



**FACULDADE METROPOLITANA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS**

**LEAN SIX SIGMA COMO MODELO DE GESTÃO**

Evandro Dias de Freitas

Joyce Daniele Figueiredo de Souza

Luana Barbosa Lima

Isabel Mirian Do Nascimento

Vivian Fernanda Oliveira

Orientador : Miguel Mazza

## **RESUMO**

Este estudo tem como objetivo mostrar um *review* do tema *Lean Seis Sigma* e verificar como esta forma de gerenciamento está se tornado uma maneira eficiente e eficaz para o melhoramento da produção e serviços, inclusive quanto à satisfação do cliente à medida que busca a melhor forma de tomar decisões e solucionar os problemas existentes nos processos e procedimentos. O *Lean Seis Sigma* está sendo utilizada pelas grandes empresas visando qualidade total, redução de custos, retorno do capital investido e a permanência no mercado garantindo fidelização do cliente. Foi utilizado o método da revisão bibliográfica com levantamento de dados secundários com o intuito de saber-se o que os autores vêm discutindo em relação a este tema tão importante. Conclui-se que estudar este assunto seja relevante para o sucesso das organizações se manterem mais competitivas no mercado de trabalho.

**Palavras-chave:** *Lean Seis Sigma*, *Six Sigma*, Qualidade Total, Satisfação do Cliente, Planejamento de Experimentos.

## ABSTRACT

This study aims to show a review of the Lean Six Sigma theme and verify how this form of management is becoming an efficient and effective way to improve production and services, including customer satisfaction as it seeks the best way to make decisions and solve existing problems in processes and procedures. Lean Six Sigma is being used by large companies aiming at total quality, cost reduction, return on invested capital and permanence in the market, ensuring customer loyalty. The method of bibliographic review with secondary data collection was used in order to know what the authors have been discussing in relation to this very important topic. It is concluded that studying this subject is relevant for the success of organizations to remain more competitive in the job market.

**Keywords:** Lean Six Sigma, Six Sigma, Total Quality, Customer Satisfaction, Design of Experiments.

## INTRODUÇÃO

Podemos dizer que na era do conhecimento e do desenvolvimento tecnológico, para se manter-se no mercado de hoje está altamente competitivo, a empresa tem que escolher o melhor método de gestão e para tanto se encontra o *Lean Seis Sigma* como uma forma inteligente de gerir os negócios. Neste contexto a qualidade total é uma realidade que se torna relevante, e prever a melhor forma de fazer para obter o resultado esperado e contribuir com a continuidade da empresa no mercado pode ser um diferencial competitivo.

De tal modo saber como está sendo utilizado este método pelas organizações poderá contribuir de maneira efetiva para as empresas serem mais eficientes e eficazes em relação aos seus concorrentes, satisfação dos seus clientes, e garantir a fidelização dos mesmos.

Atualmente, as empresas tem se esforçado para se tornar cada vez mais competitiva no mercado global. É necessário implementar soluções eficazes que possibilitem diminuir os ciclos dos processos e melhorar a qualidade. Assim, surge a demanda por programas de aprimoramento da qualidade nas entidades que buscam maximizar o desempenho ao menor custo possível. Existem algumas ferramentas que estão sendo utilizadas pelas empresas tais como: TQM, a Filosofia Deming, Controle Estatístico do Processo (CEP), Qualidade Continua e o aumento da produtividade e satisfação dos clientes, Planejamento Experimental (DOE), são essas consideradas a nível gerencial em geral e inclusive pelo setor da qualidade, não só na qualidade do produto, mas a qualidade nos serviços. Levando em conta o cenário, este artigo optou pela seguinte questão orientadora: Como a evolução do campo de estudo sobre lean e seis

sigmas tem sido apresentada nos últimos anos? A finalidade principal sugerida é analisar o tópico six sigma com base na produção acadêmica de artigos publicados entre 2009 e 2017. Os objetivos específicos que auxiliam na realização da pesquisa são: medir o volume de dados. contribuição do artigo está em fomentar o debate trazendo perspectivas atuais sobre o assunto e demonstrar por meio da análise bibliométrica, o que parece estar faltando na literatura, à necessidade de uma abordagem mais sistêmica voltada para gestão em detrimento dos parâmetros estatísticos referente às mudanças e impactos nas organizações pela implementação L6σ. A revisão da literatura sobre os principais conceitos e discussões será abordada na próxima seção

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta pesquisa foram utilizados livros, revistas e sites. Adentra-se ao método da revisão bibliográfica por meio de levantamentos de dados secundários com relação ao tema proposto *Lean Six Sigma*. A metodologia utilizada, bem como os resultados obtidos com a pesquisa bibliométrica serão apresentados na segunda seção. Por fim, a análise dos resultados e considerações finais será tratada na penúltima e última seção respectivamente. Nestes termos a qualidade não está somente implícita no produto, mas principalmente nas pessoas que são fatores responsáveis para efetivação dos processos, procedimentos empresariais e serviços.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na Europa, entre os séculos XVI e XVII, a produção artesanal já não atendia totalmente a demanda comercial. Com o objetivo de aumentar a produção e os lucros, os comerciantes contratavam artesãos para trabalharem reunidos em um mesmo local; isso implicou na separação entre o capital e o trabalho e começaram a surgir às primeiras produções industriais capitalistas. Na produção artesanal utilizava-se de profissionais altamente qualificados e utilizando ferramentas manuais, fabricam cada produto de acordo com as especificações do comprador um de cada vez. Já na produção em massa, profissionais especializados projetam produtos que são fabricados por trabalhadores não qualificados ou semi qualificados operando equipamentos caros e de finalidade específica, produzindo produtos padronizados em grandes quantidades.

Na produção em massa, o tempo ocioso precisa ser evitado, pois o maquinário tem um elevado custo. A gerência então acrescenta uma “reserva” na forma de estoque extra e de trabalhadores para garantir a disponibilidade de insumos ou para que o fluxo de produção não seja desacelerado. Devido ao alto custo de investimento em máquinas, a adaptação da

fabricação de novos produtos fica impedida e é o consumidor que se beneficia com os preços baixos.

A produção enxuta, entretanto, combina a vantagem da produção artesanal, evitando o alto custo, com a produção em massa, evitando a inflexibilidade. Para Alcançar estes objetivos de produção, a gerência reúne equipes de trabalhadores com várias habilidades em cada da organização, para trabalharem ao lado de máquinas, produzindo grandes quantidades de bens com variedades de escolha.

