

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LUCIANO ITIO OKIMURA

**UMA EXPLORAÇÃO DOS MODELOS DE USO INTEGRADO DA TEORIA
DAS RESTRIÇÕES, PRODUÇÃO ENXUTA E SEIS SIGMA**

**BAURU
2013**

LUCIANO ITIO OKIMURA

**UMA EXPLORAÇÃO DOS MODELOS DE USO INTEGRADO DA TEORIA
DAS RESTRIÇÕES, PRODUÇÃO ENXUTA E SEIS SIGMA**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Área de Concentração:
Gestão de Operações e Sistemas**

**Orientador:
Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza**

BAURU

2013

Okimura, Luciano Itio.

Uma exploração dos modelos de uso integrado da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma. / Luciano Itio Okimura, 2013
203 f.

Orientador: Fernando Bernardi de Souza


Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2013

1. Teoria das Restrições. 2. Produção Enxuta. 3. Seis Sigma. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE LUCIANO ITIO OKIMURA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 09 dias do mês de agosto do ano de 2013, às 14:00 horas, no(a) ANFITEATRO DA SEÇÃO TÉCNICA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. GILBERTO MILLER DEVOS GANGA do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia - UFSCar, Prof. Dr. DANIEL JUGEND do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de LUCIANO ITIO OKIMURA, intitulado "ANÁLISE TEÓRICA DO USO INTEGRADO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES, PRODUÇÃO ENXUTA E SEIS SIGMA". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA


Prof. Dr. GILBERTO MILLER DEVOS GANGA


Prof. Dr. DANIEL JUGEND

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

A BANCA EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DO ALUNO: LUCIANO ITIO OKIMURA

DE: "ANÁLISE TEÓRICA DO USO INTEGRADO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES, PRODUÇÃO ENXUTA E SEIS SIGMA"

PARA:

Uma exploração dos modelos de uso integrado da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma

Bauru, 09 de agosto de 2013.

Fernando Bernardi de Souza
Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza
Orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por proporcionar esta oportunidade e suprir qualquer necessidade pela qual tenha passado.

Ao Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza, pelo esforço em conduzir a orientação necessária para que este trabalho pudesse ser concluído.

Ao Prof. Dr. Renato de Campos que em vários momentos sanou as dúvidas referentes a atividades de pesquisa.

Aos Professores Dr. Daniel Jugend, Ana Beatriz Lopes de Souza Jabbour e Gilberto Miller Devos Ganga que participaram do Exame de Qualificação e Defesa, e que contribuíram com a qualidade deste trabalho.

Aos Professores do departamento de Engenharia de Produção que proporcionaram agradáveis momentos de aprendizado.

A minha família que deu todo apoio necessário para que pudesse concluir mais esta etapa.

A minha namorada Noemi Patrícia Fujii que proporcionou incentivo e carinho para que chegasse até aqui.

A empresa Máquinas Agrícolas Jacto por investir em mais uma qualificação concluída.

RESUMO

Tendo como base o reconhecimento que os métodos Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC), Produção Enxuta (*Lean Production* – LP) e o Seis Sigma (*Six Sigma* - SS) possuem características complementares que podem potencializá-los quando utilizados em conjunto, algumas empresas relatam experiências de aplicação concomitante destes métodos. Entretanto, o desafio de obter melhores resultados levaram pesquisadores e profissionais a buscarem melhores soluções, resultando, entre outras, em iniciativas de integração. Conhecidas como Integração TLS, estas iniciativas vêm procurando encontrar soluções que permitam compatibilizar características muitas vezes conflitantes entre elas, encontrando um modelo que as unifiquem. O objetivo principal deste trabalho é realizar uma pesquisa de cunho fundamentalmente teórico que investigue tais modelos, avaliando suas características e identificando como tal integração foi viabilizada. A pesquisa teórica é complementada por uma pesquisa de campo com a aplicação de questionários para os autores dos modelos de integração, para as empresas que realizam a implantação dos modelos de integração e para as empresas praticantes da Integração TLS. Esta pesquisa foi direcionada para avaliação dos cinco modelos existentes de Integração TLS, não considerando eventuais integrações com outros métodos de gestão. Também se buscou encontrar na literatura relatos de casos de aplicações destes modelos. Cinco modelos foram identificados, nos quais se constatou que a base de todos eles é a proposição de um processo focalizado de melhoria contínua, com papéis bem definidos para cada método que os constitui. Ao final da pesquisa teórica e pesquisa de campo é proposto um modelo de Integração TLS, concretizando as etapas do método de pesquisa de desenvolvimento teórico conceitual.

Palavras chave: Teoria das Restrições, Produção Enxuta, Seis Sigma, Integração TLS.

ABSTRACT

Based on the recognition that the methods Theory of Constraints (TOC), Lean Production (LP) and Six Sigma (SS) have complementary characteristics that can empower them when used together, some companies report these experiences concomitant application method. However, the challenge of getting better results led researchers and practitioners to seek better solutions, resulting, among others, in integration initiatives. Integration known as TLS, these initiatives are seeking to find solutions to reconcile often conflicting features between them, finding a model that unify. The main objective of this paper is to research largely theoretical slant to investigate such models, assessing their characteristics and identifying how such integration was made possible. Theoretical research is complemented by a field survey with questionnaires to the authors of integration models for companies that perform the deployment and integration models for business practitioners Integration TLS. This research was conducted to evaluate the five existing models Integration TLS, without considering future integration with other management methods. We also sought to find in the literature reports of applications of these models. Five models were identified, of which it was found that the basis of all of them is the proposition of a focused continuous process improvement, with well-defined roles for each method that is. At the end of the theoretical research and field research is proposed a model of integration TLS, implementing the steps of the method of theoretical conceptual development research.

Keywords: Theory of constraints, Lean Production, Six Sigma, Models of Integration, Integration TLS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quantidade de publicações sobre o objeto de pesquisa Lean	17
Figura 2: Quantidade de publicações sobre o tema Seis Sigma	18
Figura 3: Quantidade de publicações sobre o tema Teoria das Restrições.....	18
Figura 4: Métodos de Melhoria em uso.....	19
Figura 5: Percentual de contribuição no total de savings realizados.....	20
Figura 6: Quantidade de publicações sobre o tema TLS	22
Figura 7: Objetivos da revisão da literatura.....	28
Figura 8: Curvas de crescimento e de estabilidade.....	32
Figura 9: Modelo Toyota 2001	38
Figura 10: "4Ps" do Modelo Toyota.....	38
Figura 11: Composição das atividades	41
Figura 12: Distribuição normal e desvios padrão	46
Figura 13: Tradução do nível sigma para a linguagem financeira	47
Figura 14: Quantidade de publicações sobre o tema TOC e LP.....	53
Figura 15: Modelo de integração TOC e LP	55
Figura 16: Modelo de integração TOC e LP	55
Figura 17: Quantidade de publicações sobre o tema TOC e SS.....	58
Figura 18: Modelo de integração TOC e SS	59
Figura 19: Modelo de integração TOC e SS	61
Figura 20: Modelo de integração TOC e SS	62
Figura 21: Quantidade de publicações sobre o tema LP e SS	65
Figura 22: Comparação LP, SS e Lean Seis Sigma.....	66
Figura 23: Modelo integração LP e SS.....	67
Figura 24: Capacidade balanceada x capacidade desbalanceada	78
Figura 25: Ética do Papa Léguas x Takt Time	80
Figura 26: Sinal da Corda x Sinal do Kanban	81
Figura 27: Reposição baseada no tempo x Reposição baseada na quantidade.....	83
Figura 28: Modelo de integração Excelência	88
Figura 29: Modelo de integração Excelência	89
Figura 30: Junção dos 3 métodos no Modelo TLS.....	89
Figura 31: Os sete passos do Modelo iTLS®	90
Figura 32: Os sete passos do Modelo iTLS®	90

Figura 33: Modelo de integração iTLS [®]	92
Figura 34: Modelo de integração UIC [®]	93
Figura 35: Modelo de integração TOCLSS [®]	95
Figura 36: Modelo de interação 7BG [®]	97
Figura 37: IO Map do TLS	109
Figura 38: Modelo conceitual da pesquisa	125
Figura 39: Instrumentos de coleta de dados utilizados.....	126
Figura 40: Integração dos métodos.....	137
Figura 41: Proposta de modelo de Integração TLS	161

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resultados da Pesquisa Scopus	21
Quadro 2: Ferramentas da TOC.....	34
Quadro 3: Ferramentas da LP	43
Quadro 4: Ferramentas usadas nas fases do DMAIC	49
Quadro 5: Ferramentas usadas no Seis Sigma.....	50
Quadro 6: Comparações entre LP e TOC	53
Quadro 7: Diferenças entre LP e TOC	54
Quadro 8: Publicações relevantes sobre o tema Integração TOC e LP	56
Quadro 9: Comparação e contrastes entre TOC e SS.....	58
Quadro 10: Publicações relevantes sobre o tema Integração TOC e SS	64
Quadro 11: Sinergias entre LP e SS	65
Quadro 12: Publicações relevantes sobre o tema Integração LP e SS.....	68
Quadro 13: Publicações sobre Integração TLS	69
Quadro 14: Teses e dissertações sobre Integração TLS	72
Quadro 15: Comparações entre os métodos de melhorias.....	73
Quadro 16: Comparações entre os programas de melhorias	74
Quadro 17: Comparações entre os métodos de melhorias.....	75
Quadro 18: Complementaridade dos três métodos.....	77
Quadro 19: Discordância entre os métodos	78
Quadro 20: Benefícios dos quatro métodos.....	87
Quadro 21: Comparação Lean, Seis Sigma e iTLS®	100
Quadro 22: Autores, modelos e utilização da Integração TLS.....	117
Quadro 23: Classificação da pesquisa	121
Quadro 24: Fases de realização da pesquisa.....	123
Quadro 25: Composição da amostra inicial.....	128
Quadro 26: Identificação dos respondentes dos questionários.....	128
Quadro 27: Documentos de publicações de cases de utilização do método integrado.....	130
Quadro 28: Protocolo de Pesquisa.....	131
Quadro 29: Princípios que cada método se apoia.....	136
Quadro 30: Passos de cada modelos de integração TLS	137
Quadro 31: Contradições existentes na integração TLS.....	138
Quadro 32: Casos publicados de Integração TLS	140

Quadro 33: Tempo de experiência dos autores de TLS	141
Quadro 34: Estratégia de implantação.....	142
Quadro 35: Aplicação e resultados esperados do TLS	143
Quadro 36: Utilização dos modelos TLS	144
Quadro 37: Premissas ou requisitos necessários para a integração TLS.....	145
Quadro 38: Conflitos inrentes a integração TLS	146
Quadro 39: Formação de equipe e treinamento.....	147
Quadro 40: Tempo de implantação dos modelos de Integração TLS.....	148
Quadro 41: Dificuldades de implantação dos modelos na perspectiva das empresas de consultoria	149
Quadro 42: Caracterização dos métodos de integração TLS.....	150
Quadro 43: Processo de mudança.....	151
Quadro 44: Seis camadas de resistência à mudança.....	151
Quadro 45: Caracterização das empresas	152
Quadro 46: Sumário pesquisa teórica.....	157
Quadro 47: Sumário pesquisa de campo	158

LISTA DE ABREVIACOES

ANOVA: Análise de Variância
BMP: Business Management Process
CCPM: Critical Chain Project Management
CEP: Controle Estatístico do Processo
CPM: Critical Path Method
CTQ: Critical To Quality
DOE: Design of Experiments
DPMO: Defects Per Million Opportunities
FMEA: Failure Mode and Effect Analysis
GP: Gerenciamento do Pulmão
GPP: Gestão Por Processos
JIT: Just In Time
LP: Lean Production
LM: Lean Manufacturing
LSS: Lean Seis Sigma
OCAP: Out of Control Action Plan
OPT: Optimized Production Technology
PDCA: Plan, Do, Check and Action
S&T: rvore de Estratégias e Táticas
SIPOC: Supplier, Input, Process, Output and Customer
SS: Six Sigma
TLS: TOC, Lean e Seis Sigma
TOC: Theory Of Constraints
TPC: Tambor Pulmão Corda
TPC-S: Tambor Pulmão Corda Simplificado
TPM: Total Productive Maintenance
TTR - Time to Reliably Replenish
VOC: Voice Of Customer
VSM: Value Stream Mapping
WIP: Work In Process

