



VIII CONGRESSO NACIONAL DE
EXCELÊNCIA EM GESTÃO

8 e 9 de junho de 2012

ISSN 1984-9354

ANÁLISE DOS MODELOS DE INTEGRAÇÃO DAS ABORDAGENS TEORIA DAS RESTRIÇÕES, PRODUÇÃO ENXUTA E SEIS SIGMA: UM ESTUDO TEÓRICO

Luciano Itio Okimura

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”)

Fernando Bernardi de Souza

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”)

Resumo

A Teoria das Restrições, a Produção Enxuta e o Seis Sigma contribuíram para diversas empresas a tornarem-se mais competitivas e inovadoras. Entretanto, a busca por melhores resultados incentivaram pesquisadores e organizações ao desafio de integrar o melhor destes três mundos em um modelo único de gestão, resultando em propostas de modelos de integração. Estes modelos são denominados Modelos de Integração TLS (TOC, Lean e Seis Sigma) e estes, vêm sendo explorado há alguns anos, com existência de casos de aplicação nas organizações. O objetivo deste artigo, em formato de cunho teórico, é desenvolver uma análise dos modelos de integração existentes, examinando a sinergia e contradições entre as três metodologias. O resultado deste trabalho deve incentivar novas pesquisas de integração destes modelos, além de permitir a compreensão dos fundamentos e propostas de cada um deles.

Palavras-chaves: TOC, Lean e Seis Sigma

1. INTRODUÇÃO

Para sobreviver no mundo dos negócios, as empresas devem criar vantagem competitiva sobre seus demais concorrentes, fazendo com que seus gestores sejam desafiados a estar continuamente melhorando suas operações, reduzindo os custos e buscando aumentar o faturamento da empresa. Neste contexto a Teoria das Restrições, a Produção Enxuta e o Seis Sigma vêm contribuindo para que diversas empresas se tornem mais competitivas e inovadoras. De uma forma geral, essas três metodologias estão entre as mais difundidas e aplicadas por empresas na atualidade, e o resultado são ganhos empresariais significativos, demonstrando a habilidade das empresas na gestão de seus negócios.

A Produção Enxuta (PE) é a tradução do termo *Lean Production* (LP). O termo *Lean* foi verbalizado no livro “A máquina que mudou o mundo” escrito por Womack, Jones e Ross (1996). O *Lean* é uma filosofia de negócio que tem como princípio a identificação do fluxo de valor, o estabelecimento de um fluxo contínuo de materiais e informações, a eliminação dos desperdícios e das atividades que não agregam valor, buscando a perfeição por meio da melhoria contínua.

De acordo com Rotondaro (2002), o Seis Sigma (SS), tradução de *Six Sigma* - SS, nasceu na Motorola no final dos anos 80 sob a influência de Joseph M. Juran e Willian E. Deming. Considerado como uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar a melhoria em produtos, processos e serviços, seu processo de aplicação consiste de uma metodologia estruturada, fortemente baseada na estatística, que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua, reduzindo custos, melhorando o processo de negócio como um todo.

A Teoria das Restrições (tradução de *Theory Of Constraints* - TOC) foi desenvolvida pelo físico israelense Dr. Elyahu M. Goldratt e seus primórdios remetem ao final da década de 70. A TOC ficou famosa e conhecida com o lançamento do *Best Seller* “A meta” (GOLDRATT; COX, 1984). Neste livro, escrito na forma de um romance, Goldratt enfatiza que a TOC é uma filosofia de gerenciamento baseada na abordagem sistêmica que visa atingir a melhoria contínua em suas organizações. Goldratt propõe uma nova filosofia de gerenciamento, diferente da tradicional gestão, com objetivo principal de maximizar os resultados operacionais e estratégicos da empresa.

Entretanto, literaturas mais recentes como Pirasteh e Farah (2006), Jacob, Bergland e Cox (2010), Moura (2010) e Pirasteh e Fox (2010) apontam que o uso integrado destas abordagens

podem trazer benefícios adicionais e resultados financeiros mais expressivos para a organização. Estes modelos integrados são denominados Modelos de Integração TLS (TOC, Lean e Seis Sigma) e é sobre a integração dessas abordagens que versa este trabalho, visando buscar respostas para as seguintes questões de pesquisas:

- Quais são os principais princípios que tornam estas abordagens complementares?
- Quais são os princípios que são antagônicos e que podem gerar conflitos?
- Quais são os fatores motivadores para se integrar as três metodologias?
- A aplicação da abordagem integrada pode trazer benefícios para as organizações?

Para tanto, este artigo é desenvolvido metodologicamente como uma pesquisa de cunho teórico, apresentando os modelos de integração existentes e alguns casos de sucessos, para, na seqüência, analisar e discutir os principais pontos comuns entre elas, assim como identificar as diferenças básicas identificadas, analisando o aspecto de complementaridade e antagonismo e os fatores motivadores para integrar as metodologias estudadas. Para sua confecção foram utilizadas diversas bases de dados, como Emerald, Direct Science, Scielo, Portal de periódicos da CAPES, sites de teses e dissertações das principais Universidades brasileiras e dos principais congressos da área de Engenharia de Produção. Contudo, poucos foram os trabalhos encontrados que trataram diretamente do tema aqui em estudo.

A realização desta pesquisa permite explorar as vantagens e desvantagens da integração das abordagens, a interatividade e complementaridade entre os métodos, e os limites e barreiras que limitam a integração de modo completo.

2. AS TRÊS METODOLOGIAS

A Teoria das Restrições, a Produção Enxuta e o Seis Sigma foram desenvolvidos sob a intenção de dar suporte à gestão das corporações, demarcando uma mudança conceitual importante na base da administração da produção. Cada método possui ferramentas e técnicas específicas que sustentam seus princípios, mas de um modo geral as três metodologias visam o aumento do lucro da empresa. E é cada vez mais comum a realização de estudos de casos em empresas que utilizam alguma das três abordagens, com uso efetivo de suas ferramentas.

Embora a TOC, LP e SS foram desenvolvidos por diferentes autores, há elementos presentes em seus conceitos fundamentais que são complementares, o que permite suprir a deficiência de cada método. Da mesma forma há elementos antagônicos que devem ser levados em consideração pela liderança da empresa. De um modo geral este tópico discorre

sinteticamente sobre esses fundamentos, as complementaridades e os antagonismos destas três metodologias.

2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A TOC é considerada por muitos como uma abordagem gerencial sistêmica inovadora. Para Goldratt (1984), seu idealizador, toda organização possui uma meta e esta pode ser entendida como ganhar dinheiro, cada vez mais, tanto agora como no futuro, garantindo a sobrevivência e competitividade da empresa. Mais recentemente, a declaração de qual é a meta de uma organização foi reformulada para “tornar uma companhia cada vez mais próspera” (*become an ever-flourishing company*) (GOLDRATT, 2010). Esse novo entendimento pode se desdobrar em outras condições necessárias, como “contínua e significativamente aumentar o valor para os empregados, clientes e acionistas da companhia” (FERNANDEZ, 2010).

