

Esse processo de inspeção funcionou para um volume baixo de produção, pois, com a produção em massa, a quantidade de produtos produzidos aumentou, e com ela a quantidade de inspeções necessárias.

A necessidade de realizar cada vez mais inspeções e a frequente substituição de produtos defeituosos por produtos bons, fizeram os custos aumentarem, e esse controle feito somente no final do processo passou a ser visto como desperdício, pois todas as etapas de produção deveriam ser executadas para que o defeito fosse identificado, desperdiçando tempo (WECKENMANN; AKKASOGLU; WERNER, 2015; CHIROLI, 2016).

Com isso, o foco da qualidade deixou de ser apenas o produto e passou a incorporar o processo produtivo, inserindo técnicas estatísticas que possibilitaram identificar mudanças ocorridas durante a produção dos produtos, o que caracterizou a era do controle estatístico da qualidade (MARSHALL JUNIOR et al., 2008).

A ideia central do controle estatístico é atuar na variabilidade do processo, considerando que esta variabilidade está presente em qualquer processo de produção e pode indicar a ocorrência de problemas.

Para distinguir quando a variabilidade apresentada possui um nível aceitável e quando ela indica um problema, foram estabelecidos os gráficos de controle, que contêm limites de variação para o processo e permitem o monitoramento deste através da extração de amostras dos produtos produzidos (YONG; WILKINSON, 2002).

Entretanto, a inspeção e o controle estatístico controlavam a qualidade dos produtos e processos apenas de maneira posterior, desta forma, a partir de meados de 1960, a qualidade passou a considerar não somente a saída do processo, mas também a entrada deste, buscando garantir a qualidade através da

identificação de riscos e problemas potenciais, impedindo que aconteçam (WEC-KENMANN; AKKASOGLU; WERNER, 2015).

Nesta era da garantia da qualidade há o entendimento de que todas as pessoas interessadas nas atividades da organização participem da melhoria da qualidade, abordando desde a fase de desenvolvimento do produto, envolvendo todos os níveis hierárquicos, bem como os clientes e fornecedores (MARSHALL JUNIOR et al., 2008).

A quarta era da qualidade, que diz respeito à gestão estratégica, visa melhorar a competitividade e eficácia em toda a organização, abordando a questão da qualidade desde o nível da gerência e difundindo que todos os funcionários devem ter compromisso em estabelecer a alta qualidade (OAKLAND, 1994; WECKENMANN; AKKASOGLU; WERNER, 2015).

## SEIS SIGMA

Seis Sigma é considerado a metodologia da qualidade para este novo século. Seu propósito de ganhos drásticos na lucratividade das empresas tem levado várias delas a alcançar resultados importantes.

De acordo com Pande et al. (2000, p. xi), esta é uma definição de Seis Sigma: Seis Sigma: Um sistema amplo e flexível para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio.

Seis Sigma é unicamente orientado pelo bom entendimento dos requisitos dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, e pela atenção diligente ao gerenciamento, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

No aspecto estatístico, o sigma pode ser entendido como uma medida da variabilidade intrínseca de um processo seu desvio-padrão, representado pela letra grega sigma ( $\sigma$ ).

Segundo Deming (1990, pp. xx-xxii), a variabilidade estará sempre presente nos produtos e serviços que são gerados por quaisquer processos.

De acordo com Werkema (2002, p. 217), se o valor do desvio-padrão de um processo é alto, há pouca uniformidade do processo, com muita variação entre os resultados gerados; se o valor do desvio-padrão é baixo, há muita uniformidade do processo com pouca variação entre os resultados gerados pelo processo.

Quanto menor for o desvio padrão, melhor será o processo. Quanto mais contida estiver essa variação em relação a sua especificação, menor a possibilidade de erros ou falhas.

Pelo conceito Seis Sigma criado pela Motorola, ainda que a média se desloque até  $1,5\sigma$  do seu valor nominal, podemos esperar até 3,4 defeitos em cada milhão de oportunidades. Para efeito de comparação, a Tabela 1 relaciona taxa de erro, taxa de acerto e o nível de Defeitos por Milhão de Oportunidades [DPMO] para diversos valores da Escala Sigma.

O nível Sigma adequado para um dado processo dependerá dos requisitos dos clientes: nível sigma acima significa desperdício de esforço por parte da empresa sem a contrapartida de valor reconhecido pelo cliente.

**Tabela 1: Significado da Escala Sigma**

<b>Taxa de Acerto</b>	<b>Taxa de Erro</b>	<b>Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO)</b>	<b>Escala Sigma</b>
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

Segundo Werkema (2002, pp. 21-22), Seis Sigma não envolve essencialmente nada de novo: as ferramentas estatísticas utilizadas já eram conhecidas e faziam parte do arsenal da qualidade para eliminação de defeitos.

É a abordagem do Seis Sigma e sua forma de implementação que justificam seu sucesso.

Desde a liderança da empresa, que detém a responsabilidade pelo sucesso do Seis Sigma, até o colaborador operacional que dá apoio, vários são os papéis desempenhados, níveis de atribuição e responsabilidade.

Esses papéis são: Equipe de Liderança; Campeões (champions); Patrocinadores (sponsors); Master Black Belts (MBBs); Black Belts (BBs); Green Belts (GBs) e White Belts (WBs).