Entretanto, em 1949 começa a ser definido um modelo que mais tarde, nos anos 70 e em plena “Crise do Petróleo” e da economia mundial, consegue manter a *Toyota Motor Company* com lucros maiores que os de seus concorrentes – o Sistema Toyota de Produção, (OHNO, 1997). Contudo, neste sentido de tentar evitar os altos custos da produção artesanal e a rigidez da produção em larga escala, surge no final dos anos 80 um termo genérico para o Sistema Toyota de Produção – *Lean Manufacturing*, para definir um sistema de manufatura flexível, ágil, inovador e eficiente, o qual se utiliza de máquinas automatizadas e um menor número, para produzir altos volumes de produtos em grandes variedades; focando a redução de estoques, a formação de empregados qualificados e versáteis, o trabalho em equipes, a prevenção de ocorrências de falhas e perdas no relacionamento de cooperação no longo prazo com os fornecedores, (SHINGO, 1996). Assim surge a necessidade de se estender o sistema para toda a corporação surgindo o termo *Lean Enterprise*.

Para (SHINGO, 1996) a mudança do conceito de perdas, considerando o valor agregado sob o ponto de vista dos clientes (internos e externos), passando a incluir atividades que não agregam valor ao produto é uma das principais inovações da filosofia do *Lean Manufacturing*. Porém, segundo Antony; Escamila; Caine (2003), a utilização em conjunto dos modelos *Six Sigma* e *Lean Manufacturing* pode trazer mais benefícios à empresa ao agregar aos projetos uma visão mais estratégica além da qualidade, agilidade, fidelização de clientes, redução dos desperdícios, flexibilidade e competitividade perante os concorrentes locais e o mercado global.

A primeira fase envolveu a pesquisa das palavras-chave "lean six sigma" nos seguintes periódicos internacionais: (i) Revista Internacional de Engenharia de Performance; (ii) Modelos stochastic aplicados ao setor empresarial e industrial; (iii) Revista Árabe de Ciência e Engenharia; (iv) International Journal of Automotive Technology; (v) Revista Internacional de Manutenção e Evolução de Software; (vi) Revista de Qualidade e Confiabilidade em Engenharia. No que diz respeito à segunda fase, selecionamos os tópicos de pesquisa, isto é, as palavras pesquisadas para alinhar os conteúdos dos artigos ao tema a ser explorado. Na fase três, estabeleceu-se a base de dados a ser manipulada. Na fase quatro, a ênfase foi colocada no

tipo de documento utilizado. Na fase cinco, a escolha dos artigos é feita com base no período de publicação. Em seis etapas. Depois dessas fases de triagem e leitura dos artigos, passou-se para a última etapa: a tabulação e análise de suas características, objetivos, aspectos pertinentes e a contribuição dos artigos para o conhecimento científico. Os resultados obtidos são apresentados e debatidos no capítulo 4.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **LEAN MANUFACTURING / ENTERPRISE**

Na Europa, entre os séculos XVI e XVII, a produção artesanal já não atendia totalmente a demanda comercial. Com o objetivo de aumentar a produção e os lucros, os comerciantes contratavam artesãos para trabalharem reunidos em um mesmo local; isso implicou na separação entre o capital e o trabalho e começaram a surgir às primeiras produções industriais capitalistas.(Anthony, 2003)

Na produção artesanal utilizava-se de profissionais altamente qualificados e utilizando ferramentas manuais, fabricam cada produto de acordo com as especificações do comprador um de cada vez. Já na produção em massa, profissionais especializados projetam produtos que são fabricados por trabalhadores não qualificados ou semi qualificados operando equipamentos caros e de finalidade específica, produzindo produtos padronizados em grandes quantidades. (Caine,2003).

Na produção em massa, o tempo ocioso precisa ser evitado, pois o maquinário tem um elevado custo. A gerência então acrescenta uma “reserva” na forma de estoque extra e de trabalhadores para garantir a disponibilidade de insumos ou para que o fluxo de produção não seja desacelerado. Devido ao alto custo de investimento em máquinas, a adaptação da fabricação de novos produtos fica impedida e é o consumidor que se beneficia com os preços baixos. (Taguchi,2006).

A produção enxuta, entretanto, combina a vantagem da produção artesanal, evitando o alto custo, com a produção em massa, evitando a inflexibilidade. Para Alcançar estes objetivos de produção, a gerência reúne equipes de trabalhadores com várias habilidades em cada da organização, para trabalharem ao lado de máquinas, produzindo grandes quantidades de bens com variedades de escolha.(Escamila,2003).

Entretanto, em 1949 começa a ser definido um modelo que mais tarde, nos anos 70 e em plena “Crise do Petróleo” e da economia mundial, consegue manter a *Toyota Motor*

*Company* com lucros maiores que os de seus concorrentes – o Sistema Toyota de Produção, (OHNO, 1997).

Contudo, neste sentido de tentar evitar os altos custos da produção artesanal e a rigidez da produção em larga escala, surge no final dos anos 80 um termo genérico para o Sistema Toyota de Produção – *Lean Manufacturing*, para definir um sistema de manufatura flexível, ágil, inovador e eficiente, o qual se utiliza de máquinas automatizadas e um menor número, para produzir altos volumes de produtos em grandes variedades; focando a redução de estoques, a formação de empregados qualificados e versáteis, o trabalho em equipes, a prevenção de ocorrências de falhas e perdas no relacionamento de cooperação no longo prazo com os fornecedores, (SHINGO, 1996).

Assim surge a necessidade de se estender o sistema para toda a corporação surgindo o termo *Lean Enterprise*. Para (SHINGO, 1996) a mudança do conceito de perdas, considerando o valor agregado sob o ponto de vista dos clientes (internos e externos), passando a incluir atividades que não agregam valor ao produto é uma das principais inovações da filosofia do *Lean Manufacturing*. Porém, segundo Antony; Escamila; Caine (2003), a utilização em conjunto dos modelos *Six Sigma* e *Lean Manufacturing* pode trazer mais benefícios à empresa ao agregar aos projetos uma visão mais estratégica além da qualidade, agilidade, fidelização de clientes, redução dos desperdícios, flexibilidade e competitividade perante os concorrentes locais e o mercado global.

## **GESTÃO DA QUALIDADE**

O Sistema de Gestão da Qualidade é apenas um conjunto de recursos e regras mínimas, implementado de forma adequada, e tem como objetivo de orientar cada parte da empresa para que se execute de maneira correta e no tempo devido a sua tarefa em harmonia com as outras. Tem como objetivo principal a satisfação de todas as pessoas que estão envolvidas no processo como os consumidores, os empregados, os acionistas. Para se atingir um objetivo principal, por meio do sistema de gestão da qualidade é necessário que se atinjam também outros objetivos, tais como redução de custos, aumento da confiabilidade e aumento da satisfação do cliente.

Para se manter competitivas, todas as partes da empresa devem adotar uma abordagem sistemática para estabelecer e atingir metas de qualidade, Juran (1990). Então, Deming os anos 1950, (apud Anjard, 1995), desenvolveu o PDCA (Planejar-Executar-Conferir (estudar)-Agir). Num sentido evolutivo e adaptativo as necessidade de mercado, novas siglas nomeando os sistemas, ferramentas, modelos e processos de gestão da qualidade surgiram, segundo George (2004), o DMAIC – (Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar) ou DMEDI – (Definir-

Medir-Explorar-Desenvolver-Implementar), são componentes de um projeto Seis Sigma ou Lean Seis Sigma.