Para alcançar este objetivo os gestores devem entender um dos princípios da TOC, que é o de simplicidade inerente ou princípio da convergência. Este princípio está relacionado à definição de que todo sistema possui uma simplicidade intrínseca a ele. Ou seja, todo sistema possui componentes que estão interligados por relações de causa e efeito, que convergem, sempre, a poucas causas comuns (causa raiz). Essas poucas causas comuns são definidas por Goldratt como Restrições, e estas governam o comportamento de todo o sistema (ALMEIDA; SOUZA; BATISTA; 2010).

Este princípio declara que dentro de cada sistema existe pelo menos uma restrição que limita a capacidade do sistema de atingir níveis mais elevados de desempenho. O ponto chave deste princípio é reconhecer que sempre existirão restrições em qualquer sistema, e o gerenciamento destes pontos chaves (foco) permitirá um controle mais eficaz ou melhores ganhos (WATSON; BLACKSTONE; GARDNER, 2007).

Para o efetivo gerenciamento das restrições, a TOC sugere cinco passos para desenvolver um processo efetivo de melhoria contínua:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema;
2. Decidir como explorar a(s) restrição(ões) do sistema;
3. Subordinar tudo o mais à decisão acima;
4. Elevar a(s) restrição(ões) do sistema;
5. Se num passo anterior uma restrição for quebrada, volte à primeira etapa.

2.2 PRODUÇÃO ENXUTA

De acordo com Liker (2005), o conceito e as técnicas da Produção Enxuta, surgiram no Japão, na fábrica da Toyota no final da década do ano de 1940. Sua origem foi resultante da necessidade de sobrevivência do mercado automobilístico japonês e da escassez de recursos daquela época. Taiichi Ohno, líder da Toyota foi o condutor desse processo de melhoria nas fábricas da empresa, que buscava superar o modelo americano de produção. O resultado foi a criação de um modelo de produção alternativo ao modelo de produção em massa, que posteriormente ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção.

Shingo (1996) enfatiza que em qualquer empresa existem desperdícios, isto é, atividades que consomem recursos, mas que não agregam valor ao cliente, sendo eles: Superprodução; Transporte; Processamento inapropriados; Movimentos desnecessários; Estoque; Defeitos; e Espera.

A solução para eliminar estes sete desperdícios é a aplicação do pensamento enxuto. De uma maneira geral, “o pensamento enxuto é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam” (WOMACK; JONES; ROSS, 1996, p.3). Para aplicação do pensamento enxuto os autores descrevem cinco passos para correta aplicação:

1. Determinar o Valor.
2. Identificar a Cadeia de Valor.
3. Fazer o valor fluir.
4. Puxar a Produção conforme a demanda do cliente.
5. Buscar a Perfeição.

2.3 SEIS SIGMA

De acordo com Werkema (2002), o Seis Sigma pode ser definido como uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, pois está fortemente baseada no uso da estatística. Esta metodologia ficou conhecida por aumentar a lucratividade da empresa mediante a melhoria da qualidade dos produtos através do método DFSS – *Design For Six Sigma* e melhoria de processos com o uso do modelo DMAIC – *Define, Measure, Analyze Improve e Control*, culminando no aumento da satisfação de seus clientes.

Pande, Neuman e Cavanagh (2001) ressaltam que o SS é um sistema flexível e abrangente, que tem como foco principal a satisfação do cliente, compreendendo suas necessidades por

meio do uso de fatos e dados, ferramentas de análises estatísticas, e pelas práticas de condução de melhoria dos processos de negócios.

Para Werkema (2002), existem dois tipos de causas de variação: 1) Causas comuns que provocam no efeito uma variação esperada ou previsível; 2) Causa especiais que provocam no efeito uma variação peculiar ou fora do esperado. Para eliminar ou reduzir esta variação do processo, o Seis Sigma utiliza uma abordagem estruturada para melhoria do processo, compreendendo as seguintes fases do processo DMAIC:

1. *Define*: Definir com precisão o escopo do projeto
2. *Measure*: Determinar a localização ou foco do problema
3. *Analyze*: Determinar as causas do problema prioritário
4. *Improve*: Propor, avaliar e implementar soluções para o problema prioritário
5. *Control*: Garantir que o alcance da meta seja mantido no longo prazo

2.4 COMPARAÇÕES, COMPLEMENTARIDADES E ANTAGONISMOS

Sucessos como os das empresas Toyota e General Eletric e o livro “A Meta” chamam a atenção da comunidade acadêmica e empresarial. Como visto, as três metodologias possuem métodos próprios para melhorar o desempenho da organização. Em um trabalho recente, Sproull (2010) realiza uma comparação dessas três metodologias, comparando-as em diversos aspectos, e sintetizada no Quadro 1.

Quadro 1: Comparações entre os programas de melhorias
Fonte: Sproull (2010)

	Seis Sigma	Lean	Teoria das Restrições
Teoria	Redução da variação e defeitos	Eliminação dos desperdícios	Gerenciamento das restrições
Foco	Foco no Problema	Foco no Fluxo	Restrições do sistema
Pressuposto	Um problema existe. Estatísticas e números são valorizados. A saída do sistema melhora se reduzirmos a variação em todos os processos.	Remoção da perda vai melhorar o desempenho do sistema. Muitas melhorias pequenas são melhores que análise sistêmica.	Ênfase na velocidade e no volume. Usa os sistemas existentes. Interdependência de processos.
Efeito primários	Padronização / processo uniforme	Redução do tempo de fluxo	Ganhos rápidos
Efeito secundário	Menos desperdícios Ganhos rápidos Menos inventários Flutuação - medidas de desempenho para gestores Melhoria da qualidade	Menos variação Padronização Menos inventários Novo sistema contabilístico Fluxo - medidas de desempenho para gestores. Melhoria da qualidade	Menos inventários / Desperdícios Contabilidade de ganhos Ganhos - Medidas de desempenho para gestores Melhoria da Qualidade
Críticas	Interação do sistema não considerada. Melhorias de processos de forma independente.	Estatística ou sistema de análise não é avaliado.	Mínimo trabalho inicial. Análise de dados não é avaliada.
Impacto financeiro	Redução do custo operacional	Redução do inventário e custo operacional	Melhorar os ganhos

Embora a TOC, o LP e o SS possuam princípios, características e ferramentas de diferentes origens, seus efeitos primários e secundários, na terminologia de Sproull (2010), causam impacto financeiro positivo.

