

# PROPOSTA DE MODELO TEÓRICO- CONCEITUAL UTILIZANDO O LEAN SEIS SIGMA NA GESTÃO DA PRODUÇÃO

**Edson Pinheiro de Lima (PUC)**

e.pinheiro@pucpr.br

**Paula Andrea da Rosa Garbuió (PUC)**

pauladream@gmail.com

**Sérgio Eduardo Gouvêa da Costa (PUC)**

s.gouvea@pucpr.br



*Programas de melhoria contínua como o lean manufacturing e o seis sigma têm ampla aplicação como ferramenta de gestão das operações. Neste contexto, o artigo tem como objetivo identificar na bibliografia as variáveis e relacionamentos do lean seis sigma (LSS) que impactam na gestão da produção das empresas. O estudo baseia-se na revisão de literatura das áreas: gestão estratégica de operações, lean manufacturing e seis sigma. Com base nesta revisão realiza-se a determinação dos construtos, comparação entre as abordagens e estruturação de modelo teórico-conceitual que englobe o LSS como um modelo integrado de gestão da produção. Conclui-se com a apresentação do modelo e proposições para estudos futuros.*

*Palavras-chaves: Lean manufacturing, seis sigma, estratégia de operações*

## 1. Introdução

A expressão melhoria contínua é bastante popular e seu conceito vem associado principalmente ao movimento da qualidade total, presente em metodologias como o Seis Sigma e também em outras abordagens como, por exemplo, o *Lean Manufacturing*.

Caffyn (1999) conceitua melhoria contínua como um amplo processo concentrado na inovação incremental que envolve toda a organização. Simples, de fácil entendimento e de baixo investimento, a melhoria contínua tem se consagrado como uma das formas mais eficientes de aumentar a competitividade de uma empresa (BESSANT *et al.*, 1994). No entanto, existem dificuldades para implementar este conceito nas empresas de forma efetiva, despertando o interesse em encontrar novos métodos e estratégias. Há décadas, o número de metodologias de melhoria contínua vem se desenvolvendo baseado no conceito de melhoria da qualidade e/ou do processo, com o objetivo de reduzir desperdícios, simplificar a linha de produção e melhorar qualidade. As mais conhecidas são: a produção enxuta, seis sigma, *balanced scorecard* (BSC) e *lean seis sigma* (LSS).

Programas de melhoria contínua são responsáveis por resultados positivos nas organizações, no entanto, individualmente, não conseguem resolver todos os assuntos de uma empresa (BHUIYAN AND BAGHEL, 2005). Para solucionar esta fraqueza, as empresas estão adotando programas híbridos e o mais conhecido é o ‘*lean seis sigma*’ (LSS). O *lean manufacturing* e o seis sigma individualmente não conseguem atingir melhorias nas taxas que o LSS consegue. No entanto algumas empresas têm usado ambas as metodologias em paralelo por anos, enquanto outras focaram somente no LSS como sendo uma única ferramenta.

A filosofia de redução de desperdícios e a utilização de ferramentas de melhoria contínua são estratégias utilizadas por muitas empresas que apresentam diferencial competitivo. O LSS é uma dessas estratégias, que bem aplicada leva as empresas a melhorar seu desempenho. Para George (2002), o LSS aumenta a qualidade, reduz tempo de ciclo e cria valor aos shareholders em todas as áreas das organizações. De acordo com Bhuiyan e Baghel (2005), o LSS maximiza valor aos patrocinadores alcançando taxas de melhoria mais rapidamente no que tange satisfação de clientes, custo, qualidade, velocidade de processo e retorno do capital. Enquanto o *lean* procura eliminar desperdícios, o seis sigma procura reduzir a variabilidade.

O objetivo desse artigo é identificar na bibliografia as variáveis e relacionamentos do LSS que impactam na gestão da produção das empresas demonstrando-as através de um modelo teórico-conceitual.

## 2. Referencial teórico

### 2.1. Estratégia de Operações

A partir de Skinner (1969 e 1974) as organizações começam a se preocupar com uma estratégia de operações, tentando visualizar a ameaça competitiva não somente pensando em aumentar a produtividade, mas sim, em como competir e ver o problema abrangendo a eficiência de todo o processo de fabricação, não somente da força de trabalho. O conceito de *trade-off* é fortalecido, deixando claro que é necessário um gerenciamento focado para alavancar competitividade. Drucker (1992) disse: “os fatores tradicionais de produção – terra, mão de obra e até dinheiro, pela sua mobilidade – não mais garantem vantagem competitiva a uma nação em particular. Ao invés disto, o gerenciamento tornou-se o fator decisivo de produção”.