Segundo Ziegel (2004), Juran define qualidade como adequação ao uso, e esta definição pode ser aplicada par todo tipo de organização com muita influência nos anos oitenta e noventa, porém o mundo do sucesso empresarial já está mais desenvolvido, ele cita o Six Sigma de uma única vez, mas a última vez que ele lançou foi administrando para a qualidade, é para reconhecer como qualidade de uma forma científica de desenvolver conhecimento.

Como Montgomery 2001 e Hoerl 2001, mostraram que isto é atribuído a projetos prósperos, pois podem levar as organizações a fazerem economias consideráveis e terem benefícios financeiros reais, principalmente quando da implantação dos primeiros projetos de *Seis Sigmas*. Eles realçaram que antes de um programa de melhoria continua ser implantado é necessário diagnosticar as oportunidades que poderiam ser desenvolvidas imediatamente e poderiam ser resolvidas levantando os dados e usando métodos estatísticos para identificar os fatores de variabilidade. A literatura abordada revela que os métodos criados por Shewhart utilizam-se de controles estatísticos de qualidade – CEP- e enfocavam as melhorias no processo.

Segundo Montgomery 1997(apud Rocha 2004) a estatística pode ser aplicada como uma ferramenta gráfica de como monitorar de um processo. Mais tarde, entre os autores, Deming, introduz novos conceitos inter-relacionados aos conceitos criados pelo seu professor Shewhart, porém com o enfoque no planejamento estratégico para o sucesso da gestão da qualidade. Pande (2001) afirma que a metodologia Seis Sigma se utiliza de um ciclo de melhoria de cinco fases: Defina, Meça, Analise, Melhore, Controle – o DMAIC – que é considerado uma evolução do modelo de Deming.

Segundo Antony (2006), *Design of Experiments* (DOE) e o método *Plackelt-Burman* podem ser utilizados como ferramentas pela engenharia da qualidade nos treinamentos para gestores em projetos com a aplicação da metodologia *Seis Sigma*. Conforme Pande (2001) o *Seis Sigma* posiciona a empresa para maior satisfação de clientes, lucratividade e competitividade. Por meio de benefícios, como redução de custos, melhoria de produtividade, crescimento da fatia de mercado e mudanças culturais, o *Seis Sigma* contribui para o sucesso empresarial desejado e colocado em prática por meio do planejamento estratégico. Percebe-se que a otimização das ferramentas deve começar pelo alinhamento ao planejamento estratégico das empresas.

## **SEIS SIGMA**

O *Seis Sigma* –  $6\sigma$  – nasceu na Motorola em 1987, com o objetivo de tornar a empresa capaz de enfrentar seus concorrentes, que fabricavam produtos de qualidade superior e preços menores. Quando esta empresa foi premiada pela Qualidade Malcolm Baldrige em 1988, o método passou a ser conhecido como o meio qual a Motorola alcançou o sucesso. Com isso outras empresas tais como: Asea Brown Boveri, Allied Signal, General Eletric e a Sony passaram a utilizar o programa. No Brasil esta filosofia está crescendo a cada dia. A primeira a utilizar os *Seis Sigmas* com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor. A proposta do *Seis Sigmas* é focar os objetivos estratégicos da empresa para estabelecer a sobrevivência e garantir o sucesso do futuro da organização, para isto as empresas devem estar baseadas em métricas quantificáveis que devem ser aplicadas por projetos. Neste caso o sucesso empresarial pode ser traduzido pelos benefícios do sistema *Seis Sigma*, como: redução de custos, melhoria de produtividade, crescimento da fatia do mercado, retenção dos clientes, redução de defeitos, mudança cultural, desenvolvimento de novos produtos e serviços, conforme (PANDE 2001). O principal foco da metodologia *Seis Sigma* é:

- Diminuir a variabilidade;
- Aumentar a qualidade;
- Solução de problemas complexos através de ferramentas estatísticas;
- Aumento do rendimento da cadeia de valor;
- Métrica: nível sigma de qualidade.

Os *Seis Sigmas* estabelecem como objetivo de controlar as variações do negócio e manter a organização no caminho do sucesso, por meio do gerenciamento do processo, da melhoria do processo e do projeto/reprojeto do processo. Para que isto ocorra o sistema é apresentado por um modelo algébrico, no qual Y (representado pelas medidas de desempenho nos negócios, como: objetivo estratégico, lucros e satisfação de clientes) é uma função de X (representado por variáveis independentes, como: qualidade de entrada de processos ou variações em tecnologia, tempo de ciclo, pessoal), ou seja,  $Y=f(X)$ , ainda (PANDE 2001). A tabela 1 traz uma forma simplificada de conversão em sigma, a qual mostra os valores relativos de defeitos por milhão de oportunidades e as taxas relativas de rendimento nos processos conforme os níveis sigma.

Tabela 1 – Conversão Simplificada e Sigma



Rendimento%	DPMO	Sigma
30,9	690.000	1,0
69,2	308.000	2,0
93,3	66.800	3,0
99,4	6.210	4,0
99,98	320	5,0
99,9997	3,4	6,0

Fonte: Pande 2001

A letra minúscula sigma do alfabeto grego –  $\sigma$  – representa o desvio padrão, que por sua vez representa a variação, inconsistência do processo. O nível seis sigma indica 99,9997% de rendimento nos processos do negócio, ou seja, 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). É por meio de auxílio de ferramentas estatísticas que o *Seis Sigma* propõe gerenciar a variabilidade e torna-se relevante, porque pode ajudar a responder automaticamente aos sinais advindos dos processos, dos fornecedores, dos funcionários e dos clientes e com isso alcançar níveis de força e desempenho, (PANDE 2001). Os fatores que contribuem para que o *Seis Sigma* funcione corretamente são:

- A valorização dos benefícios do procedimento visando à lucratividade da organização;
- O envolvimento direto da alta gerência;
- Um modelo para melhoria de desempenho DMAIC, que é a estrutura para que o *Seis Sigma* possa acontecer metodologicamente.

Modelo geral da qualidade apresentada no Quadro 1 trata, além de uma estatística, (i) uma medida, (ii) uma estratégia, (iii) uma meta, (iv) um benchmark, (v) uma visão, (vi) uma filosofia, (vii) um valor (PEREZ, 2000).