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	20
1.2 OBJETIVO	22
1.3 JUSTIFICATIVA	23
1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....	25
1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	25
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	26
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	28
2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	29
2.1.1 Fundamentos	29
2.1.2 Ferramentas e técnicas	32
2.2 PRODUÇÃO ENXUTA.....	36
2.2.1 Fundamentos	36
2.2.2 Ferramentas e técnicas	40
2.3 SEIS SIGMA	45
2.3.1 Fundamentos	46
2.3.2 Ferramentas e técnicas	47
2.4 INTEGRAÇÃO	52
2.4.1 Integração da Teoria das Restrições e Produção Enxuta.....	52
2.4.2 Integração da Teoria das Restrições e Seis Sigma	57
2.4.3 Integração da Produção Enxuta e Seis Sigma	64
2.4.4 Integração da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma.....	69
2.5 MODELOS DE INTEGRAÇÃO TLS.....	86
2.5.1 Modelo Excelência 360 [®]	86
2.5.2 Modelo iTLS [®]	89

2.5.3 Modelo UIC [®]	92
2.5.4 Modelo TOCLSS [®]	94
2.5.5 Modelo 7BG [®]	96
2.6 CASOS DE APLICAÇÃO DOS MODELOS DE INTEGRAÇÃO TLS.....	98
2.6.1 Casos de aplicação do Modelo Excelência 360 ^o [®]	98
2.6.2 Casos de aplicação do Modelo iTLS [®]	99
2.6.3 Casos de aplicação do Modelo UIC [®]	107
2.6.4 Casos de aplicação do Modelo TOCLSS [®]	110
2.6.5 Casos de aplicação do Modelo 7BG [®]	116
2.7 RESUMO DAS INICIATIVAS DE INTEGRAÇÃO TLS	116
3 MÉTODO DE PESQUISA.....	119
3.1 ESCOLHA METODOLÓGICA.....	119
3.2 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	123
3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	126
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	132
4.1 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NA PESQUISA TEÓRICA.....	132
4.1.1 Iniciativas de integração dos modelos.....	132
4.1.2 Características gerais de cada modelo de Integração TLS	133
4.1.3 Convergências e potenciais conflitos entre os modelos	135
4.1.4 Casos publicados de aplicação da Integração TLS	139
4.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS DOS QUESTIONÁRIOS ENVIADOS	141
4.2.1 Método empregado na implementação dos modelos	141
4.2.2 Processo de implantação	144
4.2.3 Duração do processo de implantação	148
4.2.4 Dificuldades encontradas pelas empresas	148
4.2.5 Gerenciamento da mudança	151
4.2.6 Resultados obtidos após a implantação	152

5 CONCLUSÕES	155
5.1 QUANTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA	155
5.2 PROPOSTA DE MODELO DE INTEGRAÇÃO TLS	159
5.3 QUANTO ÀS LIMITAÇÕES E POSSIBILIDADES DE CONTINUIDADE DE PESQUISA	162
ANEXOS	187
APÊNDICE A: Questionário para os autores dos modelos de integração	187
APÊNDICE B: Questionário para empresas de consultoria que realizam implantação de modelos de integração	189
APÊNDICE C: Questionário para empresas praticantes da Integração TLS	191
APÊNDICE D: Tradução do questionário para os autores dos modelos de integração	195
APÊNDICE E: Tradução do questionário para empresas de consultoria que realizam implantação de modelos de integração	197
APÊNDICE F: Tradução do questionário para empresas praticantes da Integração TLS..	199
APÊNDICE G: Proposta de questionário para especialistas em TOC, Lean ou Seis Sigma	203

1 INTRODUÇÃO

Segundo Jacob et al. (2010), mudanças no ambiente empresarial podem ocorrer inesperadamente e afetam significativamente o fluxo de caixa da empresa no curto prazo ou no longo prazo, como, por exemplo: uma alteração no mercado, o surgimento de novos concorrentes, novos processos, novas tecnologias, uma alteração na legislação do país, variações nas taxas cambiais ou os efeitos de uma crise financeira global.

Para garantir a rentabilidade do negócio e se adaptar rapidamente às mudanças, as empresas são motivadas a buscarem novas soluções em gestão. A organização, ao entrar nesta longa e incessante jornada, estará desenvolvendo a “melhoria contínua”, que tem o propósito de manter a sustentabilidade do empreendimento.

De acordo com Jacob et al. (2010), com o evento da globalização e o aumento da competitividade do mercado, surgiram várias propostas de métodos de gestão. Muitas surgiram como um “modismo” da época e eram amplamente divulgadas em mídias especializadas. Porém, muitos destes métodos não conseguiram se firmar, pois não apresentaram suficiente credibilidade para obtenção de melhores resultados, ganhos financeiros ou mesmo não estavam embasadas em “filosofias robustas”. Como exemplos de métodos embasados em filosofias robustas, de acordo com esses autores, podem-se destacar a Produção Enxuta, Seis Sigma e Teoria das Restrições.

Estes três métodos também possuem relevância acadêmica, sendo pesquisados por diversos autores e publicados em periódicos, revistas e congressos internacionais. Para salientar a relevância destes métodos, foram realizadas pesquisas na base de dados Scopus (na pesquisa teórica não se limitou a apenas essa base de dados), por se tratar de uma base de dados multidisciplinar e indexar mais de 15 mil periódicos, informando a palavra chave no campo de pesquisa em título, resumo e palavra chave.

A Produção Enxuta (PE) é a tradução do termo *Lean Production* (LP) ou *Lean Manufacturing* (LM). O termo *Lean* foi verbalizado no livro “A máquina que mudou o mundo” escrito por Womack, Jones e Ross (1990). A LP 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.

A LP, ao longo do período de 1991 a 2012, foi estudada por pesquisadores resultando em mais de 3.061 trabalhos de pesquisas científicos. Esta constatação é importante para

denotar a robustez do método e salientar a relevância do objeto de estudo em pesquisas científicas.

A Figura 1 apresenta a pesquisa realizada na base de dados Scopus, identificando a quantidade de publicações por ano sobre o objeto de pesquisa “*Lean Manufacturing*” ou “*Lean Production*”.



Figura 1: Quantidade de publicações sobre o objeto de pesquisa Lean
Fonte: Scopus

De acordo com Rotondaro (2002), o Seis Sigma, tradução de *Six Sigma* (SS), surgiu 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 um método estruturado, fortemente baseado na estatística, que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua, reduzindo custos e melhorando o processo de negócio como um todo.

Por meio de pesquisa na base de dados Scopus, é possível identificar que o Seis Sigma é também bastante pesquisado no meio acadêmico. A Figura 2 representa a quantidade de publicações sobre o objeto de pesquisa “*Six Sigma*”, totalizando 3.389 trabalhos publicados entre 1956 a 2012.

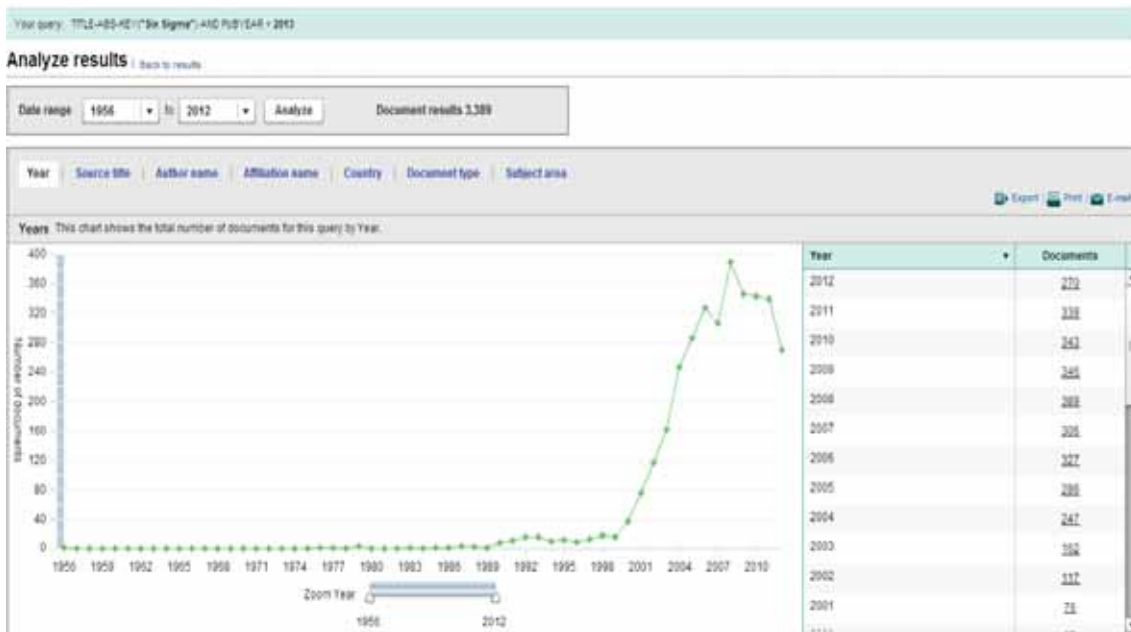


Figura 2: Quantidade de publicações sobre o tema Seis Sigma
 Fonte: Scopus

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” de Goldratt e Cox (1984). Goldratt propõe uma nova filosofia de gerenciamento, diferente da tradicional gestão, com objetivo principal de maximizar os resultados operacionais e estratégicos da empresa. A Figura 3 ilustra o total de 787 publicações realizadas sobre o tema “*Theory Of Constraints*” entre o período de 1966 a 2012.

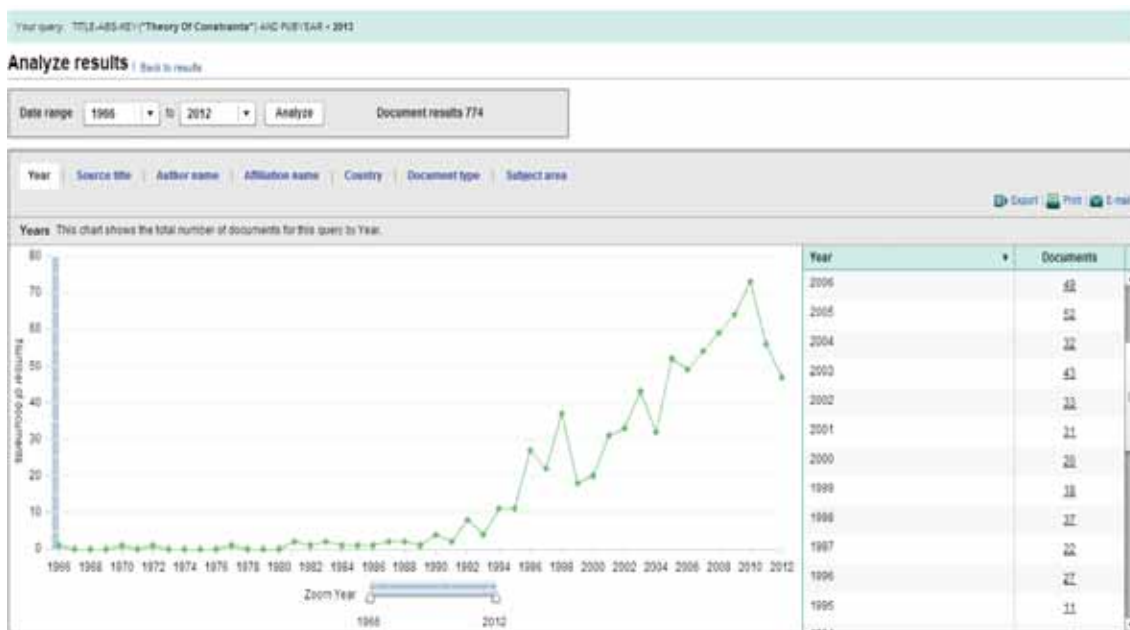


Figura 3: Quantidade de publicações sobre o tema Teoria das Restrições
 Fonte: Scopus

No que tange a utilização dos três métodos por empresas, dados do *Census of Manufacturer* dos Estados Unidos apresentam a taxa de utilização da TOC, LP e SS de forma isolada nas empresas pesquisadas pela *Industry Week / Manufacturing Performance Institute - IW/MPI* (Figura 4). De acordo com esta pesquisa, os três métodos são bastante utilizados pelas empresas (a somatória do percentual de cada método apresentado no gráfico ultrapassa os 100%, devido à permissividade de múltiplas respostas na pesquisa).