O *World Class Manufacturing* de Hayes e Wheelwright (1984), conceitua um conjunto de práticas como sendo as melhores práticas para alcançar performance superior, são elas: habilidade e capacidade da força de trabalho; competência técnica gerencial; competência para atingir qualidade esperada pelos clientes; participação da força de trabalho; investimento no desenvolvimento da estratégia; desenvolver operações flexíveis e capazes de responder rapidamente as demandas e mudanças no mercado.

Ainda Hayes e Wheelwright (1985), determinaram certas características que diferenciam as empresas entre si, classificando-as em quatro estágios de efetividade operacional. No primeiro estágio, a produção pode oferecer pequena contribuição para o sucesso da organização, já no último, ela proporciona importante fonte de vantagem competitiva. O Quadro 1 mostra as principais características de cada estágio.

Estágios	Função	Características
Estágio 01	Minimizar o potencial negativo da manufatura (neutralidade interna)	Especialistas externos tomam decisões sobre as estratégias
		Os mecanismos básicos para a monitoração do desempenho da manufatura são sistemas internos de controle gerencial
		A manufatura é flexível e reativa
Estágio 02	Alcançam paridade com seus competidores (neutralidade externa)	As práticas comuns da indústria são seguidas
		O horizonte de planejamento para tomada de decisões sobre investimento é estendido para abranger ciclo único
		O investimento de capital fixo é entendido como um meio básico para competir no mercado
Estágio 03	Proporcionar suporte às estratégias de negócio (suporte interno)	Os investimentos em manufatura são selecionados conforme a consistência com a estratégia de negócios
		Uma estratégia de manufatura é formulada e perseguida. As mudanças na estratégia são traduzidas para a manufatura
		Desenvolvimentos e tendências de longo prazo
Estágio 04	Procurar uma base de produção como vantagem competitiva (suporte externo)	Antecipam o potencial de novas práticas e tecnologias
		A manufatura está envolvida nas decisões de marketing e eng
		Buscam-se programas de longo prazo para adquirir capacitações antes que apareçam as necessidades.

Fonte: Adaptado de Hayes e Wheelwright (1985)

Quadro 1: Estágios de efetividade operacional

Leong *et al.* (1990) propõem dois modelos complementares de estratégia operacional, o modelo de processo e o de conteúdo, ver Figura 1. O primeiro representa como a estratégia é desenvolvida, implementada e revisada e o último, abrange as áreas de decisão, que têm importância de longo prazo nas funções operacionais e ainda as prioridades competitivas que são baseadas nas metas corporativas e de negócios.

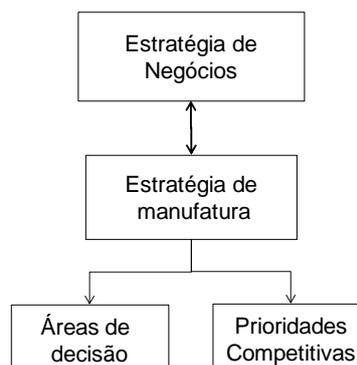


Figura 1: Modelos de Estratégia Operacional

O desenvolvimento do sistema de operações pode ser feito ajustando a estratégia tomando as decisões apropriadas nas áreas chaves (LEONG *ET AL.* 1990). Os passos para a identificação, priorização e relacionamento destas prioridades competitivas com as decisões, posiciona a estratégia operacional no contexto da estratégia de negócios (PLATTS e GREGORY, 1990).

Maslen e Platts (1997) propuseram a divisão em áreas de decisão estruturais, infra-estruturais e humanas, considerando que essas são importantes para a formação de capacitações na manufatura, como representado no Quadro 2.

<b>Estruturais</b>	<b>Infra-estruturais</b>	<b>Humanas</b>
Planta e Equipamentos	Planejamento e Controle da Produção	Cultura
Tecnologia de processo	Qualidade	Organização
Capacidade	Introdução de novos produtos	Habilidade e Treinamento
Integração Vertical	Fornecedores	Recompensas e Incentivos
Produtos	SMD	Comunicação

Fonte: Adaptado de Maslen e Platts (1997)

Quadro 2: Áreas e Decisão

Existem várias abordagens para a definição das dimensões competitivas mais importantes. Wheelwright (1978) atribuiu: (i) Eficiência: abrange eficiência de custo e de capital. (ii) Confiabilidade: em relação aos produtos e promessas de entrega e de custo. (iii) Qualidade: qualidade e confiabilidade do produto, (iv) Velocidade de entrega e manutenção da qualidade. (v) Flexibilidade: possibilidade de mudanças em relação ao mix de produtos ou ao volume de produção. A definição de Slack (1993) considera as dimensões de desempenho como:

- a) Qualidade: oferecer produtos de acordo com as especificações de projeto;
- b) Confiabilidade: cumprir as promessas de prazo de entrega;
- c) Flexibilidade: possuir a capacidade de adaptar a operação sempre que necessário e com rapidez suficiente, seja por mudanças da demanda ou por necessidades do processo produtivo;
- d) Velocidade: buscar com que o intervalo de tempo entre o início do processo produtivo e a entrega para o cliente seja menor do que o tempo da concorrência;
- e) Custo: oferecer produtos a custos mais baixos do que os da concorrência;
- f) Inovação: projetar novos produtos, lançar produtos mais diversificados em tempos de desenvolvimento menores que os concorrentes.

No entanto, vale ressaltar que a importância para cada dimensão competitiva depende das circunstâncias do mercado no qual a organização atua (PAIVA *et al.*, 2004).

## **2.2. Lean Manufacturing**

A origem da produção enxuta se dá com a crise no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Com altas taxas de desemprego e com o mercado destruído a produtividade no Japão era inferior à dos americanos. Com base neste problema se inicia um sistemático processo de perseguição às perdas e estudo dos métodos americanos (conceitos sobre qualidade de Deming e supermercados). Em 1973 com a crise do petróleo e aumento no preço da energia, as empresas japonesas sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos. A *Toyota Motor Co.* emergia como uma das poucas empresas a escapar praticamente ileso dos efeitos da crise do

petróleo. Este fenômeno despertou a curiosidade de organizações no mundo inteiro em saber qual o segredo do Sistema Toyota de Produção (STP).

O STP visa à redução de custos através da completa eliminação dos desperdícios (SHINGO, 1996). Taiichi Ohno, gerente de operações da empresa, ao analisar o sistema de produção ocidental, apontou duas falhas lógicas. A primeira era que produzir componentes em grandes lotes implica em grandes inventários, alto custo de capital e de armazenagem, logo, alto nível de defeitos. A segunda falha é a incapacidade de atender as preferências dos consumidores por uma ampla diversidade de produtos. Estas observações fizeram com que o STP fosse elaborado com base em dois princípios (OHNO, 1997). O *Just in time* (JIT), produzir somente o que é necessário, na quantidade necessária e quando for necessário, sendo que, qualquer desvio destas reais necessidades da produção é considerado um desperdício. O segundo é o *Jidoka*, ou automação, fazer com que qualquer problema de produção seja imediatamente evidenciado e parar a produção quando os desvios forem detectados. Além disso, a cultura ideal é estabelecida, por isso a empresa investe constantemente em treinamento de pessoas.

### 2.2.1. Melhoria dos processos produtivos

Para Shingo (1996) a melhoria dos processos deve-se ao controle da programação e JIT. Normalmente o planejamento da produção ocorre em três estágios: longo prazo (anual, semestral ou trimestral), plano mestre de produção (mensal) e plano detalhado (seqüência prática de produção para uma semana, dia ou hora). O controle da programação e produção com estoque zero funciona na Toyota porque JIT significa produzir peças ou produtos exatamente na quantidade requerida e apenas quando necessárias. A produção com estoque zero significa produzir igual ao número de pedidos e para atingir este equilíbrio adotou-se a produção contra pedido.

Além disso, a redução dos tempos de troca de ferramentas é fator fundamental para o sucesso do STP. Para se manter a produção contra pedido e sem estoque é necessário reduções drásticas nos tempos de *setup*.

É importante salientar que a filosofia enxuta ou *lean thinking*, define valor como as necessidades requeridas pelos clientes (WOMACK e JONES, 2004). Sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor, o desafio é enxergá-lo. Mapear o fluxo de valor é toda ação, agregando ou não valor, necessária para transformar matéria prima em produto acabado (ROTHER e SHOOK, 2003). A Figura 2 ilustra esta afirmação.

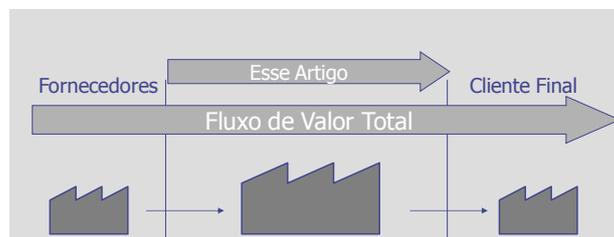


Figura 2: Mapeamento do Fluxo de Valor

Para que estas práticas ocorram no mundo empresarial é necessário um plano de ação ampliado que os gerentes das empresas possam aplicar (WOMACK e JONES, 2004).