Quadro 1 – Modelo Geral da Qualidade

Definição	Contexto
i) A medida	O Seis Sigma é uma medida para determinado nível de qualidade. Quando o número de sigmas é baixo, tal como em processos dois sigmas, implicando mais ou menos dois sigmas dentro das especificações, o nível de qualidade não é tão alto, ou seja, o número de não conformidades ou unidades defeituosas pode ser muito alto. Se compararmos com um processo quatro sigmas, onde podemos ter mais ou menos quatro sigmas dentro das especificações, aqui teremos um nível de qualidade significativamente melhor. Então quanto maior o número de sigmas dentro das especificações, melhor o nível de qualidade.
ii) A Estratégia	O Seis Sigma é uma estratégia baseada na inter-relação que existe entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final e sua confiabilidade, ciclo de controle, inventários, reparos no produto, sucata e defeitos, assim como falhas em tudo o que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente e o grau de insuficiência que eles possam ter sobre a satisfação do mesmo.
iii) A Meta	O Seis Sigma também é uma meta de qualidade. A meta dos Seis Sigma é chegar muito próximo de zero defeito, erro ou falha. Mas não é necessariamente zero, é, na verdade, 0,002 falhas por milhão de unidades 0,002 ppm, ou, para fins práticos, zero.
iv) O retorno	O Seis Sigma é usado como um parâmetro para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros.
v) A Visão	O Seis Sigma é uma visão de levar uma organização a ser a melhor do ramo. É uma viagem intrépida em busca da redução da variação, defeitos, erros e falhas. É estender a qualidade para além das expectativas do cliente.
vi) A Filosofia	O Seis Sigma é uma filosofia de melhoria perpétua do processo (máquina, mão de obra, método, metrologia, materiais, ambiente) e redução de sua variabilidade na busca interminável de zero defeito.
vii) O Valor	O Seis Sigma é um valor composto, derivado da multiplicação de 12 vezes de um dado valor de sigma, assumindo 6 vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a esquerda da média e 6 vezes o valor do sigma dentro dos limites de controle para a direita da média em uma distribuição normal.

Fonte: Os autores com base em Perez (2000, p. 212).

Conforme Kasahara e Carvalho (2003), as fases no que diz respeito ao aperfeiçoamento do processo e do treinamento das pessoas para que possam obter melhores resultados é denominado DMAIC. São cinco as fases de para Melhoria de Desempenho DMAIC:

Tabela 2 – O Método DMAIC

Quadro 2 – Modelo DMAIC

Ação	Definição	Contexto
i. “D” define (definir)	Definir as prioridades	A primeira etapa consiste em definir quais são os requisitos do cliente e traduzir essas necessidades em características críticas para a qualidade (CTQ) - Critical to Quality. A equipe preparada para aplicar as ferramentas Seis Sigma deve então desenhar os processos críticos, procurando identificar aqueles que têm relação com os CTQs do cliente e que estão gerando resultados ruins, como reclamação de clientes, altos custos de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma, ajustes, etc. Em seguida, a equipe realiza uma análise custo-benefício do projeto;
ii. “M” measure (medir)	Como o processo é medido e como é executado?	A equipe assessorada pelo Black Belt irá desenhar os processos e os sub-processos que se relacionam com as características críticas para a atualidade (CTQs), definindo as entradas e saídas;
iii. “A” analyze (analisar)	Identificação das principais causas	A equipe Seis Sigma realiza uma fase muito importante da metodologia, a análise dos dados coletados. Para isso, utiliza, além das ferramentas tradicionais da qualidade, as ferramentas estatísticas de modo a identificar as causas óbvias e as causas não óbvias. Quando evoluímos para uma visão de que os processos devem ser analisados levando em conta sua variabilidade, a estatística passa a ser a principal ferramenta a ser utilizada pela equipe. Para esta fase, a utilização de software estatístico é quase imprescindível, pois facilita para a equipe referente aos cálculos e desenha os gráficos necessários. As equipes descobrem as causas vitais geradoras dos defeitos e as fontes de variações nos processos;
iv. “I” improve (melhorar)	Eliminação das causas dos defeitos	Esta é a fase em que a equipe deve fazer as melhorias no processo existente. Os dados estatísticos devem ser transformados em dados do processo, e a equipe deve estudar tecnicamente quais transformações deve executar. Nesta fase existe a oportunidade de utilizarmos os conceitos de Produção Enxuta, agregando ao sistema Seis Sigma uma grande possibilidade de melhoria e também é quando se começa a passar para o pessoal operacional a responsabilidade de executar o processo modificado;
v. “C” control (controlar)	Manutenção as melhorias	Nesta fase, deve ser estabelecido e validado um sistema de medição e controle para medir continuamente o processo de modo a garantir que a capacidade do processo seja mantida. É também elaborada a documentação, além do monitoramento das novas condições do processo por meio de métodos estatísticos de controle de processo. A capacidade do processo é reavaliada para garantir que os ganhos sejam mantidos.

Fonte: Adaptado de Perez (2000, p. 213).

Segundo Carvalho (2006), o programa six sigma promove um alinhamento estratégico, utilizando indicadores de desempenho alinhados aos resultados da organização e prioridades estratégicas como alvos dos projetos de melhoria. Em síntese, segundo o autor, o modelo de Gestão da Qualidade six sigma é uma estratégia gerencial disciplinada, caracterizada por uma abordagem sistêmica e pela utilização intensiva do pensamento estatístico, que tem como objetivo reduzir drasticamente a variabilidade dos processos críticos e aumentar a lucratividade das empresas, por meio da otimização de produtos e processos, buscando satisfação de clientes e consumidores. Faz-se necessário a utilização de ferramentas integradas as fases do DMAIC, que juntas se tornam um método sistemático com base em dados e com o uso de ferramentas estatísticas para que os resultados sejam eficientes e contribuam para o sucesso esperado pela empresa.

## LEAN SEIS SIGMA

O *Lean Seis Sigma* é uma ferramenta de melhoria contínua do negócio que maximiza o valor do acionista e busca com velocidade e qualidade melhor taxa de satisfação dos clientes e no capital investido. É um método amplo que utiliza a previsão da variabilidade, eliminação de desperdícios e planejamento estratégico sobre as oportunidades. (Rowlands,2003).

*Lean* é uma filosofia utilizada para eliminar ou minimizar todas as atividades que não agregam valor em um processo, ou seja, eliminar desperdícios. O *Lean* utiliza o tempo como métrica primária (tempo de ciclo para executar uma tarefa, lead time entre colocação de um pedido e sua entrega, o tempo de espera de uma pessoa ou máquina, etc...). Pode combinar várias ferramentas, conforme a necessidade e o nível de empresarial em que se encontrar a organização, e tem como “chave” de diferenciação o apoio especializado por cada projeto necessário, conforme George, (2002); George (2003). Os investimentos em Seis Sigmas normalmente são caros e fazem parte do processo. Ser *Lean* não é pensar em altos investimentos, é tentar resolver problemas sem gastar muito dinheiro é maximizar o uso dos recursos disponíveis.