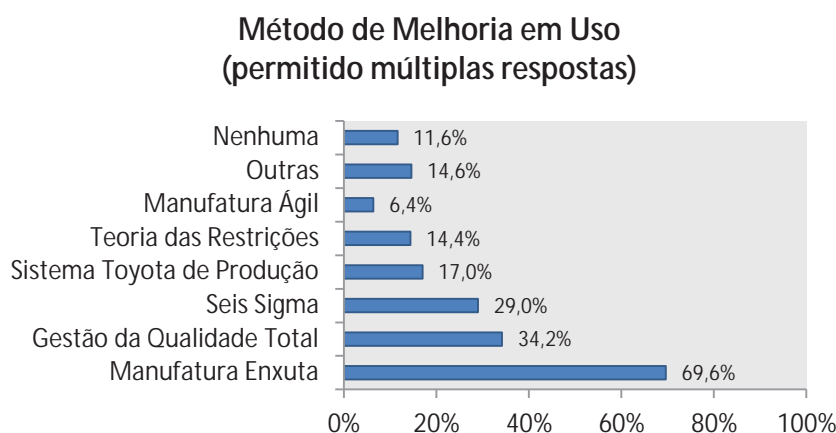


Figura 4: Métodos de Melhoria em uso
Fonte: Adaptado de IW/MPI (2007)

De acordo com Pirasteh e Fox (2010), esses três métodos estão entre os mais difundidos e aplicados por empresas na atualidade. Entretanto, Pirasteh e Farah (2006a), Jacob et al. (2010), Moura (2010) e Pirasteh e Fox (2010) apontam que o uso integrado dos métodos pode trazer benefícios adicionais e resultados financeiros mais expressivos para a organização. É sobre a integração desses métodos que versa esta dissertação de mestrado.

Para o desenvolvimento desta dissertação, será utilizada a palavra método para se referir à Teoria das Restrições (ou a TOC), à Produção Enxuta (ou a LP) e ao Seis Sigma (ou o SS), ou quando o texto se referir aos métodos sem a menção explícita da palavra método, serão referidos como a Teoria das Restrições (ou a TOC), a Produção Enxuta (ou a LP) e o Seis Sigma (ou o SS).

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

As mudanças no ambiente empresarial trazem desafios, oportunidades e ameaças para os negócios. As organizações conscientes sabem que devem planejar o seu futuro estabelecendo visão de longo prazo, criando mecanismos para adaptar-se às mudanças rapidamente, bem como planejar o seu crescimento, sua lucratividade e sua liderança no mercado.

Neste contexto, a organização poderá encontrar dificuldade em escolher em qual(ais) método(s) deve se orientar e, qual(ais) podem(m) trazer maiores benefícios ao longo do tempo.

Embora a TOC, a LP e o SS possuam princípios, características e ferramentas de diferentes origens, Nave (2002) e Sproull (2010) destacam que os três métodos possuem certo grau de complementaridade, de modo que cada um possui lacunas que podem ser supridas pelos demais.

A oportunidade de utilizar esta complementaridade e desenvolver um modelo de integração foi traduzida nos trabalhos de Pirasteh e Farah (2006a) com o modelo iTLS[®], de AGI-Goldratt Institute (2010) com o modelo TOCLSS[®], de Gutierrez (2012) com o modelo 7BG[®], de Sproull (2010) com o modelo UIC[®] e de Moura (2011) com o modelo Excelência 360^o[®]. Estes modelos ficaram conhecidos como Modelos de Integração TLS (TOC, Lean e Seis Sigma).

O estudo de caso realizado por Pirasteh e Farah (2006a) apresenta os resultados do uso da Integração TLS. O estudo foi realizado em um total de 21 plantas, sendo 11 plantas aplicando o Seis Sigma, 4 aplicando o Lean, e 6 aplicando o iTLS[®]. O percentual de *savings* (economias) foi de 89% quando utilizados de forma integrada os métodos *TOC*, *Lean* e *Six Sigma* (TLS). A Figura 5 ilustra os resultados encontrados por Pirasteh e Farah (2006a).

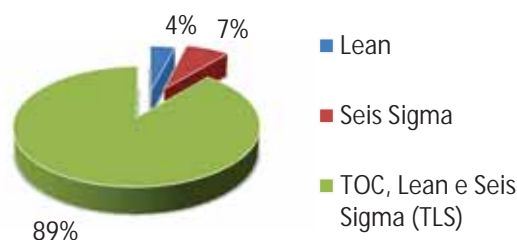


Figura 5: Percentual de contribuição no total de savings realizados
Fonte: Adaptado de Pirasteh e Farah (2006a)

Embora os modelos de Integração TLS tenham sido publicados recentemente, demonstrando os grandes benefícios de sua utilização, e com resultados quantitativamente comprovados, o que se nota é que a utilização da Integração TLS é muito pouca utilizada pelas organizações.

Do ponto de vista acadêmico, ao observar as publicações realizadas sobre o tema de Integração TLS, foi constatada a existência de 14 documentos publicados que de alguma forma trataram conjuntamente estes três métodos. A pesquisa foi realizada na base de dados do Scopus com a utilização da combinação (usado o operador lógico “and”) das palavras “Theory Of Constraints”, “Lean Production” e “Six Sigma”. O Quadro 1 apresenta as publicações encontradas na base de dados.

Quadro 1: Resultados da Pesquisa Scopus

Publicação	Local de publicação	Referência
Applying theory of constraints in administrative process: An experiment from the U.S. government	International Conference on Management Science and Engineering - Annual Conference Proceedings	Knaggs, Pollard e Wang (2012)
Process in healthcare: Overall resource efficiency	International Conference on Management Science & Engineering	De Mast et al. (2011)
A Review on Quality Improvement and Theory of Constraints (TOC).	Proceedings of the 2011 IEEE ICQR - Quality and Reliability	Kasemset (2011)
Expert knowledge	Industrial Engineer: IE Proceedings	Pirasteh (2011)
Downtime variability: The impact of duration-frequency on the performance of serial production systems	International Journal of Production Research	Patti e Watson (2010)
The Construction of Production Improvement Model for Aerospace Manufacturing Suppliers	Key Engineering Materials	Chang, Huang e Torng (2010)
Quality improvement: Theory and practice	British Journal of Health Care Management	Boaden (2009)
Defining the foundation of lean manufacturing in the context of its origins (Japan).	IET International Conference on Agile Manufacturing	Herron e Braiden (2007a)
Defining the foundation of lean manufacturing in the context of its origins (Japan).	International Journal of Agile Manufacturing	Herron e Braiden (2007b)
New horizons for shipbuilding process improvement	SNAME Maritime Technology Conference and Expo and Ship Production Symposium	Inozu et al. (2005)
Integrate asset Technologies	InTech	Balsan (2006)
Lean thinking and appropriate IT - Plus KPIs	Manufacturing Computer Solutions	Ward (2005)
How to compare Six Sigma, Lean and Theory of Constraints. A framework for choosing what's best for your organization	Quality Progress Magazine	Nave (2002)
Recent trends in six sigma	Annual Quality Congress Transactions	Keller (2001)

Fonte: Proposto pelo autor.

Entretanto, dos 14 documentos encontrados na pesquisa, apenas Nave (2002), Chang et al. (2010) e Pirasteh (2011) abordaram diretamente a questão da Integração TLS. Os períodos destas publicações remetem ao período de 2001 a 2012, sendo que na Figura 6 é possível ainda identificar certa sazonalidade nos períodos de publicações de pesquisas.



Figura 6: Quantidade de publicações sobre o tema TLS
Fonte: Scopus

Se a integração dos métodos TOC, LP e SS pode potencialmente permitir o preenchimento de eventuais lacunas existentes em cada uma, por outro lado, implica compatibilizar princípios e técnicas nem sempre plenamente convergentes. A literatura apresenta alguns modelos voltados para a Integração TLS, que de alguma forma procuram conciliar as diferenças e propõem uma estrutura única de uso concomitante destes métodos.

Neste sentido, um aspecto motivador para a realização desta pesquisa é responder o seguinte questionamento: Como é viabilizada de forma sinérgica a Integração TLS?

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal realizar uma avaliação da integração dos métodos TOC, LP e SS – doravante denominados de Integração TLS. Tal avaliação visa buscar respostas para a questão principal de pesquisa identificada na seção anterior, sendo realizada por meio de uma pesquisa com características fundamentalmente teóricas, complementada com dados coletados em uma pesquisa de campo.

Além do objetivo principal, a pesquisa possui outros objetivos específicos em relação à pesquisa teórica e a pesquisa teórica, estes, foram classificados da seguinte forma:

- 1) Objetivos específicos da pesquisa teórica:
 - 1.1) Identificar quais são as iniciativas de Integração TLS.
 - 1.2) Identificar quais são as características gerais de cada modelo de Integração?
 - 1.3) Identificar quais são convergências e potenciais conflitos para integração dos métodos?
 - 1.4) Identificar quais são os casos publicados de aplicação da Integração TLS?
- 2) Objetivos específicos da investigação de campo complementar:
 - 2.1) Identificar o método que foi empregado na implantação dos modelos.
 - 2.2) Identificar como se deu o processo de implantação.
 - 2.3) Identificar qual foi a duração do processo de implantação.
 - 2.4) Identificar quais as dificuldades encontradas pelas empresas.
 - 2.5) Identificar como foi realizado o gerenciamento da mudança.
 - 2.6) Identificar quais foram os resultados obtidos após a implantação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho pode ser considerado relevante pelo próprio contexto em que as empresas encontram-se inseridas atualmente, pois a competitividade e a busca pela maximização de resultados fomentam pesquisas para gerar novos conhecimentos e novas soluções.

Foram encontrados cinco trabalhos que resultaram em geração de Modelos de Integração TLS, propostos por: Pirasteh e Fox (2010); Sproull (2010); AGI (2010a), Moura (2011) e Gutierrez (2012).

Os esforços destes autores foram significativos, assim como as contribuições de outros autores na tentativa da integração em pares destes métodos. Podendo ser citados:

- Integração Produção Enxuta com a TOC: Cook (1994); Manoharan (1997); Moore e Scheinkopf (1998); Gusmão (1998); Schwain (1998); Hein (1999); Dettmer (2001); Schragenheim e Dettmer (2001); Hemmondharop (2002); Ferguson (2002); Lea e Min (2003); Hickey, Da Cruz e Seaver (2003); Srinivasan, Jones e Miller (2004); Shen e Chua (2005); Srinivasan (2006);

Polito e Watson (2006); Taj e Berro (2006); Calia e Guerrini (2007); Ajoku (2007); Fleischer et al. (2007); Mehta (2008); Goldratt (2009a); Martins Jr. (2009); Almeida et al. (2010); Villareal et al. (2010); Kohls (2012); Guild (2012); Ryan et al. (2013).