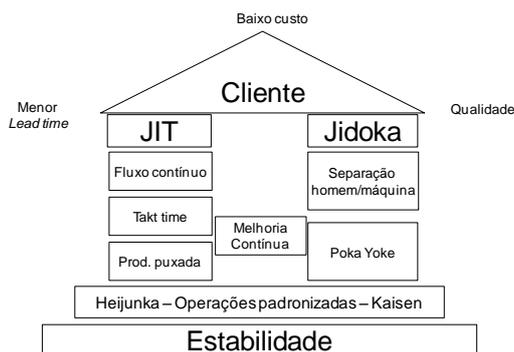


Figura 3: Casa do STP

Liker (2006) demonstra através do diagrama “Casa do STP”, representado pela Figura 3, uma visão geral do *lean thinking*. No telhado estão as metas de qualidade, menor custo e menor *lead time*, que são sustentadas por dois pilares, o JIT e o *Jidoka* (autonomia). No centro do sistema estão as pessoas, melhoria contínua e a redução das perdas. Na fundação da casa está a filosofia enxuta, que reforça o gerenciamento visual que sustenta processos estáveis e padronizados e a produção nivelada.

### 2.2.2. Regras e Princípios da Produção Enxuta

Para Spear e Bowen (1999) existem quatro (4) regras básicas que guiam o desenvolvimento, a operação e a melhoria de toda atividade, interconexão ou fluxo relacionado a qualquer produto ou serviço, ver Figura 4.

- 1.<sup>a</sup> regra: todas as tarefas precisam ser completamente especificadas em termos de conteúdo, seqüência, tempo e resultado. O detalhe é importante, caso contrário, não há base para melhorias. É o princípio do trabalho padronizado e *kaizen*;
- 2.<sup>a</sup> regra: toda relação cliente-fornecedor precisa ser direta. É necessário especificar, sem margem de dúvida, as pessoas envolvidas, a forma e a quantidade dos bens a serem fornecidos e dos serviços a serem prestados, o modo como as solicitações são feitas por cada cliente e o tempo previsto para atender às solicitações;
- 3.<sup>a</sup> regra: o caminho percorrido por cada produto ou serviço deve ser simples e direto. Bens e serviços não fluem para a próxima pessoa ou máquina disponível, mas para uma pessoa ou máquina específica. Desta forma, os funcionários podem determinar, por exemplo, que existe um problema de capacidade em certa estação de trabalho e então analisar como resolvê-lo;
- 4.<sup>a</sup> regra: define que qualquer melhoria do sistema deve ser feita de acordo com o método científico, sob orientação de um professor, no menor nível organizacional possível. O método científico envolve a formulação clara de uma hipótese verificável, tipo “se fizermos as seguintes mudanças obteremos o seguinte resultado”. O trabalho com o professor é a chave para a empresa tornar-se uma organização de aprendizagem. Por meio de perguntas, o conhecimento tácito é passado de pessoa para pessoa no chão de fábrica.

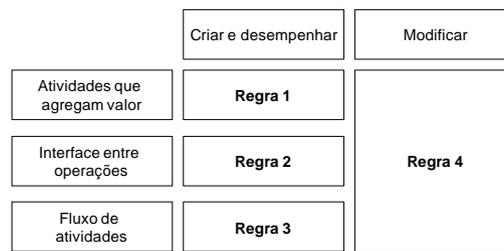


Figura 4: As quatro regras básicas

Liker e Meier (2007) apresentam os quatro (4) “P” que fundamentam os princípios da produção enxuta. São eles:

- a) *Philosophy* (Filosofia): a base para o pensamento de longo prazo é a filosofia. Líderes vêem a empresa como um veículo para agregar valor aos clientes, à sociedade, à comunidade e aos seus funcionários;
- b) *Process* (Processo): processos certos geram resultados certos;
- c) *People and Partners* (Pessoas e Parcerias): desenvolvimento, no longo prazo, de pessoas e parceiros como modo de adição contínua e sistemática de valor aos clientes. Agregar valor desafiando seus funcionários e parceiros a crescer;
- d) *Problem Solving* (Solução de Problemas): a solução contínua da raiz dos problemas conduz à aprendizagem organizacional.