O LP possui foco no fluxo, visando eliminar os desperdícios que não agregam valor ao cliente, possibilitando menos variação, maior qualidade, padronização e menos estoques. Possui ferramentas para resolução de problemas como o A3, propiciando melhorias no sistema de produção. O SS possui foco no problema, com objetivo de reduzir a variação e defeitos do processo, é embasado em ferramentas estatísticas e metodologias próprias para solução dos problemas, possibilitando a eliminação do problema na causa raiz, melhorando a qualidade, garantindo a padronização e mantendo o processo uniforme. A TOC possui foco na restrição do sistema, o gerenciamento da restrição possibilita obter melhorias sistêmicas, reduzindo inventários e possibilitando maiores ganhos. A TOC possui ferramentas específicas na resolução de problemas e formulação de estratégias e processo decisório.

Ao analisar isoladamente cada método, a organização poderá encontrar dificuldade em escolher em qual(ais) metodologia(s) deve se orientar e, qual(ais) podem(m) trazer maiores benefícios ao longo do tempo. No trabalho de Sproull (2010) são apresentadas também as forças e fraquezas de cada abordagem e ao analisá-las sob esta perspectiva é possível identificar lacunas que podem ser supridas pelas demais, caracterizando o efeito de complementaridade das metodologias. Tais complementares estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2: Complementaridade das três metodologias
Fonte: Sproull (2010)

	Lean	Seis Sigma	Teoria das Restrições
Forças	1- Proporciona uma estratégia apropriada para integrar melhorias através do mapeamento do fluxo de valor e o foco para maximizar a agregação de valor e redução do desperdício. 2- Promove diretamente e defende avanços radicais na inovação. 3- Ênfase na resposta rápida para oportunidades óbvias (apenas vá e faça). 4- Mudança de cultura e do trabalho local e resistência a mudança são suportadas pelo envolvimento direto da equipe em todos níveis hierárquicos.	1- O rigor e a disciplina da abordagem estatística são usados para resolver problemas complexos, visto que não podem ser solucionados pela simples intuição ou tentativa e erro. 2- A coleta de dados suporta os objetivos do business case, e confere apoio da gerência para obter recursos. 3- O foco na redução da variação direciona para a redução dos riscos e melhora a previsibilidade.	1- Promove a simplificação de processos e administração de recursos através do foco nas restrições para a gestão de um processo, bem como os esforços de melhoria (exploração). 2- Avalia todos os processos dentro de um contexto sistêmico para garantir que os recursos não estão limitados a capacidade das não restrições (o local de otimização do problema). 3- Distingue restrição política x física. 4- Promove direção apropriada na melhoria dos indicadores (Ganhos, inventário e custos operacionais).

Fraquezas	<p>1- Pode promover a tomada de riscos sem o equilíbrio razoável com a consequência.</p> <p>2- Pode não prover suficientes evidências dos benefícios do negócio perante uma gestão contábil tradicional.</p> <p>3- Tem limitação quando lida com problemas de interatividade complexas e recorrentes (usa a solução de problema por tentativa e erro).</p>	<p>1- Métodos estatísticos não são bem adequados para análise da integração do sistema. Pode-se calcular a o nível sigma para uma especificação do produto, mas não se pode ter certeza de como estabelecer o nível sigma para as interações dos processos e falhas.</p> <p>2- Forte dependência nos métodos estatístico, pois a natureza do processo é reativa, uma vez que requer uma repetição do processo para desenvolver tendências e níveis de confiança.</p> <p>3- O forte foco no processo estável pode levar a total aversão ao risco e poderá penalizar abordagens inovadoras que, pela sua natureza será instável e variável.</p>	<p>1- Muita ênfase na exploração da restrição pode levar a aceitar ou tolerar grandes perdas nos processos que não são restrições do sistema.</p> <p>2- Se o processo subjacente é fundamentalmente inadequado, não importa o quão bem gerido, ele pode não alcançara as metas e objetivos.</p> <p>3- Não trata diretamente da necessidade de mudança cultural. O processo de mudança da TOC é muito orientado tecnicamente e reconhece plenamente a necessidade das técnicas de TQM e outros métodos de melhoria.</p>
Complementaridade	<p>1- Força 3 do Seis Sigma</p> <p>2- Força 2 do Seis Sigma e Força 4 da TOC</p> <p>3- Força 1 do Seis Sigma e Força 3 da TOC</p>	<p>1- Força 1 do Lean e Força 2 da TOC.</p> <p>2- Força 2 do Lean e Força 3 do Lean.</p> <p>3- Força 2 do Lean.</p>	<p>1- Força 1 do Lean e Força 2 do Seis Sigma</p> <p>2- Força 2 do Lean</p> <p>3- Força 4 do Lean</p>

De acordo com o Quadro 2, as três metodologias possuem forças e fraquezas, de modo que a força de uma pode auxiliar na fraqueza de outra, complementando-a. Em síntese as três metodologias contribuem uma para outra da seguinte maneira: o LP auxilia na redução de perdas e na agregação de valor para o cliente, por meio das ferramentas de mapeamento de fluxo de valor, com um envolvimento em todos os níveis hierárquicos, o que facilita uma mudança cultural voltada à melhoria contínua; o SS auxilia na redução da variação, provendo estabilidade e previsibilidade do processo, pois possui um método estruturado e disciplinado com ferramentas estatísticas para tratativas de problemas complexos, tanto em melhoria de processos quanto novos produtos; a TOC, por sua vez, auxilia na identificação da restrição do sistema, ponto focal para todas as atividades de melhoria, direcionando os esforços do LP e SS, enquanto seu sistema de contabilidade de ganhos da TOC proporciona uma maneira apropriada para melhoria dos indicadores (ganho, inventário e custos operacionais).

Embora as combinações em pares ou em trios destas abordagens possam ser possíveis devido ao efeito da complementaridade (SPROUL, 2010, p.xxxiii), existem conflitos no que tange os princípios básicos de utilização de cada abordagem, podendo até surgir como barreiras que impossibilitem o seu uso integrado. Essas discordâncias são levantadas nos trabalhos de AGI (2009) e Bergland e Bergland (2009).

De acordo com AGI (2009), existem discordâncias entre o LP e a TOC em dois aspectos: comportamento de trabalho e sistema de reposição de materiais. Estas contradições se devem aos princípios de cada uma das metodologias, expostas a seguir.

A metodologia LP baseia-se no uso do cálculo do tempo *Takt*, que é a taxa de tempo necessária para produzir a demanda necessária do cliente e, em seguida, tenta equilibrar os

recursos e equipamentos com esta taxa. A capacidade de qualquer operação que seja excedente à quantidade para satisfazer a demanda é considerada desperdício. Deste modo é aplicado o pensamento enxuto para eliminar os desperdícios a fim de equilibrar a capacidade de modo que seja igual à demanda, ou seja, manter a capacidade do sistema balanceada.