A filosofia *Lean* acredita que aumentar a capacidade sem primeiramente eliminar desperdício, simplesmente aumenta o desperdício. Portanto, também é válido afirmar que ser *Lean* não significa trabalhar mais, pois o *Lean* tem como ênfase a eliminação de desperdício e quando eliminamos os desperdícios em um processo ou atividade o trabalho geralmente fica mais fácil.(Cavanagh,2001)

As pesquisas indicam o método *Lean Seis Sigma*, como uma forma de gestão empresarial que aproveita a oportunidade de combinar a velocidade do *Lean Enterprise* com a qualidade do *Seis Sigmas*, e os autores afirmam que a melhoria na qualidade do negócio tem relação proporcionalmente direta com o aumento na velocidade nos processos empresariais e vice versa. (Pande,2001).

O *Lean Seis Sigma* se interage e reforça uma a outra. Ganhos são muitos mais rápidos se o *Lean* e o *Six Sigma* forem executados juntos, no negócio, George (2003).

Percebe-se o conceito *Lean Seis Sigma* não somente como uma ferramenta de redução de desperdícios e custos, mas como um método de maximização de investimentos de capitais de longo prazo, com aplicações qualitativas e velozes em cada projeto empresarial.(Pande,2001)

O principal foco da metodologia *Lean Seis Sigma* é:

- Reduzir desperdícios;
- Reduzir o lead time;

- Solução rápida de problemas (*Kaizen*);
- Aumentar o valor agregado das etapas do processo;
- Métrica: tempo.

Os principais princípios do *Lean Seis Sigma* são:

- Definir o que é valor;
- Identificar o fluxo de valor;
- Constituir um fluxo contínuo;
- Produção puxada;
- Perfeição.

Abaixo na tabela 3 podemos ter uma visão das etapas para implementação do *Lean Seis Sigma*.

1-Estabilidade Básica	2-Fluxo de Valor	3-Tempo Takt	4-Puxar	5-Nivelar
4Ms Mão de obra Maquinas Material Método	MFV (atual e futuro) Fluxo de uma peça Fluxo de Pequenos lotes	Imagem do <i>Takt</i> para cada operação  Usar somente o tempo permitido	Somente puxar quando todas as operações tenham imagem do Tempo <i>takt</i>	Trabalhar com o MKT para nivelar a demanda e assim maximizar o uso dos recursos

Tabela 3: MFV Mapeamento do Fluxo de Valor

O six sigma é uma abordagem para a gestão da qualidade, sustentada por elementos que teriam por base os princípios da Qualidade. O Quadro 3 apresenta os 14 princípios da qualidade por William Edward Deming (1900 –1993), estatístico, professor universitário, autor, palestrante e consultor americano, desenvolveu os 14 princípios da administração e suas recomendações só foram aceitas por parte das empresas americanas depois de sua aplicação no Japão.

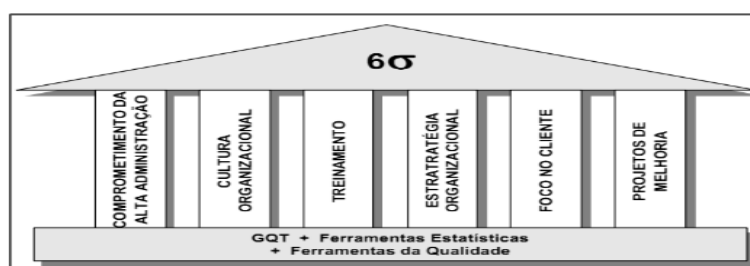
4	Acabar com a prática de negócios compensadora baseada apenas no preço. Em vez disso, minimizar o custo total. Insistir na ideia de um único fornecedor para cada item, desenvolvendo relacionamentos duradouros, calcados na qualidade e na confiança.
5	Aperfeiçoar constante e continuamente todo o processo de planejamento, produção e serviços, com o objetivo de aumentar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir os custos.
6	Fornecer treinamento no local de trabalho
7	Adotar e estabelecer liderança. O objetivo da liderança é ajudar as pessoas a realizar um trabalho melhor. Assim como a liderança dos trabalhadores, a liderança empresarial necessita de uma completa reformulação.
8	Eliminar o medo
9	Quebrar as barreiras entre departamentos. Os colaboradores dos setores de pesquisa, projetos, vendas, compras ou produção devem trabalhar em equipe, tornando-se capazes de antecipar problemas que possam surgir durante a produção ou durante a utilização dos produtos ou serviços.
10	Eliminar slogans, exortações, e metas dirigidas aos empregados.
11	Eliminar padrões artificiais (cotas numéricas) para o chão de fábrica, a administração por objetivos (APO) e a administração através de números e metas numéricas.
12	Remover barreiras que despojem as pessoas de orgulho no trabalho. A atenção dos supervisores deve voltar-se para a qualidade e não para números. Remover as barreiras que usurpa dos colaboradores das áreas administrativas e de planejamento/engenharia o justo direito de orgulhar-se do produto de seu trabalho. Isso significa a abolição das avaliações de desempenho ou de mérito e da administração por objetivos ou por números
13	Estabelecer um programa rigoroso de educação e auto aperfeiçoamento para todo o pessoal
14	Colocar todos da empresa para trabalhar de modo a realizar a transformação, que. A transformação é tarefa de todos

**Fonte:** Revista BQ - Banas Qualidade (2012, p.12)

Quadro 3 – Os 14 princípios de Deming

Sequência	Princípios
1	Criar constância de propósito de aperfeiçoamento do produto e serviço, a fim de torná-los competitivos, perpetuá-los no mercado e gerar empregos.
2	Adotar uma nova filosofia. Vivemos numa nova era econômica. A administração ocidental deve despertar para o desafio, concentrar-se de suas responsabilidades e assumir a liderança em direção à transformação.
3	Acabar com a dependência de inspeção para a obtenção da qualidade. Eliminar a necessidade de inspeção em massa, priorizando a internalização da qualidade do produto.

Os 14 Princípios da Qualidade, são princípios de administração geral e de posturas empresariais, relacionados não apenas com o setor de Controle de Qualidade, mas também com as demais atividades de uma empresa. Como vimos, o six sigma é uma abordagem para a gestão da qualidade, sustentada por elementos que teriam por base os princípios da Qualidade. Essa estrutura está ilustrada na Figura 2.



**Figura 2 – Estrutura do six sigma.** Fonte: Coronado e Antony (2002, p. 322).

A equipe six sigma precisa estar treinada para assegurar o avanço e a disseminação dessa estratégia dentro da organização. Isso é possível por meio de um sistema de responsabilidades, conforme ilustrado no Quadro 4 por Coronado e Antony (2002).