Baseado nos quatro (4) “P” do Modelo *Toyota*, Liker (2006) propõe os seguintes princípios:

- 1º. Princípio: basear decisões administrativas em filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo;
- 2º. Princípio: criar um fluxo de processo contínuo para trazer problemas à tona;
- 3º. Princípio: usar sistemas “puxados” para evitar a superprodução. O JIT e *kanban* permitem a redução de estoques, os problemas ficam visíveis e podem ser eliminados na sua fonte;
- 4º. Princípio: *hijunka* - nivelar a carga de trabalho;
- 5º. Princípio: construir uma cultura de parar e resolver problemas para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa - *jidoka*;
- 6º. Princípio: padronização é a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários;
- 7º. Princípio: usar controle visual para que nenhum problema fique oculto;
- 8º. Princípio: usar somente tecnologia confiável e plenamente testada, que atenda aos funcionários e processos;
- 9º. Princípio: desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e ensinem os outros;
- 10º. Princípio: desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa;
- 11º. Princípio: desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e ensinem os outros;
- 12º. Princípio: ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*gemba*);
- 13º. Princípio: tomar decisões lentamente, por consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez;

14º. Princípio: tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua.

### 2.3. Modelo Seis Sigma

Eckes (2001) define o modelo seis sigma como sendo uma abordagem quantitativa que injeta maior eficácia na empresa. Rotondaro (2002) o define como uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente (internas e externas). De acordo com Harry *et al.* (1998), seis sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros. Já Werkema (2004) diz que o seis sigma é uma estratégia gerencial disciplinada, altamente quantitativa, que tem por objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio de melhoria da qualidade de produtos e processos e aumento da satisfação dos clientes e consumidores.

O seis sigma deve ser visto nas organizações de forma ampla e pode atuar de diversas maneiras (WILSON, 1999 e WERKEMA, 2001):

- a) A escala: para medir o nível de qualidade associado a um processo, *i.e.*, transformar defeito por milhão em um número na escala sigma. Quanto maior o valor alcançado na escala sigma, melhor o nível de qualidade;
- b) A meta: chegar muito próximo do zero defeito, *i.e.*, 3,4 defeitos para cada milhão de operações realizadas. A Tabela 1 evidencia a escala sigma e qual nível de qualidade se propõe chegar e a Tabela 2 apresenta comparação entre a performance seis sigma e o padrão atual (quatro sigma);
- c) O *benchmark*: utilizado como parâmetro para comparar o nível de qualidade dos processos, operações, produtos, características equipamentos, entre outros;
- d) A estatística: é uma estatística calculada para a avaliação do desempenho das características críticas para a qualidade em relação às especificações;
- e) A filosofia: busca da melhoria contínua dos processos e de redução da variabilidade na busca do zero defeito;
- f) A estratégia: baseada no relacionamento existente entre o projeto, a fabricação, a qualidade final, a entrega de um produto e a satisfação dos consumidores;
- g) A visão: levar a empresa a ser a melhor do seu ramo.

Nível da Qualidade	Defeito por milhão (ppm)	Custo da Não Qualidade (% do faturamento)
2 $\sigma$ (69,15%)	308.538	Não se aplica
3 $\sigma$ (93,32%)	66.807	25 a 40%
4 $\sigma$ (99,379%)	6.210	15 a 25%
5 $\sigma$ (99,9769%)	233	5 a 15%
6 $\sigma$ (99,99966%)	3,4	< 1%

Fonte: Adaptado de Harry e Schroeder (2000)

Tabela 1: Tradução do nível de qualidade para a linguagem financeira

#### Comparação entre o padrão atual (quatro sigma) e a performance SEIS SIGMA

<b>QUATRO SIGMA (99,378% conforme)</b>	<b>SEIS SIGMA (99,99966% conforme)</b>
7h de falta de energia elétrica por mês	1h de falta de energia elétrica a cada 34 anos
5.000 operações cirúrgicas incorretas por semana	1,7 operação cirúrgica incorreta por semana
3.000 cartas extraviadas para cada 300.000 postadas	1 carta extraviada para cada 300.000 postadas
15 min. de fornecimento de água não potável por dia	1 min. de fornecimento de água não potável a cada 7 meses

Fonte: Adaptado de Harry e Schroeder, 2000

Tabela 2: Comparação entre o padrão atual e a performance seis sigma

Com a verificação das Tabelas 3 e 4 observa-se que as empresas que adotam eficazmente o modelo de qualidade seis sigma conseguem atingir altos níveis de confiabilidade do seu processo e conseqüentemente tem condições de inovar.