Tipicamente, os MBBs têm grande experiência em projetos bem-sucedidos, bem como profundo e amplo conhecimento da filosofia Seis Sigma e de suas ferramentas, técnicas e métodos de implantação.

Os BBs são os líderes das equipes de projeto, têm conhecimento técnico suficiente para facilitar a utilização das técnicas estatísticas e são treinados na utilização das ferramentas do Seis Sigma, ainda que possam ter competência em outras áreas.

O papel inicial dos BBs era essencialmente técnico por ocasião do desenvolvimento do programa na Motorola, mas esse papel evoluiu e não está limitado a esse escopo nos dias atuais.

Fatores de Sucesso do Seis Sigma A liderança é amplamente citada na literatura disponível como alicerce para sucesso do Seis Sigma.

Harry e Schroeder (2000, p. 166), por exemplo, destacam que o sucesso na implantação não acontece sem uma liderança ativa com objetivos claramente traçados e comunicados aos funcionários.

PerezWilson (1999, p. 205) ressalta em sua estratégia que reuniões mensais com a administração proporcionam ajuste permanente para assegurar o progresso das equipes.

Pande et al. (2000, p. 381) recomendam que a alta administração seja responsável por imprimir os esforços para o programa, como elemento chave de sucesso.

O comprometimento pode não ser suficiente: sem a efetiva participação da alta administração, o programa Seis Sigma pode fracassar (Eckes, 2001, p. 262). Werkema (2002, pp. 21-22) aponta que, além do comprometimento da alta administração, o uso de um método estruturado, o foco no cliente e a infraestrutura adequada são fatores de sucesso do Seis Sigma.

A seleção adequada de projetos também é amplamente citada como crítica para o sucesso (Adams, Gupta, & Wilson, 2003, p. 105; Harry & Schroeder, 2000; Pande et al., 2000, p. 137; PerezWilson, 1999, p. 205). Pande et al. (p. 145) apontam a necessidade de tais projetos serem baseados nas necessidades e objetivos definidos e na estratégia da companhia.

Os autores recomendam que a equipe de liderança seja treinada para a seleção de tais projetos.

Langley, Nolan, Norman e Provost (1996, p. 12) apontam a capacidade de usar os dados como um dos elementos que dão suporte à busca de melhorias.

Os textos sobre Seis Sigma são igualmente unânimes quanto à importância de recursos humanos preparados para o desafio de sua implantação.

A excelência pessoal é mais importante que a excelência técnica; criatividade, colaboração, dedicação e comunicação são muito mais importantes que qualquer corpo de estatísticos (Pande et al., 2000, p. xiii). Harry e Schroeder (2000, p. 166) destacam a importância do treinamento de pessoas com perfil apropriado.

Da mesma forma, é importante a composição das equipes de projeto com perfis adequados.

Pande et al. (2000, pp. 379- 382) acrescentam a comunicação simples e clara, e que é fundamental divulgar os resultados da iniciativa, sejam eles positivos ou negativos, para aprender com eles.

Em seu estudo sobre pequenas e médias empresas, T-L. Chang (2002, p. 113) encontrou 10 fatores críticos de sucesso para implantação do Seis Sigma.

São eles, em tradução livre:

- (1) liderança;
- (2) planejamento estratégico;
- (3) benchmarking competitivo;
- (4) gerenciamento do processo;
- (5) desenvolvimento dos recursos humanos;
- (6) educação e treinamento;
- (7) ferramentas da qualidade;
- (8) informação e análise;
- (9) foco nos clientes e no mercado; e
- (10) gerenciamento dos fornecedores.

Lee (2002, p. 116) encontrou os seguintes fatores críticos de sucesso, também em tradução livre:

- (1) adoção de programas prévios na área de qualidade;
- (2) liderança da alta administração;
- (3) processo de gerenciamento;



- (4) características dos Black Belts;
- (5) programas de treinamento em Seis Sigma; e
- (6) uso de ferramentas analíticas e estatísticas.

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

Tão pouco reduzir a variação somente, como busca o Seis Sigma, não fará a empresa chegar a níveis extraordinários de eficiência.

Nesse caso, o ideal é criar um enfoque holístico, uma visão mais ampla de melhoria do processo.

Em outras palavras, para se alcançar o máximo rendimento e desempenho, Lean e Seis Sigma devem ser utilizados em conjunto, como parte de um método mais amplo de melhoria.

Devem ser utilizados juntos, em um sistema no qual um complementa e reforça o outro.

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

Em segundo lugar, a motivação veio do cenário atual da linha de produção escolhida para o projeto: baixa produtividade e alto índice de problemas de qualidade.

Os números de produção, não tem sido suficiente, para atender a demanda dos clientes e essa situação exige uma atenção maior e um estudo mais profundo a fim de se chegar à verdadeira causa da baixa produtividade, de definir o que deve ser otimizado, e como otimizar, e por fim de mensurar quanto o indicador pode melhorar e quais serão os possíveis ganhos a serem atingidos.

A empresa é líder mundial no fornecimento de componentes e sistemas elétricos, hidráulicos, automotivos, aeronáuticos e de filtração, oferecendo marcas, produtos e soluções de comprovada excelência para seus clientes nos mercados sul-americanos.