- Integração TOC com Seis Sigma: Ehie e Sheu (2003); Ehie e Sheu (2005); Almeida (2007); Husby (2007); Herrera (2009); Jim et al. (2009); Kasemset (2011); Soni (2011); Lee e Chang (2012); Patrick (2012).
- Integração Produção Enxuta e Seis Sigma: George (2002); Arnheiter e Maleyeff (2005); Bendell (2006); Taghizadegan (2006); Futerer (2009); Gitlow (2009); George (2010); Pepper e Spedding (2010); Salah, Rahim e Carretero, (2010); Snee (2010); Antony (2011); Laureani e Antony (2011); Akbulut-bailey, Motwani e Smedley (2012); Arumugam, Antony e Douglas (2012); Chakravorty e Shah (2012); Goodman (2012); Hilton e Sohal (2012); Assarlind, Gremyr e Bäckman (2013); Atmaca e Girenes (2013).

Embora as combinações em pares ou em trios destes métodos possam ser possíveis devido ao efeito da complementaridade, conforme identificado em Sproul (2010), existem conflitos no que tange os princípios básicos de utilização de cada método, podendo até surgir como barreiras que impossibilitem o seu uso integrado. Essas discordâncias são levantadas nos trabalhos de AGI (2009a) e Bergland e Bergland (2009).

No que se refere à questão de aplicabilidade e uso dos métodos integrados, mesmo com os resultados dos benefícios da utilização integrada demonstrados em Pirasteh e Farah (2006a), a adoção integrado dos três métodos parece não ocorrer na mesma velocidade que a utilização dos métodos quando utilizados de forma isolada.

Uma proposição aqui adotada é que, enquanto certas características de cada método poderiam restringir sua aplicação individual, quando utilizadas de forma conjunta tais limitações podem ser supridas pelas demais, ampliando sua aplicabilidade.

Conforme identificado na Figura 6, existem poucas publicações que tratam do tema Integração TLS. Neste sentido, a justificativa deste trabalho sob o aspecto científico é a exploração e geração de novos estudos, buscando identificar as vantagens e desvantagens de integração dos métodos, a interatividade e complementaridade entre eles, e os limites e barreiras que limitam a integração de modo sinérgico. Tal exploração visa contribuir com o tema estudado e exaltar a aplicabilidade da Integração TLS.

Esta pesquisa pode introduzir os conceitos àqueles que não conhecem os métodos estudados e seu uso integrado, bem como abrir novas questões para debate de profissionais e acadêmicos.

Sendo assim, desta forma, espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir para as organizações que buscam a melhoria contínua nos seus processos de gestão e, com relação à Engenharia de Produção e Gestão de Operações, gerar novos conhecimentos e pesquisas.

1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Para atingir os objetivos desse trabalho, serão realizadas duas pesquisas. A primeira dela constitui uma pesquisa teórica, que busca explorar o conteúdo já publicado sobre a Integração TLS: Identificando os trabalhos relacionados a iniciativas de integração dos métodos; Verificando a existência de eventuais premissas para integração dos métodos, de convergências e discordâncias entre os métodos e de motivações para tais iniciativas; Identificando os modelos de Integração TLS existentes e os casos de aplicação.

A primeira pesquisa é necessária para a construção do modelo conceitual da pesquisa, do protocolo de pesquisa e direcionamento para a segunda pesquisa, que consiste de uma pesquisa complementar de campo, com a finalidade de compreender melhor os modelos de Integração TLS sob a perspectiva de sua aplicabilidade. Para tanto, foram aplicados três questionários, sendo eles: i) questionário para os autores dos Modelos de Integração TLS; ii) questionários para as empresas de consultoria de implantação dos modelos; iii) questionários para as empresas usuárias dos modelos.

Os três questionários foram aplicados na língua portuguesa e inglesa e estão disponíveis na seção de apêndice, sendo que as traduções foram realizadas por um profissional de língua inglesa (nativo brasileiro) e enviado para pré-análise para duas amostras.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Dada à complexidade do assunto e a caracterização da problemática tratada neste trabalho, torna-se necessário que sejam estabelecidas as devidas delimitações em torno das quais se restringe esta pesquisa, de modo a atender o seu objetivo.

A pesquisa teórica está delimitada em termos temporais na revisão bibliográfica realizada, a qual se limitou em artigos, livros e revistas com datas de publicação a partir de 1980.

Para a realização da pesquisa sobre os métodos TOC, LP e SS, este trabalho está delimitado no uso das principais bases de dados de materiais científicos em engenharia e administração (Scopus, Science Direct, Compendex, HUB-SciVerse, Engineering Village, Scirus, MathSciNet, Isi Web of Knowledge, Scielo) e banco de teses e dissertações das principais Universidades com foco em pesquisa em Engenharia de Produção (UNESP; UNICAMP; USP; UFRJ; UFSCAR; UNISINOS; UNIMEP; UFSC; MIT; ITA; HARVARD, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações).

Além disso, devido à sua contemporaneidade, trabalhos voltados à integração dos métodos TOC, LP e SS foram também buscados em outras fontes de dados, como documentos “*White papper*” e “*Unpublish papper*”, existentes em *websites* de empresas privadas, congressos e simpósiums.

Especificamente, a investigação de campo complementar está delimitada à coleta de dados dos autores dos métodos de integração, das empresas que prestam serviço de implantação dos modelos e das empresas que utilizam os métodos integrados. O presente trabalho está também delimitado em seu tema, pois está focado no estudo da integração dos métodos TOC, LP e SS, não abordando nenhum outro a mais.

A realização desta pesquisa implica no levantamento atual dos métodos utilizados de forma integrada. Este levantamento busca proporcionar um melhor entendimento sobre o assunto e servir de base de construção dos constructos de pesquisa.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para atender os objetivos colocados, este trabalho está estruturado em seis capítulos, conforme a seguir:

- O capítulo 1 é dedicado à introdução ao trabalho, com o intuito de apresentar os objetivos propostos e a necessidade de novas formas de gerenciar organizações. Este capítulo visa também retratar, de forma clara e objetiva, o problema de pesquisa, justificativa para sua execução, os resultados esperados e a contribuição a que este trabalho se refere.
- O capítulo 2 apresenta uma revisão conceitual sobre os modelos TOC, LP e SS, abordando seus princípios, filosofias, ferramentas, técnicas e principais resultados de seu uso isolado. O capítulo também aborda as principais iniciativas presentes na literatura de combinar os métodos.

- O capítulo 3 versa sobre o planejamento do método de pesquisa, descrevendo a definição do método adotado para o estudo, o universo considerado, os critérios para definição da pesquisa, as estratégias de coleta e tratamento dos dados, o modo de construção dos questionários de pesquisa, bem como as limitações próprias da pesquisa.
- O capítulo 4 apresenta os resultados da pesquisa, contendo a resposta para a questão de pesquisa em um sumário tanto dos resultados da pesquisa teórica quanto da pesquisa complementar.
- O capítulo 5 aborda as considerações finais sobre este trabalho, avaliando o alcance de seus objetivos, confrontando com o estado da arte no assunto, assim como discute suas limitações e apresenta possibilidades de continuidade e proposições para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A TOC, LP e SS foram desenvolvidos sob a intenção de dar suporte à gestão das corporações, demarcando uma mudança conceitual importante na base da administração da produção. A origem e evolução destes métodos remontam às últimas décadas, e as adoções de suas práticas contribuíram para diversas empresas alavancarem seus resultados financeiros.

O corpo de conhecimento de TOC, LP e SS são relativamente extensos, sendo inviável a realização de uma revisão da literatura completa do escopo de cada método.

Embora a TOC, LP e SS tenham sido desenvolvidos por diferentes autores, há elementos presentes em seus conceitos fundamentais que são similares, o que permite a complementaridade dos métodos. Deste modo, este capítulo possui dois objetivos, representados na Figura 7: o primeiro é a realização da revisão da literatura dos três métodos, delimitando o escopo em enfatizar seus princípios e fundamentos, e algumas de suas principais ferramentas e técnicas; o segundo é a revisão da literatura sobre as iniciativas voltadas a integrá-las, investigando as sinergias, antagonismos, motivações para tal integração, modelos e casos de implantação.

A delimitação destes dois objetivos torna-se importante para o direcionamento e elaboração do roteiro de pesquisa a serem detalhados nos próximos capítulos.

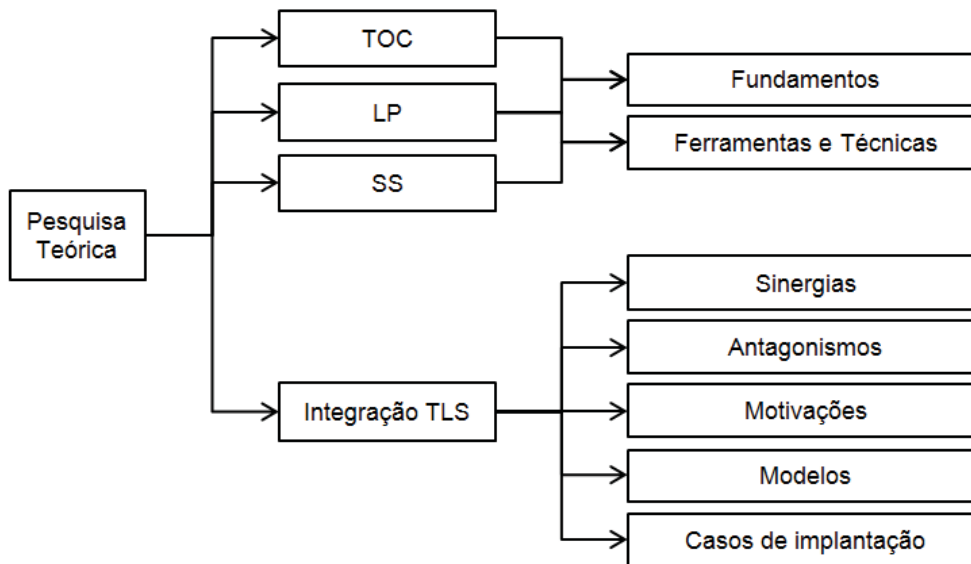


Figura 7: Objetivos da revisão da literatura
Fonte: Proposto pelo autor

2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Em um pouco mais de 30 anos, a TOC evoluiu de um simples software de programação para uma filosofia gerencial (COX; SPENCER, 1995). O trabalho de Watson, Blackstone e Gardner (2007) detalha essa evolução da TOC, que é demarcada pelos lançamentos dos livros de seu criador.

A TOC não foi fundamentada nos conhecimentos de um administrador ou engenheiro, pois Goldratt, o seu idealizador, era físico, filósofo e cientista. Este fato não deve ser considerado uma limitação, pois o conhecimento nas ciências exatas, na filosofia e no método científico o auxiliou no desenvolvimento dos princípios e conceitos da TOC (ALMEIDA et al., 2010).

Goldratt (2010) introduz uma perspectiva do que é a TOC, afirmando ser possível defini-la em uma palavra: “foco”. Para o autor foco é fazer o que deve ser feito e não faça o que não deve ser feito, porque, embora exista uma série de ações que possam contribuir para o desempenho do sistema, as organizações possuem limite de tempo, dinheiro ou recursos para implantá-las. Devido esta dependência, o autor salienta que a ideia de que "quanto mais, melhor" só é correta para os recursos com restrições no sistema, mas não é correta para os recursos sem restrição. Para os recursos sem restrições, "mais é melhor" até certo limite, acima disto “mais é pior”, ou seja, obter “ótimo local não é igual ao ótimo global”; pois não necessariamente leva a um melhor desempenho do sistema. Se "mais é melhor" for considerado válido para todos os recursos, a razão número um para não fazer o que deve ser feito é fazer o que não deve ser feito (GOLDRATT, 2010, p. 4).

Para proporcionar uma melhor compreensão, este tópico revisa de forma sintética o conteúdo da TOC.