Quadro 4 - Sistema de responsabilidade

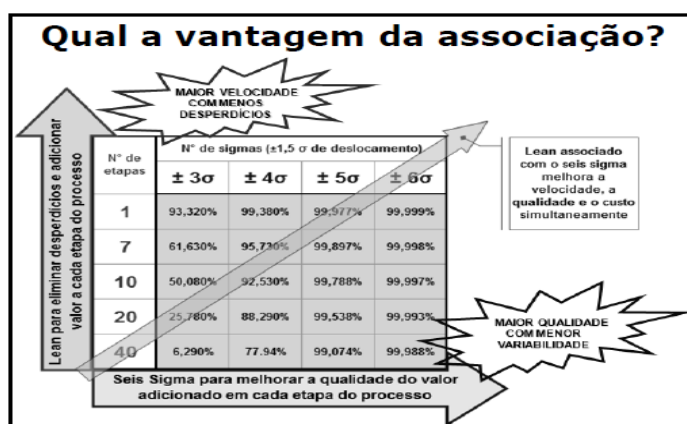
	<b>Green Belts</b>	<b>Black Belts</b>	<b>Champions</b>
<b>Perfil</b>	Formação técnica Respeitados na sua área de formação Conhecimento das ferramentas básicas e avançadas	Formação superior Respeitados na sua área de atuação e pela gerência Mestre nas ferramentas básicas e avançadas	Gerente sênior Lider respeitado e cabeça de assuntos empresariais Direcionador do programa Seis Sigma
<b>Papel</b>	Conduzir grupos de melhorias de processos importantes Treinar em ferramentas e análise Ajudar o Black Belts Dedicar meio período aos projetos de melhoria	Conduzir estrategicamente processos de melhoria de alto impacto É um agente de mudanças Ensinar e estruturar equipes multifuncionais Dedicar tempo integral aos projetos de melhoria	Prover recursos e forte liderança aos projetos Inspirar visão compartilhada Estabelecer planos e criar infraestrutura Desenvolver indicadores
<b>Treinamento</b>	Duas sessões de três dias com mais um mês para a aplicação dos conceitos Revisão do projeto de melhoria na segunda sessão	Quatro sessões de uma semana com mais três para a aplicação dos conceitos Revisão do projeto de melhoria nas sessões dois, três e quatro.	Uma semana de treinamento Champion Desenvolvimento e implementação do Seis Sigma
<b>Número</b>	5% do total de funcionários	Entre 1 e 2% do total de funcionários	1 por unidade de negócio

Fonte: Coronado e Antony (2002, p. 333).

Ressalta-se que o sistema de responsabilidades pode diferir de uma organização para outra e que, apesar dos Champions, Black Belts e Green Belts receberem treinamento na metodologia six sigma, isso não implica que sejam os únicos a entender os princípios



fundamentais dessa metodologia. Eles são os catalisadores de mudança que têm a responsabilidade de disseminar o six sigma na organização. *Lean Seis Sigma* é uma forma eficiente e eficaz de gerenciar os negócios, pois tem forte foco na satisfação dos clientes externos que são os consumidores dos produtos e serviços e também se preocupa com o cliente interno, que valoriza a pessoa humana dentro da empresa e cuida do retorno do capital investido. Desta forma acredita-se que a vantagem da associação e sucesso do desenvolvimento empresarial entre as duas metodologias pode ser visualizada através da tabela 4:



Considerando o propósito de analisar o tema lean six sigma ( $L6\sigma$ ) através de indicadores bibliométricos, foram necessárias diversas medidas para a organização do estudo. A investigação começou com uma metodologia exploratória, documental e descritiva (GIL, 2008), empregando o método dedutivo (CRUZ, RIBEIRO, 2004). Em relação ao método, emprega-se pesquisa bibliográfica e levantamento por amostragem, empregando ferramentas tecnológicas de pesquisa como ferramenta para conduzir o estudo (GIL, 2008).

Neste cenário, optou-se por utilizar a base de dados do Portal de Periódicos da Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). As seguintes fases foram executadas para a coleta e análise deste estudo: i). Procura pelo termo - escolha dos periódicos; ii) Leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos retornados; iii) Exame da metodologia e dos resultados dos artigos retornados; iv) Tabulação e avaliação dos dados coletados; v) Identificação dos autores dos artigos e vi) Exame dos objetivos, aspectos pertinentes e sua contribuição para o saber acadêmico. Assim, os periódicos pesquisados disponibilizam seus artigos para consulta online, simplificando a coleta de informações.

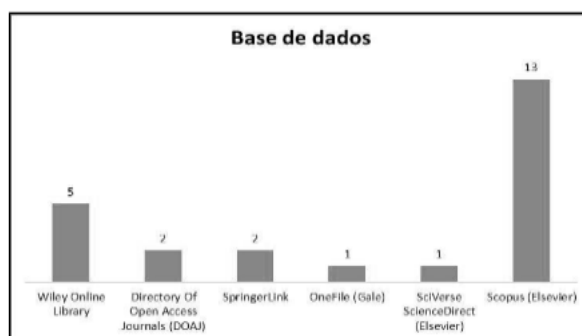
A avaliação foi realizada com base nas informações obtidas durante a consulta, sendo o primeiro dado a ser contabilizado o número total de artigos internacionais disponíveis. Nota-se que, ao usar as palavras-chave: lean six sigma, foram encontrados 6.794 artigos disponíveis.



Desses, escolhemos examinar apenas aqueles que passaram por revisão por pares. Assim, esta primeira medida diminuiu o número de artigos disponíveis para 5.941 publicações, que formaram a base inicial de trabalho.

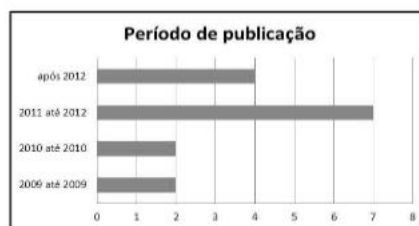
Dando sequência à escolha da amostra, foram identificados os artigos cujo título continha a expressão lean six sigma. Este critério foi adotado para alinhar os conteúdos dos artigos ao tema em análise. Foram identificados 925 artigos que abordavam o tema lean six sigma, o que corresponde a 15,57% do total de 5.941 trabalhos previamente selecionados. A finalidade da pesquisa é examinar os últimos sete anos de publicações. Após a filtragem dos artigos publicados nesse período, apenas 24 publicações permaneceram, representando 0,4% da amostra inicial e 2,59% da amostra segmentada. Conforme mostrado na Figura 7, foi feita uma tabulação com o propósito de identificar as coleções (bases de dados) que constituem a produção desses artigos que não foram eliminadas durante o processo de aplicação dos critérios

Figura 7 – Quantidade de distribuição dos artigos por bases de dados



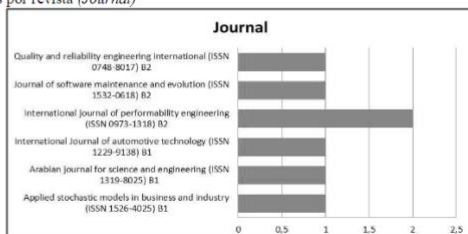
Nota-se uma predominância de publicações na base Scopus (Elsevier), com 13 publicações, seguida pela Wiley Online Library com cinco publicações, e da Directory Of Open Access Journals (DOAJ) e SpringerLink, ambas com duas publicações cada. As bases OneFile (Gale) e SciVerse ScienceDirect (Elsevier) também têm a mesma quantidade de publicações, isto é, ambas participam com uma única publicação. Todos os outros documentos que não fossem artigos foram removidos das análises finais, incluindo resenhas, recursos textuais, atas de congressos e artigos de imprensa. Na Figura 8, pode-se observar a ordem cronológica da publicação.