Na metodologia TOC acredita-se que sempre existe uma restrição em cada sistema e a restrição é o fator limitante de capacidade de produção. Uma hora perdida na restrição é uma hora perdida para toda a organização. Tendo isto como premissa, no sistema haverá componentes com capacidade protetiva sobre a restrição, para garantir que a restrição seja explorada ao máximo. Este cenário caracteriza um sistema com capacidade desbalanceada.

Na Figura 1 é apresentada a diferença entre as capacidades e o respectivo sistema de reposição de materiais, de acordo com cada metodologia.

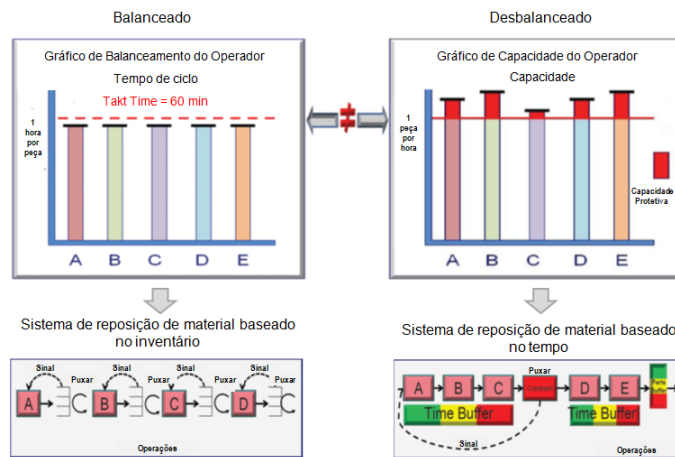


Figura 1: Capacidade balanceada x capacidade desbalanceada
Fonte: adaptado de AGI (2009)

No Quadro 3 são apresentados os antagonismos em relação ao comportamento de trabalho e o sistema de reposição de material, segundo Bergland e Bergland (2009).

Quadro 3: Antagonismos
Fonte: Bergland e Bergland (2009).

Balanceado	Desbalanceado
------------	---------------

Comportamento de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - O ciclo dos operadores obedece ao Tempo Takt. - Operações são melhoradas ao longo do tempo e balanceadas para atingir o Tempo Takt. - Isso pode levar a tentar melhorar alguma coisa ou tudo. - Capacidade excedente é visto como perda e é removida do sistema. - Operadores dedicados ao TAKT para cada fluxo de valor. - Requer demanda estável e demanda de trabalho repetitivo com pouca ou sem variação. - Remover variações pode ter custos significativos e despende muito tempo. - Variação em qualquer operação pode causar gargalos. - Requer operadores dedicados para tarefas específicas. - Gerenciamento de uma linha verdadeiramente equilibrada requer melhoria e foco em todos os recursos. - Melhoria sistêmica focada se torna difícil. - Proteção limitada do sistema a partir de qualquer variação no de processos, produtos, ou de demanda. - Foco ou gerenciamento da restrição pode mudar de uma forma imprevisível com a movimentação da restrição entre os centros de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> - A capacidade protetiva descreve a quantidade de capacidade instalada que é necessária para absorver a variação. - Todos os recursos de trabalho são direcionados para o desempenho do sistema. - A operação C é a restrição do sistema e tem capacidade protetiva para proteger a si mesmo. - As operações A & B tem capacidade protetiva para proteger a restrição. - As operações D & E tem capacidade protetiva para proteger o cliente. - O objetivo é conseguir confiabilidade, previsibilidade, e ganhos em relação ao processo, produto e variação da demanda. - Sistema capacitado, mesmo em aqueles pontos que têm uma variação significativa no processo, produto e demanda. - Rapidamente oferece ganhos confiáveis previsíveis. - Ganhos sistêmicos são protegidos do processo, produto e variação da demanda. Como variação é reduzida a quantidade de capacidade protetiva pode ser reduzida. - Foco no gerenciamento da restrição. - Facilidade de implantação de melhoria sistêmica.
Reposição de material	<ul style="list-style-type: none"> - Um sistema de sinais visuais (kanban) que desencadeia ou controla o fluxo de material. - Kanban sincroniza os processos de trabalho no sistema. - Limita o estoque em processo (WIP) no sistema. - O cartão de kanban informa: o que, quanto, quando e onde produzir. - Menos eficaz em ambientes com variabilidade na demanda e oferta de produtos diversos. - Normalmente existem níveis mais altos de WIP no sistema Kanban especialmente quando há muitas ofertas de produtos. - Tamanho do lote mínimo de reposição é fixo. - Tempo de reposição é imprevisível. - Mais dinheiro investido em estoques, proporcionando uma proteção altamente variável de disponibilidade de peças. - Desempenho do processo é menos previsível. - O foco é em peças na prateleira. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corda sinaliza a liberação de materiais no sistema, baseado na demanda de cliente dentro de um intervalo de tempo especificado. - Reduz o estoque em processo no sistema. - A maioria do estoque em processo se acumula na frente do tambor, protegendo-o sistema. - Os sinais de corda indicam quando e quanto material está sendo processado. - Vinculado a demanda real dos clientes em tempo real. - Mantém mínimos níveis de WIP. - Sistema baseado no tempo. - Corrige o intervalo de tempo e permite reordenar as variações no tamanho do lote. - Tem baixa variabilidade entre o tempo de demanda e o tempo da parte que é reordenada.

Entre o método balanceado (LP) e desbalanceado (TOC), há claras diferenças que impactam no comportamento de trabalho e reposição de material. O LP utiliza o sistema de Tempo Takt, kanban e Produção Puxada (baseada na demanda do cliente) enquanto a TOC utiliza o sistema Tambor Pulmão Corda (TPC) como método produtivo para ambientes que possuem restrição. De acordo com AGI (2010) o método balanceado (LP) funciona muito bem na ausência de variações de demanda, de tempo de processo e de mix de produtos. O método desbalanceado (TOC) normalmente é considerado como o melhor método para ambientes com variabilidades, e para AGI (2010), parece funcionar melhor em todos os ambientes.

Ainda segundo o mesmo autor, para integrar as três metodologias efetivamente, devem ser consideradas estas diferenças entre os métodos. Se o sistema for projetado como uma linha balanceada (LP), apenas dois dos cinco passos da TOC podem ser aplicados; o passo 1 (identificar) e passo 4 (elevar) da TOC, e estes passos devem ser aplicados continuamente a medida que uma nova variação ou restrição aparece. Entretanto se a organização deseja aplicar os cinco passos da TOC, devem optar por projeto de sistema desbalanceado. este caminho proporciona estabilidade ao sistema e melhoria do sistema global.