2.1.1 Fundamentos

Segundo Goldratt (2008), a TOC está fundamentada em quatro princípios que são derivados de obstáculos ou dificuldades que impedem as pessoas ou organizações, a identificar e explorar oportunidades de melhoria existente. Esses “obstáculos estão relacionados com a forma como as pessoas lidam com a complexidade, com os conflitos, com o comportamento humano e com as potencialidades de se obter melhorias significativas sistematicamente” (ALMEIDA et al., 2010, p.7).

Estes princípios são tratados como axiomas, que na lógica tradicional é considerada como algo óbvio, gerando um consenso inicial para construção de uma teoria, deduções ou

inferências para outras verdades. Esses axiomas ou princípios foram inicialmente apresentados em Goldratt (2008), e eles são conhecidos como: Simplicidade Inerente, Harmonia, Respeito e Potencial Inerente.

O primeiro princípio é chamado de Simplicidade Inerente ou princípio da Convergência apresentado em Goldratt (2008), 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), definidas por Goldratt como Restrições, as quais governam o comportamento de todo o sistema. A partir desta contextualização origina-se a denominação da Teoria das Restrições (ALMEIDA et al.; 2010).

Restrição pode ser entendida como qualquer elemento que impeça o sistema de obter níveis de desempenho superiores a sua Meta. Existem dois tipos de restrição, sendo elas: física ou política. A primeira está relacionada a máquinas e equipamentos ou falta de material em um ambiente produtivo, a segunda está relacionada a políticas, normas, regras ou medidas errôneas que estão envolvidas no sistema, que geralmente estão relacionadas à tradicional contabilidade de custos (COX; SPENCER, 1995).

De acordo com Goldratt e Cox (1984), “A Meta” da empresa 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, 2009b e GOLDRATT, 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).

Nas ciências exatas existem outros exemplos que confirmam a validade deste este axioma. O Princípio de Pareto ou Regra dos 20/80 estabelece que em sistema de variáveis independentes possuem poucos fatores que são responsáveis pela maior parte do efeitos. Em sistemas interconectados tem-se uma relação que se aproxima de 1/99. O Estabelecimento do foco de atuação possibilita uma forma efetiva de melhorar o desempenho dos sistemas.

O segundo princípio é denominado de Harmonia ou Consistência. Seu fundamento principal consiste em definir que, embora haja a existência de conflitos, não deve haver

contradições na realidade, ou seja, se houver duas interpretações da realidade diferentes, uma ou as duas podem estar erradas (GOLDRATT, 2008).

Os conflitos estão presentes no dia a dia das pessoas e nas organizações, refletindo a necessidade de se escolher entre duas situações que parecem ser incompatíveis. Diante deste tipo de situação, as pessoas que irão tomar decisões podem se sentir prejudicadas ou impedidas.

A ideia de harmonia consiste na resolução de uma situação de conflito. Quando há situações contraditórias, estas podem ser removidas ao se identificar os pressupostos subjacentes que as sustentam. Ao remover esses pressupostos, a contradição desaparece; enquanto isto não é feito, os envolvidos no conflito se sentem impedidos diante da contradição. A tendência das pessoas é encontrar uma solução meio termo que satisfaça os dois lados contraditórios. Porém, para Goldratt, quando é encontrado um compromisso aceitável (um lado cede para obter algo do outro lado) não há problema em conviver com este conflito. Entretanto, enquanto não é encontrado este compromisso, as partes se sentem bloqueadas, impedindo de atingir sua meta, comprometendo todo o sistema (ALMEIDA et al., 2010).

O terceiro princípio - Respeito - estabelece que as pessoas seguem sempre uma lógica que dita os seus comportamentos, ou seja, elas são inerentemente racionais e até certo ponto previsíveis. Sob esta crença, o maior obstáculo a ser superado é o instinto humano de acusar o outro quando as coisas não funcionam. Este tipo de atitude não só prejudica as relações como impede o uso do raciocínio lógico para solucionar a causa dos problemas (GOLDRATT, 2008).

Em uma das conhecidas citações de Goldratt - “diga-me como me medes e eu direi como irei me comportar” - o autor tenta explicar a ideia por trás deste princípio. Esta declaração procura mostrar a relação de causa (medidores) e efeito (comportamento) que está na raiz da causa de um problema. Seguindo esse princípio, diante de comportamentos indesejáveis, deve-se deixar de “culpar as pessoas” e passar a “culpar os conflitos não resolvidos e as premissas ruins” (GOLDRATT, 2008).

O quarto princípio, chamado Potencial Inerente ou também “Nunca diga eu sei” abordado em Goldratt (2011), baseia-se na ideia que qualquer situação pode ser melhorada substancialmente. Para Goldratt (2008), o quarto princípio também está relacionado ao princípio da Harmonia, pois, uma vez solucionado um conflito após ter-se eliminado uma

premissa errônea que o sustentava, uma nova realidade ou paradigma é estabelecido, abrindo novas possibilidades para melhorar ainda mais o desempenho do sistema.

Para Goldratt, o maior obstáculo a ser superado aqui decorre da tendência natural de se acreditar que, após ter-se trabalhado bastante para eliminar o conflito, encontrar uma boa solução e implementá-la, tudo o que deveria ser feito já foi realizado. Assim, em uma perspectiva de melhoria contínua, os esforços passam a ser direcionados para a realização de pequenos ajustes e para o polimento da solução. Assim, ainda que isso possibilite pequenos ganhos ao sistema, deixa-se aproveitar as novas e significativas oportunidades de melhorar significativamente o sistema (ALMEIDA et al., 2011).

Para Goldratt (2008), a aceitação destes quatro princípios são condições necessárias para que as pessoas sejam capazes de pensar de forma clara, tendo a habilidade desvendar as relações de causalidade que existem na realidade.

2.1.2 Ferramentas e técnicas

Além de estabelecer os quatros princípios da TOC, Goldratt desenvolveu ferramentas que auxiliam o processo de melhoria contínua das organizações. O objetivo deste tópico é descrever brevemente os meios que a TOC oferece para que uma empresa atinja sua meta.

Para uma empresa prosperar, seu desempenho deve melhorar ao longo do tempo, ou seja, deve crescer exponencialmente. Ao mesmo tempo, esse crescimento deve ser mantido ao longo do tempo, garantindo uma estabilidade ao próprio processo de melhoria contínua (GOLDRATT, 2010). Para Ferguson (2010), a TOC representa o processo de melhoria contínua por duas curvas, conforme ilustrados na Figura 8. Ambas levam a duas visões bastante distintas do próprio processo de melhoria contínua.

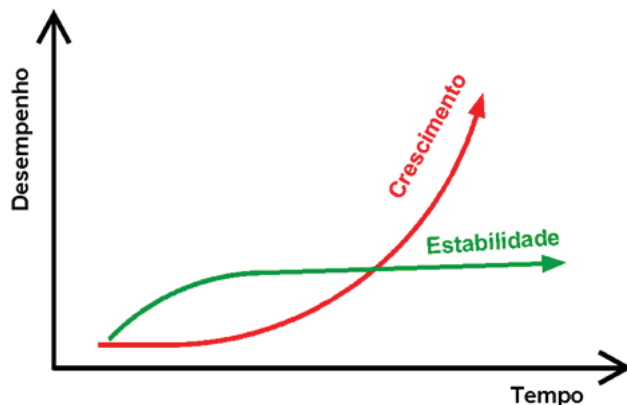


Figura 8: Curvas de crescimento e de estabilidade
Fonte: Adaptado de Ferguson (2010)

De acordo com Goldratt (2009a) e Barnard (2010), a primeira curva representada pela cor vermelha, apresenta uma taxa de melhoria que aumenta com o tempo, resultando em um crescimento exponencial. A segunda curva representada pela cor verde, apresenta uma taxa de melhoria que decai, resultando em retornos cada vez menores. As duas representam dois tipos diferentes de desempenho: crescimento financeiro e estabilidade. Tradicionalmente a TOC costumava guiar as empresas para alcançar a primeira curva, enquanto condenava à segunda, entretanto a segunda curva é tão essencial quanto à primeira.

Para a TOC, foco é essencial para escolher cuidadosamente as ações que não somente resultarão em crescimento financeiro no curto prazo, mas que também irão aumentar a estabilidade no longo prazo (GOLDRATT, 2009).

Segundo Kendall (2010), e conforme o princípio da Simplicidade Inerente, há poucas restrições que determinam o desempenho de um sistema. O contexto da estratégia da TOC refere-se sobre como não escolher muitas coisas para não serem feitas e focar no ponto de alavancagem (único ou maior) de uma organização, sendo que a chave para o sucesso é manter uma equipe focada em seu ponto de alavancagem o suficiente para sustentar os resultados.

Para manter esse processo de melhoria contínua e focar no ponto de alavancagem, Goldratt e Cox (1984) propõem os Cinco Passos de Focalização:

1. Identificar a restrição do sistema: o desempenho do sistema é limitado pelo desempenho de sua restrição (elo mais fraco), o primeiro passo consiste em identificar qual é esta restrição, seja física ou política;
2. Explorar a restrição do sistema: Consiste em reforçar o elo mais fraco (restrição), providenciando mais daquilo que está faltando, ou usando melhor aquilo que está disponível;
3. Subordinar tudo às decisões anteriores: Para explorar o elo mais fraco do sistema (restrição) até o limite de sua capacidade, os outros elos (recursos não restritivos) devem ser administrados de uma forma que assegure que eles não façam mais do que o requerido pela restrição;
4. Elevar a restrição do sistema: Para reforçar o elo mais fraco pode ser feito por meio de aumento de capacidade (caso houver um recurso com restrição de capacidade) ou campanhas de marketing (caso a restrição estiver no mercado);
5. Se a restrição for quebrada nos passos anteriores, voltar ao primeiro passo - Cuidado, não deixe que a inércia se torne a principal restrição do sistema:

Quando um elo mais fraco é constantemente reforçado, este pode deixar de ser o elo mais fraco do sistema, fazendo com que a restrição mude de lugar e um novo elo mais fraco necessita ser identificado (seguir os passos 1 a 4 novamente).

De acordo com Gupta, Bhardwaj e Kanda (2010), além dos Cinco Passos de Focalização, a TOC oferece ferramentas para auxiliar o gestor. Parte destas ferramentas está brevemente descrita no Quadro 2. A aplicação e detalhes de funcionamento podem ser consultados nas referências indicadas no Quadro 2.