Figura 8 – Período de publicação dos artigos



Ressalta-se que o enquadramento temporal levou em conta apenas o período que se estende de 2009 até o presente, ou seja, de 2017 até o dia 27 de setembro de 2017. E que 73% das publicações ocorreram após o ano de 2011. Para prosseguir com a seleção, foi preciso aprimorar o termo pesquisado, isto é, procurou-se ajustar mais precisamente os conteúdos dos artigos ao tópico em discussão. Obtivemos sete artigos através do refinamento das palavras-chave Financial Meltdown, Dmaic, Engenharia Estatística, Mapeamento de Processos Funcionais e Análise de Valor. Posteriormente, analisamos o estrato Qualis-Capes de todos os periódicos, totalizando sete. Notou-se que quatro periódicos representam 57% do total. Em seguida, foram analisados quais periódicos sobre o tema representado pela Figura 11

Figura 11 – Publicações por revista (Journal)



Nota-se que o International Journal of Performance Engineering (ISSN 0973-1318) B2 apresenta 02 ocorrências, representando 28% do total de publicações identificadas. Contudo, também é notável a contribuição dos periódicos, como o Applied stochastic models in business and industry (ISSN 1526-4025) B1, Arabian Journal of Science and Engineering (ISSN 1319-8025) B1, Journal of Software Maintenance and Evolution (ISSN 1532-0618) B2e Quality and reliability engineering (ISSN 1532-0618) B2e Quality and reliability Engineering. a sequência, buscou-se fazer a análise e encontrar os objetivos, os aspectos relevantes e as contribuições no contexto destes artigos selecionados. Para esta realização foi necessário ler todos os seus títulos, resumos, palavras chave, suas metodologias de pesquisa e conclusões que está apresentada nos Quadros 5, 6 e 7 consecutivamente

Quadro 5 – Ano de publicação das obras dos autores

Ano	Autor	Título
2014	ISMAIL, A.	Application of Lean Six Sigma Tools for Cycle Time Reduction in Manufacturing: Case Study in Biopharmaceutical Industry
2013	GIJO, E. V.	Reducing Patient Waiting Time in Outpatient Department Using Lean Six Sigma Methodology
2013	GALVANI, L. R.	Análise comparativa da aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços
2012	HABIDIN, N. F.	Relationship between lean six sigma, environmental management systems, and organizational performance in the malaysian automotive industry
2010	NIU, G.	Computer Manufacturing Management Integrating Lean Six Sigma and Prognostic Health Management
2010	GOMES, M. J. S.	Improvement of Segment Business using DMAIC Methodology: A Case Study
2009	HOERLL, W. R.	Post-financial meltdown: What do the services industries need from us now?
2009	PARR, W. C.	'Post-financial meltdown: What do the services industries need from us now?' by Roger W. Hoerl and Ronald D. Snee: Discussion 1
2006	GUIMARÃES, I. F. G.	Projeto lean seis sigma e a sua relevância na redução de perdas na produção de enzima em uma empresa de produção farmacêutica

Foram selecionados tópicos que se concentraram nos anos de 2009 a 2014 para analisar a evolução desta abordagem (qual?). e descobriram que a metodologia lean pode ser a que se alinha com o six sigma. Nos títulos, as palavras lean six sigma(L6σ) aparecem em 57% das sete publicações, enquanto as palavras relacionadas à metodologia estão presentes em todos os trabalhos examinados. Na Tabela 6, são apresentados os autores estudados e a progressão dos objetivos de L6σ.

Quadro 6 – Consolidação dos objetivos dos autores

Ano	Autor	Objetivo
2014	ISMAIL, A.	Reduzir o tempo do ciclo de manufatura na indústria de transformação
2013	GIJO, E. V.	Reduzir o tempo de espera dos pacientes em ambulatório (OPD ) de um hospital de especialidade na Índia
2012	HABIDIN, N. F.	Investigar e realizar a análise estrutural de Lean Six Sigma (LSS) e Desempenho Organizacional (OP) na indústria automotiva da Malásia
2010	NIU, G.	Através da integração com Lean Six Sigma, um desempenho elevado de gestão de fabricação de computadores pode ser conseguido.
2010	GOMES, M. J. S.	Utilização do Lean Six Sigma para descobrir métodos para gerenciar a estratégia de documentos da empresa
2009	HOERLL, W. R.	Como devem os estatísticos responder e o que podemos fazer para ajudar nossas organizações que buscam sobreviver a recessão nos EUA pós-crise que começou em Wall Street em 2008
2009	PARR, W. C.	Propostas concretas para a reforma de alguns elementos de um processo para curricular.

É evidente que o foco dos objetivos dos artigos está voltado para as palavras que enfatizam o aspecto de gestão. Termos como "reforma do processo, métodos de gestão, gerenciamento da estratégia, alto desempenho de gestão, desempenho estrutural, diminuição do tempo de espera e redução do ciclo" estão presentes em todas as fases, com um destaque maior para "gestão".No Quadro 7, observam-se os pontos importantes discutidos nos artigos e a contribuição desses autores para futuras pesquisas e estudos.

Quadro 7 – Aspectos relevantes e contribuição das obras

Autor	Aspecto relevantes	Contribuição
ISMAIL, A.	Lean Six Sigma é relevante para a aplicação no sistema de gestão de produção.	Lean Six Sigma integrado com mapeamento de processos, mapa de fluxo de valor, matriz de causa e efeito e análise do efeito de modo de falha na eliminação de resíduos do processo.
GIJO, E. V.	Aplicação de um diagrama de causa e efeito validados com a ajuda de dados coletados a partir do processo	Ajudar o hospital a trabalhar com os doentes melhor e mais rapidamente, conduzindo a uma redução da demora do tratamento e a uma recuperação mais rápida do paciente.
HABIDIN, N. F.	Aplicação e análise Fatorial Confirmatória (CFA), e análise de confiabilidade para melhorar a competitividade.	Fornecer esclarecimentos adicionais sobre a relação entre o LSS e OP examinando os efeitos da certificação ISO 14001 como um moderador
NIU, G.	Gestão da saúde prognóstica (PHM), a aplicação desse método permite a avaliação do sistema fiabilidade nas suas reais condições do ciclo de vida para determinar o aparecimento de insuficiência, e mitigar os riscos do sistema.	Design e produção com capacidade avançada para detecção de falhas no início das operações, falha de diagnóstico e previsão irá melhorar o desempenho do ciclo de vida do produto e aumento vantagens competitivas.
GOMES, M. J. S.	Na Xerox, o DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar, controlar) metodologia de Lean Six Sigma é fundamental para nos ajudar a gerir o nosso negócio	Este artigo descreveu uma poderosa metodologia DMAIC para melhorar um negócio Xerox modelo. Acreditamos que esta metodologia é aplicável para melhorar outros processos dentro de uma organização
HOERLL, W. R.	Incorporar conceitos e métodos estatísticos em processos de negócio e o revigoramento de Lean Six Sigma.	Mudar a ênfase a partir de estatísticas de ser exclusivamente uma ciência pura, e expandir a nossa visão para uma disciplina de engenharia.
PARR, W. C.	Sugere mudança nos programas de graduação em MS estatísticas.	O papel da estatística na indústria deve ser algo mais amplo do que os engenheiros estatísticos, embora menos vendável para os estatísticos.