Além do efeito da complementaridade das três metodologias, Novaces (2011) elenca 12 razões para integrar a TOC com o LSS (Lean Seis Sigma), de modo a se obter uma força multiplicadora das metodologias. Dada a importância dessas razões expressa no trabalho de Novaces (2011), são expressas de forma integral, conforme a seguir:

1. Foco: Foco em tudo é sinônimo de não focar em nada. A TOC fornece um mecanismo de focalização para o LSS.
2. Alavancagem: Uma corrente é tão forte quanto seu elo mais fraco. A TOC concentra LSS no ponto de alavancagem máxima para todo o sistema global.
3. Perdas: Uma hora ganha em um recurso não gargalo é uma miragem. Se um dos objetivos do LSS é eliminar perdas, a TOC é necessária para evitar as perdas em se perseguir miragens.
4. Inércia: Não deixe que a inércia cause uma restrição no sistema. TOC pode ajudar o LSS na melhoria contínua, aproveitando a capacidade de responder dinamicamente as mudanças de condições e evitar a estagnação.
5. Risco: O que pode dar errado, vai dar errado. A TOC suporta o LSS com uma gestão robusta criada especificamente para combater os efeitos da Lei de Murphy.
6. Medição: Diga-me como me medes que te direi como me comportarei. Alinhar as medidas com o objetivo organizacional e harmonizar os incentivos para impulsionar o desejado comportamento real humano. TOC oferece o pré-requisito essencial para significativas métricas e direcionadores para as organizações que usam o LSS.
7. Conjunto de ferramentas: Quando você é bom com um martelo, tudo parece um prego. Deixe o problema definir a solução específica para cada ambiente único. Evite rendimentos decrescentes, devido a um conjunto de ferramentas incompleta. TOC contém uma série de aplicações especializadas adaptadas a diversos ambientes, como a logística da cadeia de suprimentos, finanças, estratégia, marketing e muito mais.
8. Analítica: A maioria da capacidade é oculta, porque nosso pensamento está enganado. TOC aplica técnicas de pensamento e de análise gráfica para aproveitar a intuição, resolver problemas e construir roteiros de melhoria de desempenho, que tem como objetivo alcançar a estabilidade, o crescimento do superávit e da prosperidade - salvaguardando contra a lei das conseqüências imprevistas.
9. Execução: Todas as iniciativas de melhoria de desempenho são projetos. Quando os projetos são mal executados, os benefícios são perdidos e as penalidades são incorridas, incluindo custos de oportunidade associados com o potencial de recursos

desperdiçados. O método Corrente Crítica de gerenciamento de projetos da TOC pode acelerar os projetos LSS.

10. **Ganha-Ganha:** Uma casa dividida contra si mesma não pode subsistir. As pessoas querem fazer o bem. Às vezes a nossa perspectiva do sistema fica no caminho. TOC promove uma cultura humanística, científica, abordagem ganha-ganha para a resolução de conflitos, onde as partes interessadas se beneficiem e resistência à mudança é minimizada, acelerando a taxa de adoção e melhorando a probabilidade de sucesso de esforços LSS.
11. **Sinergia:** Juntos somos mais fortes. TOC se esforça para reduzir a variabilidade, corrigir a causa raiz, aumentar o fluxo de valor, busca da perfeição e demolir silos organizacionais em sinergia com LSS.
12. **Resultados:** resultados imediatos significativos. Integração LSS com a TOC muitas vezes produz de 10 à 20 vezes retornos maiores do que os retornos com implementação do LSS isoladamente. Inúmeros estudos de caso de organizações em quase todos os setores, público e privado, provam a obtenção de resultados obtidos rapidamente com a junção da TOC.

A tradução destas 12 razões para se integrar a TOC com o Lean e Seis Sigma são representadas nas propostas de modelos de integração, que serão apresentados no próximo tópico.

3. MODELOS DE INTEGRAÇÃO

Poucos trabalhos foram desenvolvidos na linha de pensamento de integração dos programas TOC, LP e SS. Os trabalhos existentes são recentes e se resumem a apenas quatro modelos de integração, propostos por: Pirasteh e Fox (2010); Sproull (2010); AGI (2010) e Moura (2010). Os esforços destes autores foram significativos, assim como as contribuições de Hein e Kevin (1999), Moore e Scheinkopf (1998) e Dettmer (2001) na tentativa de integrar o LP com a TOC. Também se destacam os esforços de Ehie e Sheu (2005), Jin et al. (2009) e Herrera (2009), com a proposta de combinação SS e TOC. A combinação LP e SS, por sua vez, apresenta um maior nível de maturidade e sua utilização é mais tradicional e comum, sendo citada por diversas obras, como, por exemplo, em George (2002), George (2010), Taghizadegan (2006) e Gitlow (2009). Na seqüência serão descritos os modelos de integração TOC, LP e SS existentes.

3.1 MODELO EXCELÊNCIA 360°

O modelo desenvolvido por Moura (2010), denominado Excelência 360°, é uma proposta de integração entre TOC, LP e SS juntamente com Gestão Por Processos (GPP). A GPP foi incorporada ao modelo para que haja uma padronização integrada em toda a cadeia de negócio, evitando a administração “departamentalizada” da empresa.

De acordo com o autor, a junção das quatro metodologias definem o *know-how* (saber como) necessário para aplicações de melhoria. A metodologia Excelência 360° ainda requer dois elementos importante: o *know-why* (saber por que), que é um conjunto de valores, visão, missão da empresa e os indicadores chave de negócio; e o *know-what* (saber o que) que indicam os critérios de excelência a serem alcançados. A Figura 2 ilustra o modelo proposto.



Figura 2: Modelo de integração Excelência 360
Fonte: MOURA (2010)

3.2 MODELO iTLS®

Na tentativa de utilizar as três metodologias de modo sinérgico, Pirasteh e Fox (2010) apresenta um modelo de integração dos princípios das três metodologias. Neste modelo as etapas da TOC são aplicadas primeiramente para identificar e focar os esforços para obter uma otimização global e em seguida são aplicadas as etapas do LP e do SS, reduzindo as perdas e variações. A fase final do modelo termina com as etapas da TOC a fim de elevar a restrição e aumentar os ganhos, feito isto, há a possibilidade de uma nova restrição aparecer, assim deve ser concentrado novos esforços de melhoria para esta nova restrição do sistema, de modo que torne um ciclo contínuo de melhoria. Na Figura 3 é apresentado o modelo iTLS®, um modelo constituído de 7 fases que integram de forma sinérgica a LP, TOC e SS.