Quadro 2: Ferramentas da TOC

Ferramentas TOC		
Ferramentas	Descrição	Referência sobre conceituação e aplicação
Visão Viável	São soluções para assegurar a implementação de uma cultura de melhoria contínua nas empresas, ou, como o próprio Goldratt definiu, tornar as empresas sempre florescentes (desempenho exponencialmente crescente e estabilidade ao mesmo tempo).	Kendall (2004), Frank (2007)
Árvore de Estratégias e Táticas (S&T)	Método pelo qual as ações necessárias se articulam com o necessário foco para que os objetivos da Visão Viável sejam alcançados. É parte do grupo de métodos dos Processos de Raciocínio da TOC. Iniciando com o objetivo estratégico da companhia, a S&T deriva de forma lógica todas as ações (e em qual sequência) que devem ser tomadas e quais ações que não devem ser tomadas. Geralmente estruturada na obtenção de uma vantagem competitiva decisiva, na capitalização sobre ela – visando aumento significativo das vendas - e na sustentação dos serviços oferecidos conforme as vendas cresçam.	Baptista (2010), Goldratt (2010) e Ferguson (2010)
Processo de Raciocínio	<p>O Processo de Raciocínio da TOC consiste no uso de ferramentas analíticas que possibilitam buscar respostas para três perguntas, O que mudar? Para o quê mudar? Como causar a mudança?.</p> <p>Tais ferramentas são conhecidas por “árvores” ou “diagramas lógicos”, que são devidamente usadas para responder cada uma das três perguntas, conforme a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O que mudar? <ul style="list-style-type: none"> • Árvore de Realidade Atual: é utilizada para identificar o problema fundamental, através da avaliação do estado atual da rede de relações de causa e efeito entre efeitos indesejáveis e as causas desses efeitos indesejáveis. • Para o quê mudar? <ul style="list-style-type: none"> • Árvore de Resolução de Conflitos: é utilizada para analisar o conflito existente, os pressupostos que possuem conexão com o problema e buscar uma situação "ganha-ganha", soluções novas e de rupturas para os problemas. • Árvore da Realidade Futura: é utilizada para determinar se o sistema de mudanças proposto produzirá os efeitos desejáveis sem criar novos efeitos devastadores, tendo a vantagem da possibilidade de testar efetivamente as novas ideias antes de se empregar tempo, dinheiro, pessoas e recursos para implantação. • Como causar a mudança? <ul style="list-style-type: none"> • Árvore de Pré-Requisitos: é utilizada para identificar as condições necessárias, ações e sequência de ações para superar obstáculos para atingir determinado curso. • Árvore de Transição: é utilizada para demonstrar um método passo a passo para implantação do estado futuro, atendendo os objetivos das árvores anteriores. 	Chaudhari e Mukhopadhyay (2003), Smith e Pretorius (2003), Taylor e Chuchwell (2004), Umble, Umble e Murakami (2006), Wu et al. (2007), Kim, Mabin e Davies (2008), Mabin e Davies (2010), Dalci e Kosan (2012).

Tambor Pulmão Corda (TPC)	O TPC é a técnica de sincronização da produção desenvolvida por Goldratt, baseada nos cinco passos de focalização, segundo a qual as programações são desenvolvidas para a melhor utilização da capacidade disponível da restrição. O Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) do sistema é considerado o Tambor, pois estabelece o ritmo para o restante da fábrica. Os recursos sem restrição de capacidade devem produzir de forma subordinada ao Tambor e isso é garantido por meio da Corda, cuja função é liberar material para o chão de fábrica de acordo com o que foi estabelecido pelo Tambor. Como o RRC determina a capacidade do sistema, não se deve permitir que o RCC trabalhe em ritmo menor que sua capacidade máxima; para garantir isto é colocado um Pulmão (de tempo) antes do RCC, a fim de absorver qualquer incerteza no sistema e reduzir os impactos no RRC. No TPC existem ainda o Pulmão de Expedição – voltado a proteger as datas de embarque – e o Pulmão de Montagem, que visa garantir que materiais que não passam pelo RRC não atrasem as operações de montagem.	Goldratt e Cox (1984), Goldratt (1991), Schragenheim e Dettmer (2001), Souza (2005), Gupta e Boyd (2008), Schragenheim, Dettmer e Patterson (2009), Lee et. al (2010), Souza e Baptista (2010) e Souza (2011).
Gerenciamento do Pulmão (GP)	Na aplicação do método TPC, o sistema utiliza um plano de produção que visa explorar a capacidade do RRC e assegurar entregas no prazo. Para garantir o funcionamento desse sistema é utilizado um mecanismo conhecido como Gerenciamento do Pulmão, e seu propósito é absorver pequenos desvios do plano. O objetivo desta ferramenta é revelar e avisar o gestor das maiores ameaças ao plano, e também mostrar o status ou condição do pulmão em qualquer momento, sinalizando qualquer indício de ameaça às entregas no prazo. O plano de produção são priorizadas de acordo com o status do pulmão.	Schragenheim, Dettmer e Patterson (2009), Abel (2011).
Tambor Pulmão Corda Simplificado (TPC-S)	O método TPC tradicional foi projetado para situações nas quais a demanda frequentemente excedia a capacidade da companhia de atendê-la, ou seja, a existência de gargalos de produção não era vista como algo necessariamente ruim. Já a técnica TPC-S reconhece que, para um grande número de empresas, a demanda não consome toda a capacidade de produção. Tendo isto como premissa, o pressuposto desta ferramenta é que a demanda de mercado é a principal restrição no sistema, mesmo quando há uma restrição de capacidade interna. Sendo assim, no TPC-S o Tambor é ditado pela demanda e há apenas um pulmão, denominado de Pulmão de Produção, em todo o sistema produtivo.	Schragenheim, Dettmer e Patterson (2009), Souza e Baptista (2010), Souza (2011), Schragenheim, Dettmer, Patterson (2012)
Distribuição Puxada	O método de distribuição puxada da TOC consiste em assegurar a disponibilidade dos itens em cada ponto de venda, por meio da redução do tempo de reposição e resposta a variação de demanda. A distribuição puxada é baseada na definição de tamanhos de pulmões de estoques e monitoramento e reposição de estoque dentro de uma cadeia de suprimentos com base no consumo real do cliente, e não sob utilização de uma previsão de vendas. Cada elo da cadeia de suprimentos segura à demanda na máxima esperada dentro do tempo médio de reposição, considerando a insegurança no tempo de reposição. Cada elo geralmente recebe o que foi enviados ou vendidos, podendo ser este valor ajustado conforme o gerenciamento de pulmão detectar mudanças no padrão de demanda.	Umble e Umble (2002), Schragenheim (2010a), Souza (2011).
Corrente Crítica (CCPM)	CCPM (<i>Critical Chain Project Management</i>) é a aplicação da TOC em ambiente de projetos. É um método que utiliza uma diagramação de rede diferente do modelo tradicional CPM (<i>Critical Path Method</i>), pois explicitamente considera as contenções de recursos. Este método desafia algumas premissas convencionais de planejamento e controle de cronogramas. Uma delas é que as proteções contra as imprevisibilidades são retiradas das atividades individuais e colocadas ao final de cada caminho da rede, chamadas de Pulmão de Projeto – quando relativa à proteção do caminho mais longo de atividades e de Pulmão de Convergência, quando posicionada ao final dos demais caminhos. Outro importante objetivo do método é a redução significativa das multitarefas ruins, a qual é facilitada pela redução da contenção de recursos durante e o desenvolvimento do diagrama de rede e pelo escalonamento na liberação e execução dos projetos em ambientes multiprojetos.	Goldratt (1997), Barcaui e Quelhas (2004), Bevilacqua, Ciarapica e Giacchetta (2009), Li e Lu (2010), Zhao, You e Zuo (2010), Phillis e Gumed (2011), Chen, Zhou e Xu (2012), Hall (2012), Xiangyuan (2012).
Contabilidade de Ganhos	Sistema próprio de contabilidade gerencial da TOC que fornece aos gerentes informações para tomar decisões visando aumentar o desempenho do sistema em relação à sua meta – como uma bússola. O sistema se baseia em três medidas: Ganho, índice pelo qual o sistema gera dinheiro através de vendas; Investimentos, todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender; Despesa Operacional, todo o dinheiro que o sistema gasta transformando investimento em ganho.	Lea e Min (2003), Gupta e Boyd (2004), Corbett (2005), Mehra, Inman e Tuite (2005), Umble, Umble e Murakami (2006), Queiroz e Rentes (2010).

Fonte: Proposto pelo autor.

2.2 PRODUÇÃO ENXUTA

De acordo com Liker (2005), o conceito e as técnicas do *Lean Manufacturing* ou produção enxuta - aqui referenciadas pela sigla LP, de *Lean Production* - surgiram no Japão, na fábrica da Toyota, no final da década de 1940, resultantes da necessidade de sobrevivência do mercado automobilístico japonês e da escassez de recursos daquela época. Taiichi Ohno, líder da Toyota nesta época, foi o condutor desse processo de melhoria nas fábricas da empresa. O resultado foi à criação de um modelo de produção alternativo ao modelo de produção em massa, que posteriormente ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997). A obra de Holweg (2007) detalha a genealogia do Lean.

O termo *Lean* foi popularizado em 1990 com o livro “A máquina que mudou o mundo”. Neste livro Womack, Jones e Ross (1996) destacam a clara diferença do desempenho da Toyota e outras fabricantes de automóveis. O trabalho de Stone (2012) realiza uma revisão sistemática de mais de 40 anos da LP, por meio do levantamento da literatura existente. Esta literatura foi elaborada por autores que vêm procurando identificar os fatores-chaves de sucesso que tornam a Toyota única e uma das maiores fabricantes de automóveis na atualidade.

Neste contexto, a seguir serão analisados os princípios da LP, destacando os elementos que compõem esse método.

2.2.1 Fundamentos

Liker (2005) denota que o sucesso da Toyota está em usar a excelência operacional como arma estratégica. Esta excelência está baseada nos métodos de melhoria da qualidade e ferramentas que a empresa desenvolveu, embora o autor ressalta que estas ferramentas não são as armas secretas para transformar uma empresa. O sucesso baseia-se na habilidade da Toyota cultivar a liderança, equipes e cultura para criar estratégias, o relacionamento com os fornecedores e manter uma organização de aprendizagem.

Segundo Almeida et al. (2010), em 2001 a Toyota desenvolveu um registro interno, abordando seus conceitos e valores, ficando conhecido como “Toyota Way 2001”. Este documento possibilitou a disseminação deste conhecimento a todos os seus funcionários, mas também a seus fornecedores.

“O Toyota Way e o Sistema Toyota de Produção norteiam todas as atividades da empresa e, por meio de princípios claros e objetivos, orientam a produção para atingir alto nível de qualidade e de segurança” (TOYOTA DO BRASIL, 2010, p.12).

Este documento de apenas 13 páginas foi desenvolvido sob a presidência de Fujio Cho, ficando conhecido internamente como “Livro Verde da Toyota”. Parte deste documento é publicado anualmente nos relatórios anuais da empresa. Estes valores são descritos de forma integral de acordo com o Relatório de Sustentabilidade (TOYOTA DO BRASIL, 2010), neste documento, há dois valores considerados como centrais: a Melhoria Contínua e o Respeito pelas pessoas, que são apresentados na Figura 9 e descritos no texto a seguir:

- Melhoria contínua: é baseada no desenvolvimento e aperfeiçoamento dos indivíduos e na busca por sempre melhorar o negócio com as melhores ideias e maiores esforços. Este pilar, por sua vez, é composto por:
 - Desafio – construir uma perspectiva de longo prazo, enfrentando desafios com coragem e criatividade, para realizarmos nossos sonhos;
 - Kaizen – melhorar as operações de nossos negócios continuamente, sempre direcionados para inovação e evolução;
 - Genchi Genbutsu (expressão japonesa que significa “ir à fonte olhar com os próprios olhos”) – procurar e encontrar os fatos para tomarmos decisões certas, construirmos consenso e atingirmos as metas sem medir esforços.
- Respeito pelas pessoas: é um compromisso amplo que significa respeitar todos stakeholders envolvidos com a Toyota. Este pilar é composto por dois princípios:
 - Respeito – realização de todos os esforços para entendermos uns aos outros e construirmos confiança mútua;
 - Trabalho em equipe – significa que a companhia estimula o crescimento pessoal e profissional de cada colaborador, compartilhando as oportunidades de desenvolvimento e maximizando os desempenhos, individual e de equipe.