Como defendido pelo princípio Lean Six Sigma, a empresa deve constantemente acompanhar, analisar e aperfeiçoar seus processos produtivos, visando sempre a redução de variações e a melhoria contínua, principalmente em tempos de fragilidade do contexto econômico mundial.

As melhorias devem ser implementadas tendo como foco, a eliminação de gastos desnecessários, a redução do tempo e da variação do processo e dos defeitos de qualidade, aumentando assim a produtividade e a competitividade da empresa.

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

A operação produtiva, onde se executa o trabalho manual ou automatizado, segundo Contador (2010), é o primeiro nível da escala de produtividade. Segue-se em níveis posteriores a produtividade global da fábrica, da empresa e, em um nível mais elevado, a produtividade da nação.

Levando em conta esse aspecto, os processos produtivos das empresas são e devem ser alvo de estudos sistemáticos e de constante aperfeiçoamento, já que eles constituem a força motriz da produção que atende ao mercado consumidor.

## SEIS SIGMA – HISTÓRICO E CONCEITO

Segundo Pande e Holpp (2001) o Seis Sigma não surgiu da noite para o dia, mas tem uma larga base, de mais de oitenta anos, que começa no início do século XX nos conceitos de gestão da qualidade desenvolvidos nos Estados Unidos e no Japão e vai até o sistema de Gestão Total da Qualidade (Total Quality Management - TQM) nas décadas de 1970 e 1980.

Contudo, para melhor compreensão do conceito Seis Sigma e de seu nascimento, vale-se voltar um pouco na história e entender sobre a evolução do termo qualidade para as empresas.

Com o aparecimento da produção em massa, fez-se necessário a implementação da inspeção dos produtos finalizados, pois perdiam-se as habilidades específicas e o cuidado da manufatura artesanal.

Entretanto ao decorrer da evolução industrial e com a necessidade de produção em massa para atender à alta demanda era impraticável a inspeção da totalidade de itens produzidos, então foi nesse contexto que surgiu o controle estatístico da qualidade, o qual instalava a inspeção por amostragem de uma certa quantidade de produtos fabricados, tornando o fluxo do processo produtivo menos travado.

Conforme o mercado se tornava mais exigente, a responsabilidade pela qualidade aumentava e as empresas passaram a aprimorar seu conceito de qualidade, até que foram criados os sistemas normatizados de qualidade.

Já nessa época haviam estudos, treinamentos e equipes especializadas, dedicadas à gestão da qualidade, e os conceitos de garantia e gestão estratégica da qualidade começaram a aparecer.

Mas foi na década de 1960 que um sistema que preconizava a prevenção dos defeitos em face à correção (FEITOR, 2008) foi apresentado.

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

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

A partir disso os sistemas de qualidade foram sendo aperfeiçoados, novas normas e perspectivas foram criadas, culminando no movimento chamado Gestão Total da Qualidade (Total Quality Management – TQM).

O TQM tem como principais características a gestão participativa, o processo de melhoria contínua e o emprego de equipes.

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

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

Pande e Holpp (2001) afirmam que o Seis Sigma focaliza seus esforços em três áreas principais: aumento da satisfação do cliente, redução do tempo de ciclo e redução dos defeitos.

Ainda segundo Pande e Holpp (2001), “Seis Sigma é a maneira mais inteligente de gerenciar um negócio ou um departamento.

O Seis Sigma coloca os clientes em primeiro lugar, utilizando fatos e dados para impulsionar as melhores soluções”.

O Seis Sigma não criou nada do zero, nada muito novo ou diferente.

Ele apenas se baseou nas metodologias da qualidade já existentes, mantendo o que era de fato eficaz, o que inclui os conceitos da qualidade total e do gerenciamento de processos, mas tudo inserido em uma metodologia bem estruturada e coerente, pautada na lógica e em ferramentas estatísticas.

O Seis Sigma objetiva o sucesso do negócio por meio da satisfação do cliente e com foco voltado ao retorno financeiro (GALVANI, 2010).

### **SEIS SIGMA – MEDIDA**

A letra grega Sigma, representada pelo símbolo  $\sigma$ , é utilizada pela matemática estatística para simbolizar o desvio padrão de uma população em estudo.

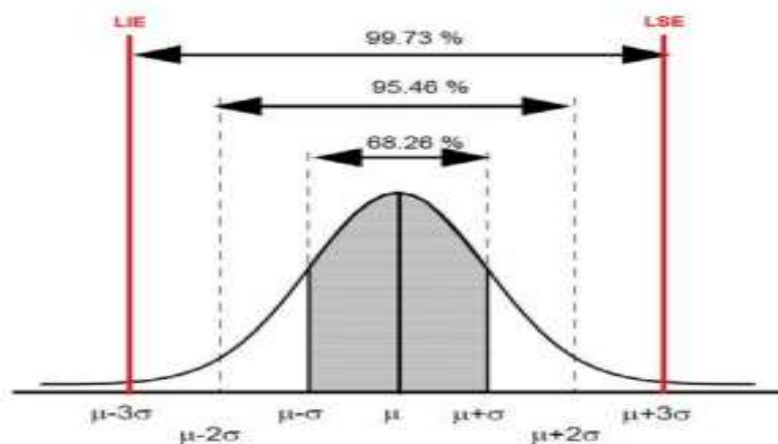
Dentro de uma distribuição normal dos dados de uma população, desvio padrão é a medida da dispersão dos dados em relação à média, ou seja, é o quanto um dado pode ser distante do valor médio ou ideal, como ilustrado no gráfico da Figura 1 (CORREA, 2003).