Figura 3: Os sete passos do Modelo iTLS®
 Fonte: adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

As 7 fases descrita pelos autores são definidas como:

1. **Mobilizar e focar:** Consiste em reunir esforços para encontrar o problema central através do uso de análise estruturada de causa e efeito e as ferramentas da TOC. Esta fase é a mais importante, porque ela determinará onde e como devem ser aplicados os esforços e quais serão os benefícios ou retornos esperados.
2. **Explorar a restrição:** Após identificada a restrição, deve ser analisado o melhor método para explorar a restrição, para executar esta fase o modelo proposto sugere uma série de ferramentas do Lean.
3. **Eliminar as fontes de desperdícios:** Nesta fase é utilizado as ferramentas do Lean para identificar outras maneiras de aumentar ainda mais o rendimento e reduzir as despesas operacionais, inventários e investimentos.
4. **Controlar a variação do processo:** Implantar controles e indicadores com o uso das ferramentas do Seis Sigma, de modo que as variações do processo sejam controladas.
5. **Controlar as atividades de suporte:** São as etapas necessárias para alinhar e sincronizar os processos anteriores e posteriores a restrição, nesta fase é usado as ferramentas do SS, mas o mais importante são as medidas que estimulem ações que estejam alinhadas com as necessidades da restrição, ao invés de aplicar em outros pontos para se obter eficiências locais.
6. **Remover a restrição e estabilizar:** Embora haja técnicas específicas (LP) para ajudar a manter o processo controlado, a chave para manter o processo estável e controlado consistem em educar e treinar os funcionários para compreender a voz do cliente e do processo.
7. **Reavaliar o sistema:** Consiste em avaliar o desempenho do sistema e procurar por uma nova restrição (TOC), a fim de se obter melhores resultados ou ganhos no sistema.

3.3 MODELO UIC

O Modelo UIC (Ultimate Improvement Cycle, do português Último Ciclo de Melhoria), desenvolvido por Sproull (2010), possui diferenças significativas quando comparado com o modelo de iTLS® de Pirasteh e Fox (2010). Este modelo combina o poder dos ciclos de melhoria do Lean, Seis Sigma e Teoria das Restrições para uma forma mais poderosa e rentável de estratégia de melhoria. As estratégias, ferramentas, princípios, técnicas e métodos são sinergicamente integradas. Segundo o autor, o modelo não é uma coleção de ferramentas e técnicas, mas sim uma estratégia de manufatura viável e prática que foca recursos na área que irá gerar o maior retorno sobre o investimento. O modelo proposto por Sproull (2010) é apresentado na Figura 4.

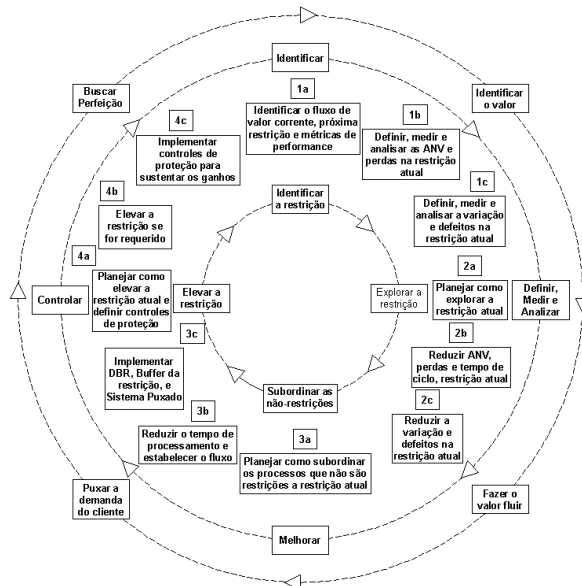


Figura 4: The UIC process,
Fonte: adaptado de Sproull (2010)

O modelo é desenvolvido em forma cíclica, em que as três metodologias são integradas de modo que cada passo atinja o resultado esperado. Estes passos são descritos a seguir:

1. Identificar, Definir, Medir e Analisar o Processo: Esta etapa serve para caracterizar o fluxo de valor, identificando quais são as restrições que limitam todo o potencial do processo, definindo valor, as fontes de perdas, localizando e medindo as fontes potenciais de defeitos e variações.
2. Criar estabilidade: Nesta fase deve ser feita simultaneamente a melhoria e estabilização do processo. A estabilidade refere-se a obter um processo mais confiável,

previsível e consistente. Para atingir este estado esta etapa é dedicada a reduzir perdas e variações.

3. Criar fluxo e puxar: A terceira etapa tem objetivo de otimizar o fluxo de materiais, informações e produtos em todo o processo. Nesta fase surgiram problemas que irão tentar inibir a consistência do fluxo, para sustentar esta etapa é necessário parar e resolver os problemas que surgirem.
4. Controlar o processo para sustentar os ganhos: Esta fase visa aumentar a capacidade da restrição, o quanto for necessário e assegurar que todas as mudanças feitas e melhorias realizadas não serão desperdiçadas.

3.4 MODELO TOCLSS

O modelo TOCLSS não foi desenvolvido pelo Dr. Goldratt, mas sim pelo Instituto AGI (2010). Entretanto, ainda que sem enfatizar alguma proposta de integração, Goldratt (2009) demonstra que as técnicas desenvolvidas pela TOC e pelo LP para a gestão de fluxo seguem os mesmos conceitos fundamentais voltados à cadeia de suprimentos.

O modelo TOCLSS (Figura 5) possui uma arquitetura modelada em duas arquiteturas: Arquitetura do Sistema Baseada na Restrição, que tem por objetivo de produzir um sistema em que os processos de negócios são concebidos, alinhados e operados de uma maneira estável e previsível; Arquitetura de Melhoria baseado no TOCLSS, que utiliza a sinergia de TOC, Lean e Six Sigma para atingir uma melhoria de forma coerente e sistêmica, algo que não poderia ser alcançado se usar as metodologias isoladamente.

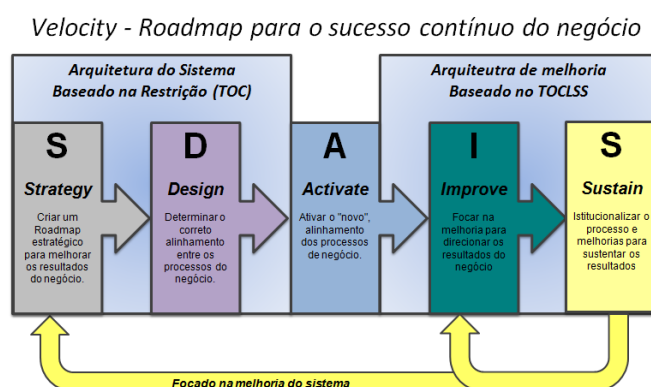


Figura 5: Modelo de integração TOCLSS.