### 2.3.1. Metodologia Seis Sigma

Existem inúmeros programas de melhoria e cada um deles utiliza ferramentas clássicas da qualidade. O método introduzido por Deming, o ciclo PDCA é um dos exemplos mais disseminados de metodologia para melhoria de processos. Segundo Pande *et al.* (1998), o começo do método seis sigma ocorreu na Motorola como o aperfeiçoamento do PDCA, inicialmente tinha quatro fases, o MAIC (Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), depois foi acrescido da fase definir e originou o DMAIC, modelo para melhoria de performance utilizado pelo seis sigma. Seguem as etapas do DMAIC:

- a) *Define* (Definir): definir com precisão o escopo do projeto;
- b) *Measure* (Medir): determinar a localização ou foco do problema;
- c) *Analyze* (Analisar): determinar as causas do problema prioritário;
- d) *Improve* (Melhorar): propor, avaliar e implementar soluções para o problema prioritário;
- e) *Control* (Controlar): garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

Para cada etapa do DMAIC podem ser utilizadas inúmeras ferramentas da qualidade.

### 2.4. Lean Seis Sigma (LSS)

Na visão de Bolwijn e Kump (1990), por muito tempo as empresas competiram somente com base em preço, mas com a entrada de novos concorrentes, além de preço, a qualidade passou a ser crucial no mercado. À medida que as empresas foram dominando a competência de produzir com qualidade, novos diferenciais como confiabilidade, prazo e inovação passaram a ser fatores críticos de sucesso.

Segundo Rotondaro (2002) o sistema de produção enxuto está em processo de ampla difusão nos mais diversos segmentos industriais, não se restringindo ao setor automotivo. Contudo não existe uma metodologia para sua implementação que se possa apontar como a mais efetiva. Conforme citado anteriormente, Womack e Jones (1998) sugerem um plano de ação para converter, em um prazo de cinco anos, o sistema de produção de uma empresa ao sistema *lean*. Mas geralmente os autores relatam as *best practices* e recomendam utilizar estratégias conhecidas, como realizar um projeto piloto de implementação, treinar pessoas, criar ambiente propício e aplicar ferramentas de melhoria contínua.

Liker e Hoseus (2009) verificaram uma tendência recente nas empresas em utilizar programas LSS. As ferramentas enxutas são ensinadas no nível funcional porque são mais simples de compreender e levam a resultados rápidos, enquanto os *black belts* seis sigma lideram

projetos complexos e mais amplos que duram vários meses e promovem grandes economias financeiras.

No Quadro 3 estão apresentadas as características complementares das abordagens seis sigma e *lean*.

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

Fonte: Adaptado de Bertels, 2009 e Rotondaro, 2002

Quadro 3: Características complementares do modelo seis sigma e da filosofia *lean*

As ferramentas oferecidas pela metodologia seis sigma servem para identificar, medir, analisar, melhorar e controlar problemas, função de diagnóstico e planejamento, já os procedimentos e técnicas utilizadas no sistema enxuto ajudam a melhorar o sistema físico de produção. Desta forma, quando existirem projetos de melhoria da produção, transição para o sistema enxuto, o seis sigma é o meio mais indicado.

Fica claro que a combinação das duas estratégias oferece à organização meios para criar e sustentar vantagem competitiva.

<b>Indicadores de Desempenho (ID)</b>	<b>Resultados</b>
<i>Lead Time</i> (tempo decorrido da colocação do pedido à entrega)	Redução de até 80%
Custos Indiretos de Manufatura e Qualidade	Redução de até 20%
<i>On Time Delivery</i> (entrega no prazo)	Aumento em até 99%
Tempo de Desenvolvimento de Produto	Redução de até 50%
Custos de Materiais	Redução de até 50%

Fonte: George, 2002

Tabela 3 – Pesquisa qualitativa *versus* pesquisa quantitativa

A Tabela 3 demonstra estes benefícios e apresenta os ganhos em resultados baseados em indicadores de desempenho clássicos.

### 3. Modelo Teórico-Conceitual

Para sintetizar a revisão bibliográfica realizada, define-se o modelo teórico-conceitual (MTC) que engloba os conceitos da Gestão Estratégica de Operações e seus relacionamentos com o

LSS. No decorrer da pesquisa constata-se que o *lean manufacturing* individualmente tem influência direta na melhoria contínua das organizações e o seis sigma está associado à confiabilidade dos produtos e processos, sendo que cada modelo impacta de modo diferenciado em determinadas áreas de decisão estabelecidas por Maslen e Platts (1997) e conseqüentemente nas dimensões de desempenho de Slack (1993).