A área sob a curva, delimitada pela média e um valor qualquer, representa uma probabilidade.

É possível analisar no gráfico da Figura 1 que 68,26% dos valores medidos encontram-se entre  $-1\sigma$  e  $+1\sigma$ , ou seja, a área ou a probabilidade de um valor estar entre  $-1\sigma$  e  $+1\sigma$  é de 68,26%.

Seguindo essa lógica, se forem estipulados limites inferior e superior como especificação, conforme o número de sigmas dentro destes limites aumenta, maior é a probabilidade de um valor estar dentro destes limites (CORREA, 2003).

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



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

Ao considerarmos que esses limites são os limites especificados em um projeto, a probabilidade de um valor estar dentro dos limites é a probabilidade de ocorrência de conformidades.

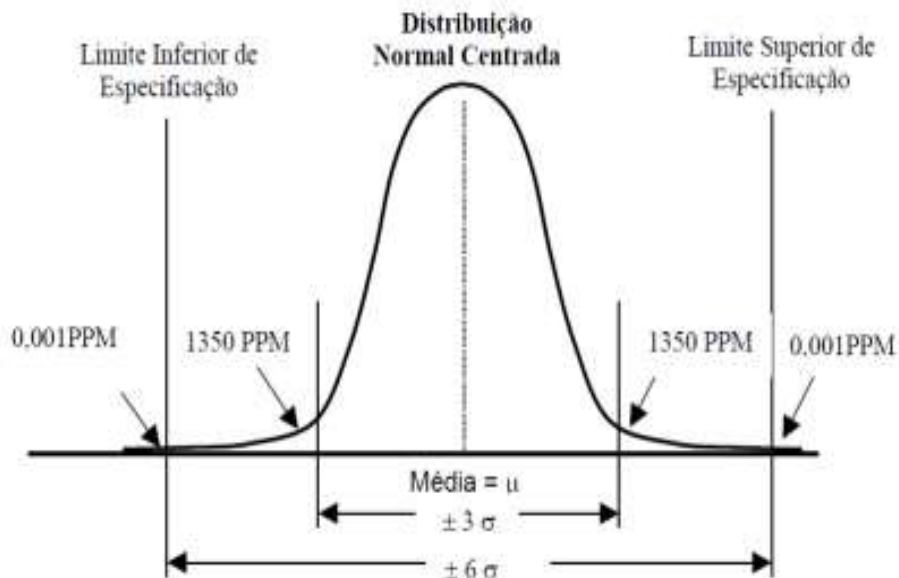
Já a probabilidade de um valor estar fora dos limites especificados é a probabilidade de ocorrência de não conformidades.

Por isso, se os limites englobam seis desvios padrão, conforme mostrado na Figura 2, significa que 99,9999998% dos itens produzidos estão dentro especificado, ou seja, há apenas 0,0000002% de chance (0,002 falhas por milhão ou ppm) de ocorrência de problemas de qualidade.

Esse é o objetivo do programa Seis Sigma, chegar muito próximo de zero falha no processo produtivo (REIS, 2008).

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





Fonte: Reis (2008, p.41).

Segundo Rotondaro (2002), o sigma é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o processo apresenta uma baixa capacidade sigma, o nível de qualidade não é tão alto se compararmos com níveis de processos quatro ou seis sigma, nos quais a qualidade é bem maior.

Segundo esta lógica e segundo o próprio Rotondaro (2002), o Seis Sigma é uma meta de qualidade de chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha.

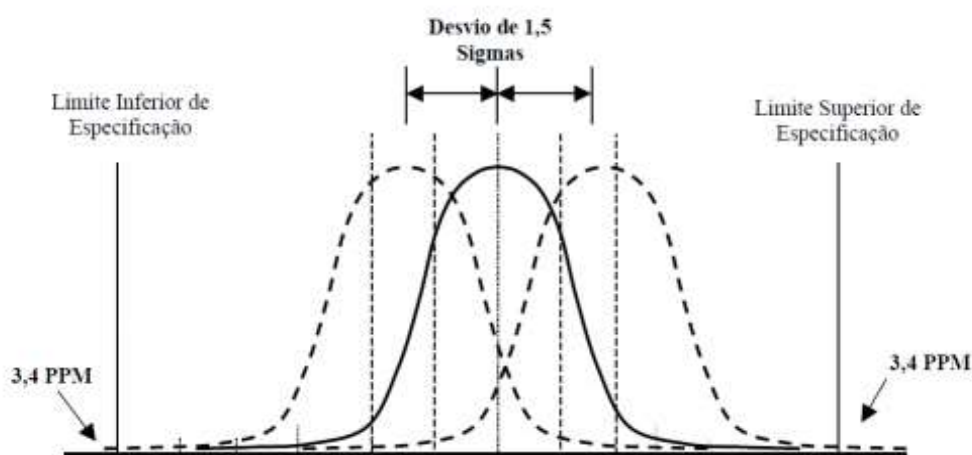
Entretanto, o Seis Sigma segundo a Motorola, busca chegar à 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), ou em termos de porcentagem, 0,00034% de probabilidade de ocorrência de falhas.