Fonte: adaptado de AGI (2009)

O *Roadmap* do modelo TOCLSS, segundo AGI (2010), é constituído de 5 fases, sendo elas:

1. *Strategy* (Estratégia): Esta fase é destinada a definir uma estratégia clara e coerente para definir uma rota para melhorar os resultados do negócio. Este processo consiste

em utilizar o processo de estratégia da TOC que é baseado na utilização da lógica de causa e efeito para entender os principais conflitos na organização, validar os conflitos e projetar uma realidade futura que elimina o conflito. A lógica de causa e efeito é útil para identificar as interdependências dos processos e saber exatamente qual é a restrição do sistema que o limita a ter melhores ganhos (princípio da simplicidade inerente), para se obter uma melhoria global ao invés de melhorias isoladas.

2. *Design* (Projetar): Nesta fase é definido o processo de reconfiguração das políticas, medidas, papéis e responsabilidades e sistemas de informação no contexto de soluções de gerenciamento de restrição da TOC. Nesta fase os líderes devem alinhar seus processos estratégicos de negócios para alcançar os resultados finais desejados.
3. *Activate* (Ativar): Essa fase é dedicada à aplicação e ativação da fase anterior definida, ou seja, as políticas recentemente definidas, medidas, papéis e responsabilidades, sistemas de informação e ferramentas de gerenciamento de execução são implementadas para tornar o projeto operacional.
4. *Improve* (Melhorar): Quando o sistema operacional se torna mais estável, são dedicados esforços de melhoria voltados para impulsionar o sistema operacional para atingir os objetivos estratégicos identificados na fase de estratégia. Os esforços de melhoria são aplicados com intenção de aumentar os ganhos, reduzir estoques e despesas operacionais e melhorar o desempenho geral do sistema. Nesta fase existem diversas ferramentas do LP (5S, SMED, TPM, Poka Yoke etc.) e SS (Cartas de controle, estudo de capacidade, DOE etc.) que podem ser aplicadas para conduzir melhorias.
5. *Sustain* (Sustentar): Manter os ativos organizacionais, documentando as etapas anteriores, de modo que a organização possa rever os resultados principais, para avaliar e instituir políticas, medidas e comportamentos para garantir que os resultados são sustentados e não se degradam.

4. CASOS DE SUCESSOS

A literatura menciona alguns casos de aplicação dos modelos de integração mencionados, os quais são resumidamente apresentados na sequência.

- Modelo Excelência 360°: um caso relatado em Moura (2010) é o da empresa Aglomerados Cotopaxi S.A – ACOSA, no Equador. Aplicando este modelo e utilizando as fases *know-*

what; know-why; know-how, já no primeiro ano de implementação foi obtido um retorno de 7:1 sobre o investimento e um aumento na margem bruta de 40%.

- Modelo iTLS®: o estudo de caso realizado por Pirasteh e Farah (2006) evidencia os relevantes resultados do uso integrado das abordagens. O estudo foi realizado em um total de 21 plantas, sendo 11 plantas aplicando o SS, 4 aplicando o LP, e 6 aplicando o iTLS®. O percentual de economias foi de 89% quando utilizada de forma combinada.

Outro caso importante de aplicação do iTLS® foi reportado no trabalho de Fonseca et al. (2009). O iTLS® foi implementado na Usina de Beneficiamento da Jacobina Mineração e Comércio (JMC), empresa do grupo Yamana. Nesta aplicação o projeto obteve resultados expressivos, gerando uma economia de US\$ 980.770,00 e redução de 14% do teor de rejeito do minério de ouro, que passou de 0,14 para 0,12 gramas por tonelada mensais.

Outra aplicação do iTLS® no Brasil ocorreu na Votorantin Mineração, o modelo foi utilizado para sincronizar a produção com os níveis de capacidade disponíveis e estabilizar o processo em cinco plantas, obtendo ritmo de entrega constante, foco nos elementos críticos do sistema, gerenciamento dos pulmões, eliminação das perdas, redução da variabilidade, aumento do OEE de 93% para 95% e recuperação de resíduos de 86% para 90.5% (PIRASTEH; FOX 2010).

- Modelo UIC: uma aplicação do modelo UIC é apresentada no livro “*Epiphanized: Integrating Theory of Constraints, Lean and Six Sigma*”, de Sproull e Nelson (2012). Escrito em forma de romance de negócios, conta a história da transformação de uma empresa através do modelo UIC para cumprir as datas de entregas para os clientes e melhorar as margens de lucro da empresa.

- Modelo TOCLSS: a utilização do modelo é apresentado no livro “na velocidade da luz” de Jacob, Bergland e Cox (2010). Também escrito na forma de romance empresarial, o livro conta a história de uma presidente de uma empresa que tem o desafio de implantar o Lean Seis Sigma para melhoria da gestão da empresa. Após tentativas sem sucessos, os personagens passam a entender a importância de se enxergar a restrição do sistema, aplicando as ferramentas da TOC. No decorrer da história, o sucesso empresarial só se torna factível após a implantação de um modelo que integrasse o Lean Seis Sigma com a TOC.

AGI (2011) apresentam dois estudos de casos do modelo TOCLSS, sendo eles: aplicação do modelo na empresa Republic Industries International, com o objetivo de melhorar o gerenciamento dos processos operacionais, melhorando a capacidade da empresa em atender a demanda dos clientes de forma mais ágil, obtendo redução de 40% de estoque em processo e

aumento de 27% em quantidade de produtos acabados; aplicação do modelo na empresa Naval Aviation Enterprise, visando alcançar prontidão para a entrega de serviços, reduzir as despesas operacionais e o inventário, obtendo resultados com projeções de redução de 10% a 46% de horas de trabalho direta, redução de 7% a 36% de custo para o cliente e redução de 62% a 92% no tempo de reposição de materiais.

5. ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos anos, as metodologias TOC, LP e SS vêm contribuindo para as empresas que as adotam, na criação de vantagem competitiva pra sobrevivência no mundo dos negócios. Embora desenvolvida por diferentes autores, e tendo diferentes origens, essas três abordagens quando aplicada de forma isolada trazem benefícios para as empresas que as fazem o uso. Como visto nos tópicos anteriores, as três metodologias são as mais utilizadas pelas organizações, entretanto conforme demonstrado, estudos revelam que as três abordagens possuem forças e fraquezas e que estas podem se interagir e suprir as deficiências de cada uma. A partir deste princípio, algumas pesquisas vêm buscando integrar esses métodos em pares ou em trios para tentar obter melhores resultados.

A combinação do LP e SS é mais consolidada e conhecida pelas empresas e pesquisadores, tendo um grande numero de publicações de livros e grande número de empresas especializadas em consultoria que exploram estas abordagens.

A integração do LP com a TOC, por sua vez, possui alguns pontos divergentes que precisam ser convenientemente tratados para que sua integração se torne viável. Especificamente no que tange à forma de gerenciar sistemas de produção, o LP preconiza um sistema balanceado, enquanto a TOC se fundamenta na noção que todo sistema deve possuir uma restrição que controla e restringe o fluxo, caracterizando um sistema desbalanceado. As diferenças destas duas abordagens mostram que a integração não pode ser realizada de modo integralmente completo, de forma que o gestor deve fazer escolhas e decidir qual o melhor tipo de sistema de produção adequado a cada ambiente.