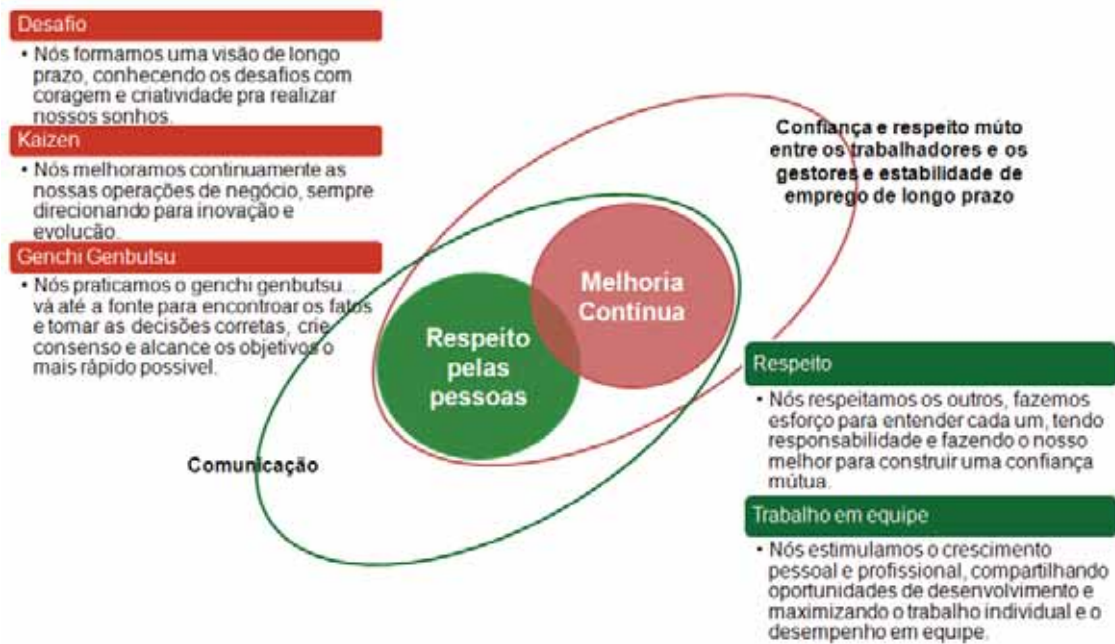


Figura 9: Modelo Toyota 2001
 Fonte: Toyota Motor Corporation (2009, p.54)

De acordo com Liker (2005), os pilares da LP são considerados por ele em quatro seções, denominadas de 4 P's do Modelo Toyota: Filosofia (*Philosophy*), Processo (*Process*), Pessoal e Parceiros (*People and Partners*) e Solução de Problemas (*Problem Solving*). A Figura 10 ilustra os "4 Ps" da Toyota.

A obra de Liker (2005) resume os 14 princípios do modelo Toyota em um resumo executivo, que são apresentados de forma integral na Figura 10 e nos tópicos a seguir.

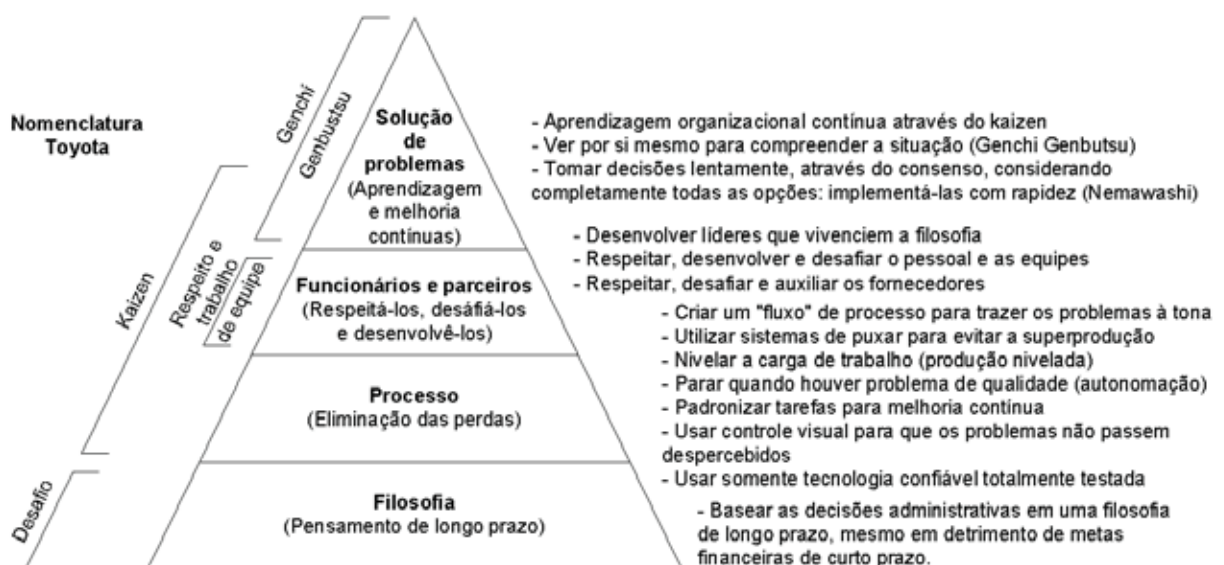


Figura 10: "4Ps" do Modelo Toyota
 Fonte: Liker (2005)

Esses princípios, de acordo com o autor, podem ser entendidos como:

Princípio 1: Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo. Consiste em ter um senso filosófico de propósito que se sobreponha a qualquer decisão de curto prazo, gerando valor para o cliente, a sociedade e a economia de maneira responsável;

Princípio 2: Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona. Consiste em criar um fluxo para mover rapidamente o material e as informações, bem como encadear processos e pessoas de modo que os problemas se tornem imediatamente visíveis a toda organização;

Princípio 3: Usar sistemas puxados para evitar a superprodução. Trabalhar com o sistema *Just In Time*, segundo o qual o reabastecimento de material é acionado pelo consumo, de forma a minimizar os inventários e responder rapidamente à demanda do cliente;

Princípio 4: Nivelar a carga de trabalho (*heijunka*). Eliminar a sobrecarga das pessoas e dos equipamentos, procurando nivelar a carga de trabalho de todos os processos de produção e de serviços;

Princípio 5: Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa. Deve-se assegurar a qualidade trabalhando com sistemas de autonomia, sistemas de apoio para solução rápida de problemas e ter filosofia de parar ou desacelerar para obter qualidade já na primeira tentativa com o intuito de aumentar a produtividade no longo prazo;

Princípio 6: Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários. Consiste em usar métodos estáveis que podem ser repetidos em toda parte para manter a previsibilidade, a regularidade do tempo e dos processos. É a base para o fluxo e o sistema de puxar;

Princípio 7: Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto. Usar indicadores visuais simples para ajudar as pessoas a perceberem imediatamente se estão diante de uma situação padrão ou de um problema;

Princípio 8: Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos. Usar tecnologia para auxiliar as pessoas, e não para substituí-las, pois muitas vezes não se pode confiar em uma nova tecnologia, que pode ser difícil de padronizar, assim prejudicando o fluxo. Um processo que comprovadamente funciona em geral prevalece sobre a tecnologia nova que ainda não foi testada;

Princípio 9: Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros. Um bom líder deve entender detalhadamente o trabalho diário, de modo que possa ser o melhor professor da filosofia de sua empresa;

Princípio 10: Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa. Criar uma cultura forte e estável em que os valores e crenças da empresa sejam amplamente compartilhados e vivenciados por um período de vários anos.

Princípio 11: Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar. Desafiar seus parceiros externos a crescer e a se desenvolver. Isso mostra que você os valoriza. Estabelecer alvos desafiadores e auxiliar seus parceiros a atingi-los;

Princípio 12: Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*genchi genbutsu*). Resolver problemas e melhorar processos indo à sua origem, observando-os pessoalmente e verificando dados, em vez de teorizar com base no que outras pessoas ou o computador lhe dizem;

Princípio 13: Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez. Esse processo de consenso, embora demorado, auxilia a ampliar a busca por soluções e, uma vez que uma decisão é tomada, tem rápida implementação;

Princípio 14: Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (*hansei*) e da melhoria contínua (*kaizen*). Aprender padronizando as melhores práticas, em vez de “reinventar a roda” em cada novo projeto e com cada administrador novo.

2.2.2 Ferramentas e técnicas

Segundo Queiroz e Rentes (2010), a LP visa eliminar o desperdício e criar valor para a organização por meio de um conjunto de melhores práticas que não se limitam apenas ao chão de fábrica, cruzando fronteiras departamentais.

Segundo Marchwinski e Shook (2007), as práticas que geram os desperdícios a serem eliminadas são conhecidas como “os 3 M” na LP, sendo eles:

- Muda: são as atividades que consomem recursos sem criar valor para o cliente seja no processo produtivo ou administrativo (desperdício), sendo classificada em muda tipo 1, que consiste das atividades que não podem ser eliminadas imediatamente, e muda tipo 2, que são as atividades que podem ser rapidamente eliminadas por kaizen;

- Mura: é a variação percebida no processo, seja por irregularidade em uma operação, variação na programação causada pelo sistema de produção, ritmo de trabalho irregular;
- Muri: é a sobrecarga física dos equipamentos ou sobrecarga física e mental dos operadores, exigindo que operem em ritmo mais intenso ou acelerado, exigindo que os recursos façam mais do que são capazes de produzir.

Para identificar o que é desperdício e criar valor, é necessário entender os conceitos das atividades existentes em uma organização. De acordo com Hines e Taylor (2000), essas atividades existentes em uma organização são divididas em três grandes grupos:

1. Atividades que agregam valor: são atividade que agregam valor ao produto ou serviço para o cliente;
2. Atividades que não agregam valor: são atividades que não agregam valor ao cliente e que são desnecessárias para a produção;
3. Atividades que não agregam valor, mas que são necessárias: Requerem maior esforço e são mais difíceis de serem eliminadas em curto prazo.

Segundo os autores, as atividades que não agregam valor representam 95% do montante total (35% de atividades do grupo 2 e 60% de atividades do grupo 3) e as atividades que realmente o cliente está disposto a pagar e que possuem valor agregado são representadas por apenas 5% do total das atividades (Figura 11).

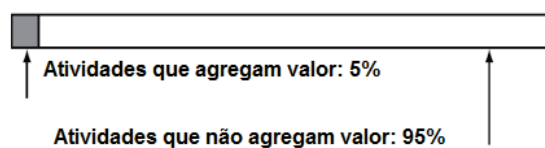


Figura 11: Composição das atividades
Fonte: Hines e Taylor (2000).

De acordo com Shingo (1996), Womack e Jones (1996) e Hines e Taylor (2000), as atividades que não agregam valor são provenientes de Sete desperdícios. Na visão da LP, eles devem ser eliminados ou reduzidos de modo a agregar mais valor para o cliente, esses desperdícios são classificados em: Superprodução; Transporte; Processamentos inapropriados; Movimentações desnecessárias; Estoque; Defeitos; Espera.

Para tornar a empresa mais competitiva devem-se direcionar os esforços para eliminar as atividades do grupo 2 e grupo 3. A forma que a LP utiliza para realizar este objetivo é

chamado de Pensamento Enxuto (*Lean Thinking*). Segundo Womack e Jones (1996), esta forma de pensar baseia-se em cinco princípios básicos, sendo eles:

- 1 Determinar o Valor: Consiste em definir o que é Valor para o Cliente. As empresas devem identificar qual é a necessidade do cliente, procurar satisfazê-la e cobrar por isso a um preço específico, buscando gerar mais lucros por meio da melhoria contínua da qualidade e processos;
- 2 Identificar o Fluxo de Valor: Consiste em mapear o fluxo de valor, identificando as atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor e as atividades que não agregam valor, mas que são necessárias. Este mapeamento deve ser realizado em toda a cadeia de valor, desde a criação do produto até a venda e pós venda do produto;
- 3 Fazer o Valor Fluir: Consiste em criar "fluidez" para os processos e atividades que restaram, após a realização da eliminação das atividades que geram desperdícios. Realizar mudança de mentalidade de produção por departamentos para constituição de Fluxo Contínuo, para ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente o produto para atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente;
- 4 Puxar a Produção conforme a demanda do cliente: Consiste em deixar que o cliente (internos ou externos) puxem a produção conforme a sua demanda. O produto deve ser puxado no momento e na quantidade certa, atendendo a demanda do cliente, reduzindo os desperdícios evitando que seja produzido de forma empurrada;
- 5 Buscar a Perfeição: O último passo para a Mentalidade Enxuta deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos Fluxos de Valor. Os esforços da empresa devem buscar criar mais valor por meio da melhoria contínua em direção a um estado ideal, de modo que todos os membros da cadeia tenham conhecimento profundo do processo como um todo.