Isso se deve ao fato de ser praticamente impossível chegar à uma taxa 0,002 falhas por milhão de itens produzidos, pois segundo Feitor (2008) todo e qualquer processo, por mais bem planejado, possui um deslocamento da média em relação ao valor especificado, devido à perturbações naturais.

Então assume-se um desvio de mais ou menos 1,5 sigma em relação à média.

Assim, ao se considerar como limite superior seis sigma mais 1,5 sigma e como limite inferior menos seis sigma menos 1,5 sigma, obtém-se uma taxa de 3,4 DPMO, como ilustrado na Figura 3.

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



Fonte: Reis (2008, p.42).

Em resumo, o termo “sigma” mostra o quão variável pode ser um processo produtivo.

Uma baixa capacidade sigma significa uma alta variação do processo produtivo, o que por sua vez significa uma maior possibilidade de produzir um item fora do especificado pelo cliente, seja em termos de qualidade, custo ou prazo de entrega.

Rotondaro (2002, p. 21) afirma que “se um processo tiver uma variabilidade alta, o resultado é um produto ou serviço de má qualidade, com custos altos e entrega deficiente, portanto, que não satisfaz ao cliente, ameaçando a sobrevivência do negócio”.

Dentro dessa lógica, quando a variação de um processo passa por análise, é possível verificar a inconsistência entre o valor alvo, ou seja, o que foi previamente especificado pelo cliente, e o desempenho real do processo (FELTOR, 2008).

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

## LEAN – HISTÓRICO E CONCEITO

“Lean” significa “manufatura enxuta” e surgiu pela primeira vez em 1990, no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (The Machine that changed the world: the story of Lean Production, James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Ross), em um programa de pesquisas que tinha como objetivo criar um novo modelo de produção de automóveis, mais eficiente, flexível, ágil e inovador, de modo a superar a concorrência das montadoras japonesas, que na época já haviam adotado novas práticas de produção. Essas práticas eram conhecidas por Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System – TPS), que abordava o conceito de “produção enxuta” pela primeira vez.

O TPS foi criado a partir de estudos e esforços realizados pelos engenheiros da Toyota Taiich Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda, unidos à William Edwards Deming, estudioso americano pioneiro na melhoria da qualidade, na década de 1950.

O TPS nasceu como uma evolução da produção em massa instalada por Henry Ford, trazendo inovações simples que se ajustassem melhor às necessidades da época, como o sistema produtivo à fluxo contínuo e possibilidade de produção de grande variedade de produtos.

Segundo Moreira (2011), a produção Lean nasceu da combinação dos modelos de produção artesanal e em massa, evitando a rigidez da produção em massa e os altos custos da produção artesanal.

Depois da Segunda Guerra Mundial, em um contexto de baixo crescimento econômico, era necessário limitar a produção e fabricar apenas o necessário para suprir a demanda dos clientes, eliminando assim a superprodução e o acúmulo de estoque de itens finalizados.

Limitando o tamanho dos lotes, era possível modificar mais vezes e mais rápido a linha de produção, flexibilizando-a e abrindo-a à uma maior variedade de produtos.

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

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

O Lean se consolidou então como um modelo de comportamento e organização do processo produtivo como um todo, que permite às empresas fazer melhor, mais rápido e com menores custos, tudo isso de uma maneira bem estruturada e durável no tempo.

Mas como implementar esse modelo? Por meio da eliminação dos desperdícios em todo o processo produtivo, por métodos de melhoria adaptados ao mesmo e aplicados por colaboradores treinados e motivados, que trabalham alinhados à visão da empresa e sempre focados no cliente (informação verbal).

Desperdício, ou “muda” em japonês, é toda atividade que consome recursos, mas não agrega nenhum valor ao produto, ou seja, tudo o que é realizado durante o processo produtivo que não é pago pelo cliente.

Taiichi Ohno classificou sete tipos de “muda”, quatro deles são relativos ao produto e os outros três, ao homem.

Segue as definições de cada um dos sete “muda”, segundo Domingues (2013):

- Superprodução: ocorre quando a quantidade produzida é superior ao requisitado pelo cliente, consumindo desnecessariamente matéria prima, ocupação de área e mão de obra para estocagem e recursos para transporte;

- Estoques: materiais, componentes ou produtos finalizados em quantidade maior do que o necessário para a produção e venda, que ficam parados, consumindo recursos de espaço, mão de obra e transporte. Quando os estoques são reduzidos ou eliminados, outros tipos de problemas aparecem

- Transporte: o excesso de transporte pode ser consequência de um mau planejamento de layout ou má distribuição e organização de armazenamento, que resulta na movimentação em excesso de material, gastando tempo e mão de obra;

- Defeitos e correções: os defeitos estão relacionados à erros ou falhas em produtos, que implique em rejeição ou retrabalho, e são decorrentes de problemas de qualidade internos.