As pesquisas realizadas apontaram que a integração da TOC com o SS é pouco explorada, tanto em empresas como em pesquisas científicas.

A integração TLS (TOC, LP e SS) vem sendo explorada nos últimos anos por empresas e pesquisadores. O desafio de integrar o melhor destes três mundos em um modelo único de gestão resultaram em modelos de integração, que visam buscar a sinergia da integração das três metodologias, bem como resolver as contradições que há entre elas. No que se refere à

questão da aplicabilidade de uma abordagem integrada, mesmo com os resultados e benefícios até aqui relatados pela literatura, a adoção integrada destas abordagens não ocorre na mesma velocidade que a sua utilização de forma isolada.

A busca pela melhoria contínua e por vantagens competitivas vem incentivando empresas e pesquisadores a desenvolverem novos métodos ou novas abordagens de gestão. Partindo-se da hipótese que metodologias isoladas dificilmente responderiam a todas as demandas organizacionais, integrar sinergicamente tais metodologias, potencializando seus pontos positivos e preenchendo suas lacunas, pode ser uma forma efetiva de se construir e aplicar novas abordagens de gestão empresarial. Este trabalho, de cunho exploratório, procurou sistematizar os conhecimentos atualmente disponíveis para integração da TOC, LP e SS, mostrando ao mesmo tempo as potencialidades que seu uso pode trazer e a incipiência de pesquisas e relatos sobre o tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. V.; SOUZA, F. B.; BAPTISTA, H. R. **Toyota e TOC: uma comparação com base em seus princípios fundamentais**. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2010, São Paulo... Anais. São Paulo: SIMPOI, 2010.

AGI. **Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance**, White paper, 2009, disponível em: www.goldratt.com. Acesso em: jan. 2012.

AGI. **Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance**. In: COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. (Org.) *Theory Of Constraints Handbook*. New York: McGraw-Hill, 2010.

AGI. **Velocity Case Studies**, 2011, disponível em: www.goldratt.com. Acesso em: jan. 2012.

BERGLAND, S.; BERGLAND, D. **Creating Perfect Harmony - How to solve the discords of TOC and LSS**, In: Theory Of Constraints International Certification Organization Conference, 2009, Tokyo. Proceedings... Tokyo: TOCICO, 2009.

DETTMER, H. W. **Beyond Lean manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for higher performance**. US: Port Angeles, 2001.

EHIE, I., SHEU, C. Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.16, n°5, p. 542-553, 2005.

- FERNANDEZ, A. **Experiences implementing TOC in Operations.** In: LEADER, A. H. (Org.). **TOC for production management.** Stantetova, Eslovênia: Impress, 2010, p. 168-193.
- FONSECA, A. et al. Gerenciamento da Usina de Beneficiamento sob uma Visão Multidisciplinar. **Revista Mineiros.** 2009, disponível em www.revistaminerios.com.br . Acesso em: jan. 2012.
- GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma: combining Six Sigma with Lean Production Speed.** Ohio: MCGraw-Hill, 2002.
- GEORGE, M. O. **The Lean Six Sigma guide to doing more with less: Cut costs, reduce waste, and lower your overhead.** New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2010.
- GITLOW, H. S. **A guide to Lean Six Sigma Management Skills,** New York: CRC Press, 2009.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta.** São Paulo: Educator, 1984.
- GOLDRATT, E.M. Standing on the Shoulders of Giants – Production concepts versus production applications: The Hitachi Tool Engineering example. **Revista Gestão & Produção,** v.16, No. 3, p. 333-343, 2009.
- GOLDRATT, E. M. **What is TOC?** In: COX III, J. F.; SCHLEIER, J. G. (Org.). **Theory of Constraints Handbook.** New York: McGraw-Hill, 2010, p. 3-12.
- HEIN, KEVIN. **Creating continous improvemet synergy with Lean and TOC.** Quality Congress. ASQ's. Annual Quality Congress Proceedings. 1999. p. 543-550
- HERRERA, A. D. **Integrating the Theory Of Constraints and Six Sigma in a Manufacturing improvement process.** 2009. 67p. Dissertação de mestrado. Texas A&M University-Kingsville, Texas.
- JACOB, D.; BERGLAND, S.; COX, J. **Na velocidade da luz: Como integrar a manufatura Lean, o Six Sigma e a Teoria das Restrições para atingir uma performance extraordinária.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- JIN, K. et al. **Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement.** World Academy Science, Engineering and Technology, n.49, p.550-554, 2009.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

- MOORE, R., SCHEINKOPF, L. **“Theory of Constraints and Lean Manufacturing: Friends or Foes?”**, (Unpublished paper) Chesapeake Consulting, Inc. p. 1-37, 1998. Disponível em: www.chesapeak.com . Acesso em: jan. 2012.
- MOURA, Eduardo C. **The Need to Integrate TOC, Lean, Six Sigma and Management by Processes**. In: Theory Of Constraints International Certification Organization Conference, 2010, Las Vegas. Proceedings... Las Vegas: TOCICO, 2010.
- NOVACES. **The top 12 reasons to integrate Constraints Management (TOC) into Lean Six Sigma as a force multiplier** (Unpublish paper) Novaces Consulting, 2011. Disponível em: www.novaces.com . Acesso em: jan. de 2012.
- PANDE, P.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- PIRASTEH, R.; FARAH, K. **Continuous Improvement Trio: The Top Elements of TOC, Lean, and Six Sigma Make Beautiful Music Together**. APICS, Mai, p. 31-36, 2006.
- PIRASTEH, R. M.; FOX, R. E. **Profitability With no Boundaries: Focus, reduce waste, contain variability, optimize TOC, Lean, Six Sigma Results**. Wisconsin: ASQ Quality Press, 2010
- ROTONDARO, R. G. et al. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para 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**. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SPROULL, B. **The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the integration of Lean, Six Sigma and Theory of Constraints**. New York: CRC Press, 2010.
- SPROULL, B.; NELSON, B. **Epiphanized: Integrating Theory of Constraints, Lean and Six Sigma**. New York: North River Press, 2012.
- TAGHIZADEGAN, S. **Essentials of Lean Six Sigma**. Burlington: Elsevier, 2006.
- WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H.; GARDINER, S. C. The Evolution of a management philosophy: The theory of constraints. **Journal of Operations Management** v.25, p.387-402, 2007.
- WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura seis sigma**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- WOMACK, J. P.; JONES D. T., ROOS D. **A máquina que mudou o mundo**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.