O MTC propõe verificar os relacionamentos do LSS como modelo único de gestão da produção. A primeira relação (R1) é testar o impacto da adoção do LSS nas seguintes áreas de decisão:

- a) Instalações (planta e equipamentos): implementação de melhorias em termos de layout e aquisição e/ou reforma de máquinas e equipamentos;
- b) Tecnologia de processos de manufatura: otimização dos processos operacionais;
- c) Integração vertical: melhoria do relacionamento entre as diversas áreas da organização (operacionais e corporativas);
- d) Recursos humanos: habilidade, treinamento, organização, comunicação e cultura;
- e) Qualidade: atendimento aos requisitos de projeto com melhoria de processos e produtos;
- f) Sistemas de medição de desempenho: indicadores eficazes que garantam a manutenção das melhorias implementadas;
- g) Desenvolvimento de novos produtos: atender as expectativas dos clientes.

Em um segundo momento é avaliado o relacionamento entre as áreas de decisão priorizadas e as dimensões de desempenho (R2):

- a) Custo: vantagens de redução de custo e margem alta;
- b) Qualidade: manutenção do nível de satisfação do cliente, processo livre de erros;
- c) Confiabilidade: oferecer prazos de entrega acurados;
- d) Velocidade: processo de manufatura mais rápido que o da concorrência;
- e) Flexibilidade: habilidade em adaptar as operações;
- f) Inovação: capacidade de encantar o cliente.

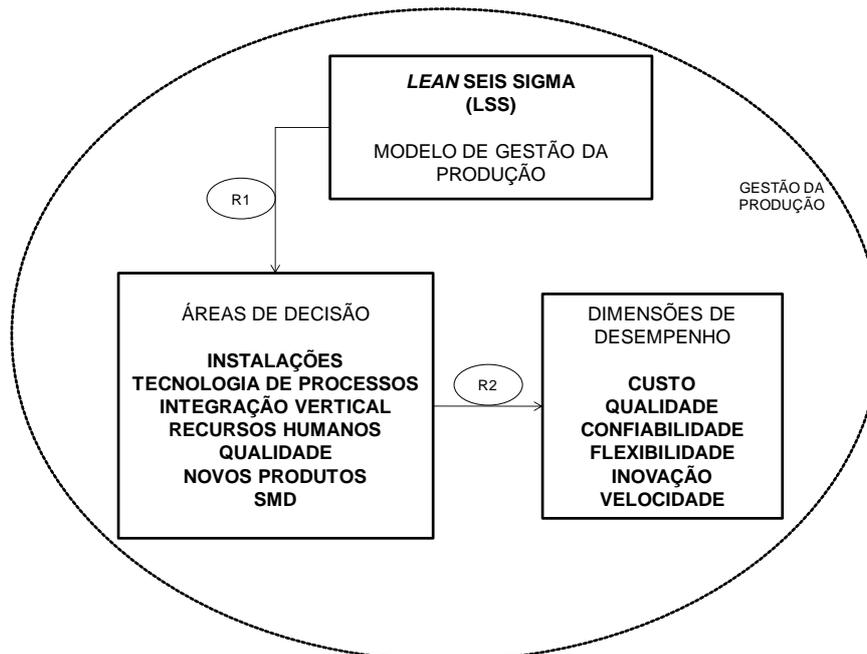


Figura 5: Modelo Teórico-Conceitual LSS

A Figura 5 apresenta o MTC construído, que procura demonstrar através das duas relações intermediárias, o relacionamento entre o modelo de gestão da produção LSS e as dimensões de desempenho.

#### 4. Conclusão

Com a revisão de literatura verificam-se relacionamentos e variáveis que devem influenciar de maneira positiva o desempenho das organizações com a aplicação da abordagem LSS. O modelo integrado pode gerar modificações em cada área de decisão e conseqüentemente influenciar as dimensões de desempenho separadamente. Resultados podem ser retirados de cada relação individual. O MTC propõe validar esses relacionamentos e provar a melhoria de produtos e processos e o aumento da confiabilidade das operações nas organizações com a utilização do modelo de gestão da produção proposto, o LSS.

O MTC apresenta algumas limitações, como a necessidade de ter profissionais treinados na metodologia seis sigma, ter processos embasados na filosofia *lean*, ter gestores capacitados para acompanhar o andamento da implementação e ter método adequado para discutir questões estratégicas. Um contexto operacional favorável torna-se necessário para garantir a implementação do modelo, como, a cultura organizacional adequada e o apoio da alta administração.

O próximo passo desse estudo é testar os relacionamentos anteriormente citados no MTC, formular hipóteses gerais e específicas, que serão a base para um estudo exploratório, como por exemplo, um *survey* ou estudos de caso.

#### Referências

- BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GILBERT, J.; HARDING R. & WEBB, S. *Rediscovering continuous improvement*. Technovation. Vol. 14, n. 1, pp. 17-29, 1994.
- BHUIYAN, N. & BAGHEL, A. *An overview of continuous improvement: from the past to the present*. Management Decision. Vol. 43, No. 5, pp. 761-771, 2005.