Os defeitos podem ser encontrados tanto ao longo do processo produtivo, resultando em parada de linha e/ou espera no posto seguinte, aumentando o lead time, quanto após a entrega, no cliente, o que é mais grave devido aos altos custos de garantia e entregas adicionais e ao risco de insatisfação e até perda do cliente;

- Espera: ocorre sempre que material, pessoas, equipamentos ou informações não estão disponíveis para dar prosseguimento ao processo quando necessário. Faltas de equipamentos e máquinas, falta de material ou mão de obra, interrupções do processo, gargalos de produção, entre outros, são as principais causas desse defeito;

- Movimentos: a falta de padronização ou organização do trabalho, disposição ineficiente de equipamentos e máquinas ou execução de práticas incorretas de trabalho geram um excesso de movimentação das pessoas durante o processo produtivo.

Um exemplo clássico de desperdício por movimentação é o operador se manter ocupado à procura de ferramentas e insumos necessários para produzir. Durante esse tempo ele não acrescenta nenhum valor ao produto, gastando suas horas de trabalho e acrescentando tempo à entrega do produto ao cliente;

- Processos em excesso: a realização desnecessária de qualquer operação durante o processo resulta em perdas para a empresa, e isso resulta de um mal entendimento do que foi requisitado pelo cliente ou pela má interpretação das instruções de como o trabalho deve ser feito.

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

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

- Especificar o valor do produto: entender o que o cliente quer como valor no produto e o que acrescenta ou cria valor no processo;

- Identificar o mapa do fluxo de valor: mapear o fluxo de valor no processo produtivo, ou seja, entender qual o caminho o produto percorre para receber o valor que à ele é agregado;

- Transformar o fluxo produtivo em um fluxo contínuo: em outros termos, eliminar os estoques e as paradas entre as operações, transformando a produção em uma linha contínua;



- Criar um fluxo produtivo puxado: estabelecer a produção de acordo com a demanda do cliente, produzindo assim somente o que é necessário, evitando estoques de produtos finalizados;

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

Em resumo, pode-se concluir que o objetivo maior do programa Lean é aumentar o valor do produto por meio da redução dos desperdícios, ou seja, criar mais valor utilizando menos recursos.

Para isso é necessário entender o que é valor para o cliente e como é o processo de criação desse valor, e a partir disso, adequar o processo para que ele seja o mais “enxuto” possível, ou melhor, com menos perdas, construído em fluxo contínuo e com ritmo de produção ditado pela necessidade do cliente, buscando melhorar sempre, objetivando alcançar a perfeição (DOMINGUES, 2013).

O processo de implementação de uma nova cultura guiada pelos princípios Lean não é simples e rápida, mas sim complexa e gradual.

É necessário ter pensamento à longo prazo e iniciar por pequenos progressos até alcançar mudanças profundas, rompendo paradigmas, que são modelos, regras ou hábitos que influenciam a maneira de interpretar uma situação ou um problema dado.

E como romper com os paradigmas? A formação de uma nova cultura começa com a percepção do novo, e em sequência vem a mudança na maneira de pensar, a mudança no comportamento de trabalho, a criação de novos hábitos, culminando na mudança total da cultura (informação verbal). O

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

- Gemba Genchi Genbutsu: esse termo em japonês significa “vá ver no local real”, e significa o hábito de ir ver o problema na fonte, onde ele acontece,

para verificar os fatos e colher dados, a fim de tomar as decisões certas que irão auxiliar a atingir os objetivos;

- Desafios: ter coragem, foco e criatividade para eliminar os desafios e realizar os objetivos, mantendo uma visão à frente;

- Espírito de equipe: perceber que a equipe é importante para alcançar o objetivo otimiza o desempenho individual e do grupo e favoriza o desenvolvimento pessoal e profissional de cada um;

- Respeito: dentro da filosofia Lean entender e respeitar o próximo é essencial. Aceitar as responsabilidades e criar uma confiança mútua começa com o respeito ao outro;

- Kaizen: esse termo em japonês significa “melhorar sempre”, melhorar continuamente. Nenhum processo pode ser tido como perfeito, pois, sempre haverá algo a melhorar.

Então é necessário buscar melhorar sempre. Em resumo, o Lean é a melhoria em todos os lugares, para todos, todos os dias.

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

## **LEAN SEIS SIGMA: FILOSOFIAS UNIDAS – CONCEITO**

Percebe-se que ao longo dos anos as empresas têm se empenhado em diversos programas de qualidade e melhoria contínua dos processos a fim de manter a competitividade.

E com o intuito de aprimorar e aproveitar ainda mais essas técnicas, uma nova proposta que integra os conceitos de Seis Sigma aos de manufatura Lean,

se baseando nos métodos e ferramentas de ambos os programas, tem sido discutida e incorporada por muitas empresas.

Essa proposta recebe o nome intuitivo de Lean Seis Sigma. A utilização desses dois conceitos juntos não é tão nova, há algum tempo eles vêm sendo utilizados em paralelo, como duas maneiras distintas para resolução dos problemas, aplicadas em alguns casos de forma desordenada e não complementar.

Ambos os programas almejam resultados similares, mas trabalham em abordagens diferentes sobre o processo e se não forem utilizados de modo a se integrarem podem ocasionar outros problemas, como por exemplo o aumento do tempo para finalizar os projetos e a falta de recursos para dividir entre os mesmos (BOSSERT, 2003).