Nota-se um consenso entre os autores sobre a importância de mudar o foco da estatística e ampliar a metodologia, enfatizando outras ferramentas de gestão, é crucial e aplicável em várias organizações para aprimorar o sistema de produção. Em outras palavras, o L6 $\sigma$  deve transcender a estatística e sua importância pode estar na implementação de métodos de gestão da produção como o modelo DMAIC, a utilização do diagrama de causa e efeito, mapeamento de processos e mapa de fluxo. Detecção de defeitos, diagnóstico e previsão de falhas, 5 porquês, 5S, 7 desperdícios, diagrama de afinidade, brainstorming, gráfico de Pareto, Poka-Yoke e VOC - voz do cliente, entre outros. E, fundamentalmente, concluiu-se que L6 $\sigma$  é um programa integrado e eficiente que tem um impacto significativo na melhoria da eficiência produtiva por meio de sua abordagem gerencial. Portanto, L6 $\sigma$  pode ser caracterizado como uma estratégia gerencial metódica e quantitativa, com o propósito de incrementar consideravelmente a performance e a rentabilidade das empresas, através da melhoria da qualidade de produtos e serviços, e do incremento da satisfação dos clientes e consumidores. Como ressaltado, L6 $\sigma$  é uma técnica para aprimorar a capacidade dos processos e potencializar seu desempenho. No entanto, L6 $\sigma$  também é reconhecido como um método para aprimorar a eficiência dos processos e potencializar seu rendimento. Finalmente, observou-se que L6 $\sigma$  é fonte de vantagem competitiva, pois pode criar sinergia e fomentar a velocidade dos processos, a eliminação de resíduos e o desenvolvimento da cadeia.

## CONCLUSÕES

Temos a conclusão que em um mercado competitivo as empresas que desejarem permanecerem atuando terão que adotar um modelo de gestão que fidelize o cliente e garanta a continuidade dos negócios para sua sustentabilidade. Defendeu-se que Six Sigma é predominantemente uma tendência e que os projetos são simplesmente e profundamente definidos por esforços de aprimoramento contínuo. Os conceitos mais recentes do lean manufacturing six sigma não necessariamente acrescentaram valor aos conceitos de JIT - Just in Time e TQM - Total Quality Management. No entanto, a literatura é bastante semelhante para esses métodos, como o suporte da alta gestão e a relevância da comunicação e informação. De fato, está em falta uma perspectiva mais sistêmica para as transformações, aprimoramentos e efeitos na organização.

Os defensores do L6 $\sigma$  mencionados neste artigo defendem que ele vai além de um simples sistema de qualidade, sendo reconhecido como uma das estratégias de melhoria mais eficientes entre uma vasta gama de organizações multinacionais, com uma aprovação crescente. Apesar de o six sigma ser predominantemente estatístico, a principal contribuição deste estudo reside no estímulo aos aspectos gerenciais. É indiscutível que L6 $\sigma$  é um programa de aprimoramento estruturado que utiliza tanto métodos estatísticos quanto não estatísticos. Ampliar a metodologia, incorporando outras ferramentas e técnicas de gestão de produção através das metodologias mencionadas, entre outras, é crucial para a obtenção de muitos casos de sucesso na aplicação do programa L6 $\sigma$  nas empresas.

Esta é uma estratégia de negócios que veio para ficar e se espalhar, não sendo apenas mais uma tendência passageira no campo da qualidade. Este estudo teve como objetivo resumir a estratégia L6 $\sigma$ , destacando seus benefícios e necessidades. Este é um estudo inicial destinado ao propósito deste artigo. O propósito é contribuir para o debate acerca desta ferramenta, visando aprimorar a qualidade nos processos produtivos e na prestação de serviços pelas empresas.

## REFERÊNCIAS

- Antony, J; Escamila, J.L; Caine, P. – Lean Sigma Manufacturing Engineer, reino Unido, n.82, abril 2003. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2189/27008/01199793.pdf?isnumber=&arnumber=1199793>> Acesso em 16 de junho de 2013.
- Antony, Fiju. **Taguchi or classical design of experiments: a perspective from a practitioner.** Crisspi, Caledonian School, Glasgow, UK, 2006.

- Ferreira, Rita, C.R. e Siqueira, João, R. C. – **Planejamento e otimização de experimentos via método taguch: uma aplicação no processo de cromação de anéis**. EFEI 2001.
- George, M.L. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean speed**. McGraw Hill, 2002, p. 323.
- George, M.L. **Lean Six Sigma for Service: How to use Lean speed & Six Sigma quality to improve services and transactions**. McGraw Hill, 2004, p. 336.
- George, M.L.; Kastle, B.; Rowlands, D.T. - **What is a Lean Six Sigma?** McGraw Hill, 2003, p. 96.
- Shingo, S. – **O Sistema Toyota de Produção**, Editora Bookman, 1996.
- Souza, C. – **Talentos e Competitividade: Clientividade**, Editora Qualitymark, 2001, pp. 143.
- Anjard, Ronaldo, P. – **Management and Planning Tools: Training For Quality**, V.3. V.2. 1995. Pp. 34-37.
- Deming, W. Edwards. – **Out of the Crisis**, Boston, MA: Mit Press, 1986.
- Juran, J. M. – **A Qualidade desde o projeto: Os novos passos para o Planejamento da Qualidade em produtos e serviços**. Editora Pioneira, 1997.
- Juran, J. M. – **Planejamento para a Qualidade**, Editora Pioneira, 1990.
- Ohno, Taiichi. – **O sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala**. Editora Bookman, 1997.
- Pande, P. S.; Newman, R. P.; Cavanagh, R. R. – **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, e a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando o seu desempenho**. Editora Qualitymark, 2001.
- Rocha, Rubson – **Implementação de Sistema Gerencial, com Avanços em Controle Estatístico, em Laboratório de Nutrição Animal**. Tese de Doutorado, 2004.
- Shingo, Shingueo – **O Sistema Toyota de Produção**, Editora Artes Médicas, 1996.
- Vivacqua, C.A.; Pinho, André, L. S. - **Quality Congress. ASQ's ...Annual Quality Congress Proceedings**, Milwaukee, 2004, pp. 115.
- Ziegel, Eric, R. – **Technometrics**. Alexandria, 2004, pp. 372.