- BOLWIN, P. & KUMP, T.** *Manufacturing in the 1990's: productivity, flexibility and innovation.* Long Range Planning, Vol. 23, n. 4, pp.44-57, 1990.
- CAFFYN, S.** *Development of a continuous improvement self-assessment tool.* International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19, n. 1, p. 1138-1153, 1999.
- DRUCKER, P.** *Managing for the future – The 1990's and Beyond.* Truman Talley Books / Dutton, NY, 1992.
- ECKES, G.** *A Revolução Seis Sigma. O método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro.* Campus, RJ, 2001.
- GEORGE, M.** *Lean Six Sigma - Combining Six Sigma Quality with Lean Speed.* USA. McGraw-Hill Professional, 2002.
- HARRY, M. & SCHROEDER, R.** *Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability.* Quality Progress, NY, 1998.
- HARRY, M. & SCHROEDER, R.** *Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations.* Currency, NY, 2000.
- HAYES, R. & WHEELWRIGHT, S.** *Restoring our competitive edge: competing through manufacturing.* Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1984.
- HAYES, R. & WHEELWRIGHT, S.** *Competing through Manufacturing.* Harvard Business Review, pp. 99-109, January-February 1985.
- LEONG, G.; SNYDER, D. & WARD, P.** *Research in the Process and Content of Manufacturing Strategy.* OMEGA Int. J. of Mgmt Sci., Vol. 18, No.2, pp. 109-122, 1990.
- LIKER, J.** *O modelo Toyota, 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo.* Porto Alegre: Bookman, 2006.
- LIKER, J. & HOSEUS, M.** *A Cultura Toyota: A Alma do Modelo Toyota.* Porto Alegre: Bookman, 2009.
- LIKER, J. & MEYER, D.** *Modelo Toyota - Manual de Aplicação: Um Guia Prático Para a Implementação dos 4Ps da Toyota.* Porto Alegre: Bookman, 2007.
- MASLEN, R. & PLATTS, K.** *Manufacturing vision and competitiveness.* Integrated Manufacturing Systems, Vol. 8, n. 5, pp. 313-322, 1997.
- OHNO, T.** *O Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala.* Bookman, 1997.
- PAIVA, E; CARVALHO Jr, J. & FENSTERSEIFER, J.** *Estratégia de Produção e de Operações: Conceito, melhores práticas e visão de futuro.* São Paulo: Bookman, 2004.
- PANDE, S.; NEUAM, P. & CAVANAGH, R.** *Estratégia Seis Sigma.* Qualitymark, RJ, 1998.
- PLATTS, K. & GREGORY, M.** *Manufacturing audit in the process of strategy formulation.* International Journal of Operations & Production Management, v.10, n. 9, p. 5-26, 1990.
- ROTHER, M. & SHOOK, J.** *Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.* Lean Institute Brasil (www.lean.org.br), SP, 2003.
- ROTONDARO, R.** *Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.* São Paulo: Atlas, 2002.
- SHINGO, S.** *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.* 2ª Ed, Porto Alegre, Bookman, 1996.
- SKINNER, W.** *Manufacturing – missing link in corporate strategy.* Harvard Business Review, pp. 136-145, May-June 1969.
- SKINNER, W.** *The focused factory. New approach to managing manufacturing sees our productivity crisis as the problem of 'how to compete'.* Harvard Business Review, pp. 113-121, May-June 1974.
- SLACK, N.** *Vantagem Competitiva em Manufatura: Atingindo Competitividade nas Operações Industriais.* Atlas, 1ª Ed., 1993.
- SPEAR, S. & BOWEN, H.** *Decoding the DNA of the Toyota Production System.* Harvard Business Review, pp.

96-106, Sep/Oct, 1999.

**WHEELWRIGHT, S.** *Reflecting Corporate Strategy in Manufacturing Decisions.* Business Horizons, February, pp. 57-66, 1978.

**WERKEMA, C.** *Criando a Cultura Seis Sigma.* Qualitymark. 2004.

**WERKEMA, C. & CONSULTORES ASSOCIADOS.** *Seis Sigma – Treinamento para Formação de Black Belts.* Sessão 1. Volume 1. 2001.

**WILSON, P.** *Six Sigma: understanding the concept, implications and challenges.* Advanced Systems Consultants, 1999.

**WOMACK, J. & JONES, D.** *Mentalidade enxuta nas empresas – Lean Thinking.* 4ª Ed., Editora Campus, 2004.