De acordo com Antony (2010), o Lean foca na eficiência, produzindo produtos ou serviços o mais rápido possível e com o menor custo.

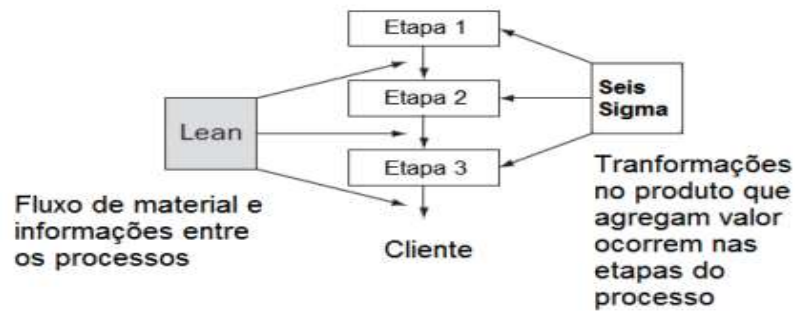
Sua estratégia engloba uma série de ferramentas e técnicas para reduzir o lead time (tempo de processo), inventários, tempo de Set Up, parada de máquinas, refugo e retrabalho, ou seja, focando sempre em criar mais valor agregado, eliminando as atividades que não agregam valor ao produto.

Já o Seis Sigma é uma percepção de melhoria de negócio que busca encontrar e eliminar as causas da variação do processo, que acarretam em defeitos, focando nas suas saídas que são mais críticas para os clientes.

Os princípios do Seis Sigma podem ser usados para revelar e reduzir drasticamente as variações do processo, ajudando a criar um processo e um produto mais robusto, aumentando a qualidade do produto.

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

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



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

Segundo os autores, os problemas de fluxo são muitas vezes as causas raiz do baixo desempenho do processo, entretanto, em cada etapa pode haver variações ou atividades que não agregam valor ao produto, podendo também serem a causa raiz de um baixo desempenho.

O princípio Lean é tipicamente mais efetivo quando aplicado para resolver problemas relacionados aos fluxos entre as etapas, sendo o Seis Sigma mais efetivo quando usado para reduzir as variações em cada etapa específica do processo, aumentando o desempenho.

Reduzir os desperdícios e o tempo de ciclo é importante e necessário, mas não é suficiente para se atingir a excelência do processo. Tão pouco reduzir a variação somente não fará a empresa chegar a níveis extraordinários de eficiência.

Nesse caso, o ideal é criar um enfoque holístico, uma visão mais ampla de melhoria do processo.

Em outras palavras, para se alcançar o máximo rendimento e desempenho, Lean e Seis Sigma devem ser utilizados em conjunto, como parte de um método holístico de melhoria.

Devem ser utilizados juntos, em um sistema no qual um complementa e reforça o outro (SNEE, CONSULTING, HOERL, 2007), conforme ilustrado na Figura 5:

Figura 5 – Evolução do conceito *Lean Seis Sigma*



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

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

Dessa maneira, o Lean e o Seis Sigma podem ser aplicados de maneira correta, complementando-se.

Se ambos os programas estão sendo usados para o sucesso, é preciso primeiro que eles definam o problema em termos dos objetivos da empresa.

E esse objetivo não é para integrar o Lean e o Seis Sigma, mas sim para melhorar o desempenho da maneira mais compreensiva e sustentável possível.

### LEAN SEIS SIGMA – METODOLOGIA PDSA

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

O método melhor difundido e muito utilizado em projetos de melhoria Lean é o Ciclo PDCA (Plan – Planejar, Do – Executar, Control – Verificar, Act – Agir), introduzido por W. 26 Edwards Deming na década de 1950.

As quatro fases da metodologia garantem a natureza cíclica da melhoria contínua dos processos, que prevê um processo ininterrupto de busca e resolução de problemas, buscando sempre um estado melhor.

Segundo Andrade (2003):

- Planejar (PLAN): nesta etapa o problema é localizado e estudado, por meio da coleta e análise de dados históricos e atuais. Uma vez bem definido e entendido o problema, passa-se para o estudo do processo, a fim de encontrar as causas raiz, as quais servirão de base para o estabelecimento de um plano de ações.

A fase de planejamento também determina a meta para o projeto, que deve ser objetiva quanto ao resultado esperado em termos de valores e prazos;

- Executar (DO): o plano de ações traçado na fase de planejamento é colocado em execução neste momento, de forma gradual e organizada. Durante a execução é realizada a coleta de dados, que alimentarão a próxima etapa;

- Verificar (CHECK): após a execução das ações, os resultados são analisados nesta fase de verificação, de modo a validar o projeto de acordo com a meta estabelecida;

- Atuar (ACT): tendo sido validadas as ações, elas são padronizadas e se tornam novas práticas no processo, de forma que o mesmo opere de uma maneira mais otimizada.

Nessa metodologia, uma vez encontrado e resolvido um problema (fases de planejamento e execução), há uma fase de controle, que irá verificar se realmente as ações surtiram o efeito desejado, e em caso positivo, o processo estará em um estado mais otimizado, e este deve então ser padronizado.



O ciclo deve ser refeito sempre que novos problemas acontecem ou quando o padrão se torna desatualizado, e à isso dá-se o nome de melhoria contínua.

Quatro décadas depois, criada pela Motorola e aperfeiçoada pela GE, surge a metodologia DMAIC, um modelo utilizado para melhoria de processos na estratégia Seis Sigma.

As letras de sua sigla em inglês, que representam cada etapa do processo de melhoria, e significam: Define, Measure, Analyze, Improve e Control (em português: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar):

- Definir (Define): fase de definição do problema e alinhamento com as metas estabelecidas pela empresa;

- Medir (Measure): após definido o problema elabora-se um plano de coleta de dados que sejam relevantes para o bom entendimento do fenômeno em estudo e do processo no qual ele está inserido;

- Analisar (Analyze): por meio dos resultados da coleta de dados o processo é analisado para identificar a relação causa e efeito entre as suas entradas e saídas.

Nesta etapa acontece uma busca minuciosa pela causa raiz do problema;

- Melhorar (Improve): Tendo sido analisados o problema e o processo que o engloba e encontradas as causas raiz, é criado e colocado em prática o plano de ações e um plano de controle, para garantir que as ações surtirão o efeito positivo desejado;

- Controlar (Control): Se o resultado do plano de ação for positivo, cria-se um padrão nesta fase. Os indicadores são constantemente monitorados, a fim de validar a sustentabilidade dos resultados ao longo do tempo.

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

Rechulski e Carvalho (2004) destacam que a metodologia DMAIC não prevê um sistema cíclico de melhoria contínua, ou seja, um projeto que é bem aplicado e sucedido não deve retornar as fases anteriores.

Se o resultado não for o esperado, com certeza não houve uma correta análise das variáveis do processo que realmente incidem sobre o problema.

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

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

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

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

Na metodologia Seis Sigma, DMAIC, nem toda a empresa é treinada com o mesmo nível de proficiência.

Os níveis de proficiência seguem uma analogia com as faixas das artes marciais, ou seja, vai do nível básico (White Belt e Yellow Belt), até o nível intermediário (Green Belt), avançado (Black Belt) até o nível de líder da iniciativa (Master Black Belt). (PEZEIRO, 2011, p.1)

O autor ainda acrescenta que embora as metodologias tenham evoluído e cada modelo de gestão utilize aquela que mais se adeque à sua filosofia, pode-

se considerar que o PDCA ainda é o coração da maioria das iniciativas de melhoria contínua e é complementado pelo DMAIC e suas ferramentas estatísticas mais avançadas.

No programa Lean Seis Sigma praticado pela empresa na qual este projeto foi executado, a metodologia adotada é uma mescla das metodologias PDCA e DMAIC.

O PDSA, como é chamada, mantém a natureza cíclica e a brevidade das etapas do ciclo PDCA, mas traz o caráter investigativo de dados do DMAIC.

Dessa maneira, a metodologia denominada PDSA, se caracteriza por um longo período de estudos do problema e de planejamento, para somente no fim, na última etapa (Act), agir a fim de consertar o problema e trazer melhorias para o processo:

- Definir (Plan - planejar): fase de compreensão do processo e de avaliação de questões triviais como o que é o problema e quais são objetivos que se almeja alcançar com o projeto.

Nesta etapa acontece o levantamento de dados que estão disponíveis e, se preciso, o planejamento de coleta de novos dados.

- Medir (Do - realizar): avaliação dos dados complementares e início da identificação de alguns sintomas do problema: onde ele ocorre, qual é a incidência, como ele se comporta ao longo do tempo. Define-se também o limite do projeto, de modo a focalizar as ações.

- Analisar (Study - estudar): nesta fase ocorre o estudo aprofundado do problema de acordo com os dados levantados nas etapas precedentes.

Busca-se pelas variáveis que influenciam no problema e quais as causas raiz do mesmo, o que permite a identificação das melhorias que podem ser feitas e a partir disso cria-se o plano de ações.

- Agir (Act): aplicação prática das ações levantadas e estudo dos resultados obtidos. Nesta fase é avaliado se o projeto obteve êxito conforme o planejado ou se é necessário aplicar outro ciclo de melhoria.

Caso o problema seja resolvido, é criado um novo padrão e verifica-se se pode ser replicado para outros processos similares.

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

Já o DMAIC é utilizado em projetos de resolução de problemas mais complexos e maiores, que exigem um poder analítico mais aguçado e ferramentas estatísticas mais robustas, por isso requer um nível mais elevado de conhecimento e de prática.

O PDSA, é desenvolvido em projetos Yellow Belt, que exigem um nível de proficiência menor e são desenvolvidos em locais e processos menores, como uma célula produtiva, por exemplo.

O DMAIC, em sua forma completa, é desenvolvido em projetos Green Belt e Black Belt, que abordam processos mais amplos, como por exemplo a linha completa de produção de conjuntos.

## REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

PERES, Ramon Moreira. Otimização de custo no processo de fabricação de mangueira hidráulica. 2013. 48 f. TCC (Graduação em Engenharia Mecânica)

– Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

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

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

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

STRAATMANN, Jeferson. Estudo das práticas adotadas por empresas que utilizam a produção enxuta em paralelo ao seis sigma no processo de melhoria. 2006. 202 f. 55 Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

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