Para redução dos desperdícios e aumento do tempo de valor agregado, a LP oferece uma série de ferramentas para implantação do pensamento enxuto (Quadro 3).

Quadro 3: Ferramentas da LP

Ferramentas da Produção Enxuta		
Ferramentas	Descrição	Referência sobre conceituação e aplicação
<i>Kaizen</i>	É uma palavra japonesa que significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor (sistema) ou de um processo individual, por meio da busca da inovação e evolução, com objetivo de se agregar mais valor para o cliente e eliminar as atividades que não são consideradas desperdícios.	Imai (1992), Rother e Shook (1999), Brunet e New (2003), Marchwinski e Shook (2007), Murata e Katayama (2010), Garcia, Rivera e Iniesta (2013).
<i>Jus In Time</i> (JIT)	O JIT é um sistema de produção que produz e entrega produtos na quantidade e no tempo necessário. Ele é um dos pilares do Sistema de Produção Toyota. O JIT é auxiliado pelo <i>Heijunka</i> e é formado por três elementos operacionais: o sistema puxado (<i>Kanban</i>), o tempo <i>Takt</i> e o Fluxo Contínuo.	Ghinato (1995), Seeluangsawat e Bohez (2004), Liker (2005), Marchwinski e Shook (2007), Al-Tahat, Al-Refaie, Al-Dwairi (2012), Pisuchpen (2012), Tayal (2012).
5S	O 5S é um programa que possui cinco elementos que descrevem práticas para melhorar o ambiente de trabalho, sendo eles: 1. <i>Seiri</i> (separação e descarte); 2. <i>Seiton</i> , (organização); 3. <i>Seiso</i> (limpeza); 4. <i>Seiketsu</i> (padronização); 5. <i>Shitsuke</i> (disciplina).	Liker (2005) e Marchwinski e Shook (2007), Chen e Meng (2008), Acharya (2011), Malboeuf (2011), Deros, Jun e Rahman (2012).
Troca Rápida de Ferramenta	<i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED) é uma técnica para redução do tempo de preparação (<i>setup</i>) de uma máquina. O <i>setup</i> é considerado o tempo gasto para preparar um processo desde a última peça boa do produto anterior até a primeira peça boa do produto seguinte. Esta técnica consiste buscar uma redução dos tempos de troca para um único dígito, ou menos de 10 minutos, separando seus tempos em internos e externos, eliminando os tempos externos e reduzindo os internos.	Shingo (1996), McIntosh et al. (2000), Shingo (2000), Sugai, McIntosh e Novaski (2007), Peter (2010), Singh e Khanduja (2010), Ulutas (2011).
Tempo <i>Takt</i>	É o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente. O tempo <i>takt</i> é quem dita o ritmo de produção de uma linha; é a batida do coração de um sistema LP. O objetivo do tempo <i>takt</i> é alinhar a produção à demanda, com precisão, fornecendo um ritmo ao sistema de produção.	Rother e Shook (1999), Alvarez e Antunes Jr (2001), Liker (2005), Mahapatra e Mohanty (2007), Marchwinski e Shook (2007), Shewchuk (2008), Duanmu e Taaffe (2012).
Trabalho Padronizado	É a prática de estabelecer os procedimentos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção. Para definir este procedimento é necessário considerar os seguintes elementos da produção enxuta: o tempo <i>takt</i> , a sequência exata de trabalho de cada operador; e o estoque padrão.	Ohno (1997), Marchwinski, Liker (2005) e Shook (2007), Mariz et al. (2012).
<i>Layout</i> Celular	O <i>layout</i> celular é uma forma de arranjo para alinhar fisicamente os processos na sequência que produzirá o que for solicitado pelo cliente no menor período de tempo, eliminando departamentos e criando células de trabalho agrupadas por produtos e não por processo.	Liker (2005), Marchwinski e Shook (2007), Pattanaik e Sharma (2009), Saurin, Marodin, Ribeiro (2011), Bhasin (2012), Deif (2012).
Balanceamento de Trabalho	Para a criação de criação de fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores, a LP utiliza a técnica de balanceamento de trabalho, distribuindo os elementos das tarefas do operador em relação ao tempo <i>takt</i> .	Rother e Shook (1999), Lander e Liker (2007), Marchwinski e Shook (2007).
<i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM) na tradução em português Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta simples que auxilia a enxergar e compreender todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega. Através desse mapeamento é possível identificar as perdas potenciais do processo (atividades que não agregam valor) e direcionar ações de melhoria para eliminá-las e aumentar as atividades que agregam valor.	Rother e Shook (1999), Marchwinski e Shook (2007), Esfandyari et al. (2011), Singh, Garg e Sharma (2011), Bhamu, Kumar e Sangwan (2012), Jiménez et al. (2012).

Total Productive Maintenance (TPM)	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) na tradução em português Manutenção Produtiva Total é um método que utiliza uma série de técnicas para garantir que todas as máquinas do processo de produção estejam sempre aptas a realizar suas tarefas. Esta técnica tem por objetivo maximizar a eficiência dos equipamentos através de manutenções autônomas, preditivas e preventivas. Este conceito está fundamentado na melhoria do uso de técnicas de manutenção aumentando a confiabilidade dos equipamentos e reduzindo os tempos de paradas por quebras ou mau funcionamento.	Nakajima (1989), Shirose (1996), Ahuja e Khamba (2008a), Ahuja e Khamba (2008b), Ohunakin e Leramo (2012), Singh e Ahuja (2012).
<i>Kanban</i>	O <i>kanban</i> é um cartão que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. É um método de controle de produção do sistema JIT, que autoriza a produzir somente o necessário, e quando o cliente solicita (puxa), desta forma elimina-se a produção em excesso e o ressurgimento do material ocorre de acordo com a necessidade do cliente.	Shingo (1996), Huang e Kusiak (1996), Smalley (2004), Marchwinski e Shook (2007), Ohno (1997), Liker (2005), Moura (1989), Ali, Santini e Rahman (2012), Gallo, Revetria e Romano (2012), Matzka, Di Mascolo e Furmans (2012).
Contabilidade <i>Lean</i>	A contabilidade <i>Lean</i> tem como objetivo suportar a empresa como uma estratégia de negócio. Esta técnica é usada para migrar do modelo de contabilidade tradicional para um sistema que motiva a busca por práticas do pensamento enxuto. A contabilidade <i>Lean</i> visa fornecer informações adequadas para o controle e tomada de decisão e prover uma melhor compreensão do valor do cliente e os impactos financeiros das melhorias alcançadas.	Grasso (2006), Huntzinger (2007), Kennedy e Widener (2008), Merwe (2008), Maskell, Baggaley e Grasso (2011), Ahakchi et al. (2012), Chiarini (2012).
Fluxo contínuo	Produzir e movimentar um item por vez (<i>One Piece Flow</i>) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente e sem espera. Assim, em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Com esta técnica é reduzida a quantidade de material em processamento (WIP – <i>Work In Process</i>) e a quantidade de materiais não conforme, uma vez que os defeitos são detectados antes de serem transferidos para a etapa do processo seguinte. Com o fluxo contínuo evita-se produzir grandes lotes com risco de serem defeituosos.	Rother e Harris (2002), Harris, Harris e Wilson (2004), Smalley (2004), Marchwinski e Shook (2007), Álvarez et al. (2009), Garza-Reyes et al. (2012), Tayal (2012)
<i>Andon</i>	O <i>Andon</i> é um painel que permite o gerenciamento visual, mostrando o estado das operações em uma área e sinaliza quando qualquer anomalia. O painel pode ser acionado por qualquer membro de uma linha de produção e, ao perceber este sinal, todos devem se envolver para solucionar o problema o mais rápido possível.	Liker e Lamb (2002), Li e Blumenfeld (2005), Tinham (2005), Marchwinski e Shook (2007), Acharya (2011),
<i>Poka Yoke</i> (à prova de erros)	É um sistema prova de defeitos, com inspeção 100% através de controle físico ou mecânico. Os dispositivos ajudam os operadores a evitar erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, fabricação invertida, esquecimento de um componente etc.	Ghinato (1995), Shingo (1986), Shingo (1996), Tommelein (2008), Miralles et al. (2011), Saurin, Ribeiro e Vidor (2012).
<i>Jidoka</i> (Autonomiação)	<i>Jidoka</i> ou é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. Ele é conhecido também como automação com um toque humano. Seu conceito consiste em capacitar as máquinas e os operadores a habilidade de detectar quando uma anomalia ocorreu e interromper imediatamente o trabalho, evitando assim a geração de não conformidades no processo. Deste modo a qualidade do produto torna-se robusta em cada etapa do processo, separando o homem das máquinas para um trabalho mais eficiente.	Ohno (1997), Liker (2005), Danovaro, Janes e Succi (2008), Barua et al. (2010).
<i>Heijunka</i>	<i>Heijunka</i> é uma ferramenta de nivelamento do mix e da quantidade a ser produzida durante um dado período de tempo. Isso permite que a produção atenda a demanda do cliente, evitando o excesso de estoque, reduzindo custos, mão de obra e <i>lead time</i> de produção em todo o fluxo de valor.	Horn e Cook (1997), Coleman e Vaghefi (1994), Rother e Shook (1999), Liker (2005), Marchwinski e Shook (2007), Smalley (2004), Matzka, Di Mascolo e Furmans (2012)
5 por quês	É uma técnica para identificação da causa raiz de um problema. Consiste em se perguntar "por quê?" repetidamente sempre que se encontrar um problema, identificando a relação da causa e efeito até chegar à causa raiz do problema.	Marchwinski e Shook (2007), Sobek e Smalley (2010)
A3	É um relatório em tamanho de um formato de papel A3, para identificação e análise de problemas, bem como plano de ação para sua tratativa. É uma ferramenta simples e de fácil utilização, fundamentada no ciclo PDCA (<i>Plan, Do, Check and Action</i>) não se limitando apenas à resolução de problemas da produção.	Sobek e Smalley (2010), Anderson, Morgan e Williams (2011), Gnanaguru et al. (2011), Ghosh (2012).

Fonte: Proposto pelo autor.

2.3 SEIS SIGMA

De acordo com Werkema (2002), o Seis Sigma (*Six Sigma* - SS) originou-se na Motorola em 1987 com objetivo de capacitar a empresa a enfrentar seus concorrentes, que tinham menores preços e produtos com qualidade superior. O programa SS desenvolvido pela Motorola foi reconhecido como principal fator de sucesso da empresa em 1988, quando ganhou o Prêmio Nacional de Qualidade Malcolm Baldrige. A popularidade e repercussão do SS no meio organizacional ocorreu em função dos resultados divulgados pela General Electric, sob o comando de Jack Welch no início da década de 90.

Para Werkema (2002), o SS pode ser definido como uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, pois este modelo tem como principal objetivo aumentar a lucratividade da empresa por meio da melhoria da qualidade dos produtos e processos, culminando o aumento da satisfação de seus clientes (internos e externos).

Pande et al. (2000) enfatizam que o SS é um sistema amplo e flexível, que visa atingir, sustentar e maximizar os objetivos do negócio. Além disto, os autores ressaltam que o SS é orientado pelo entendimento dos requisitos do cliente, pelo uso de fatos e dados, pelo forte uso de análises estatísticas, e pelas práticas de gerenciamento na condução de projetos de melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

Segundo Rotondaro et al. (2002), o SS pode ser considerado uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar a melhoria do processo, produtos e serviços, tendo como objetivo a obtenção da excelência na competitividade pela melhoria contínua de processos. Por consequência, elimina os erros, defeitos e falhas do processo, melhorando a lucratividade da empresa.

De acordo com Werkema (2002), o SS é considerado a metodologia da qualidade para este novo século. O seu propósito de ganhos drásticos na lucratividade das empresas tem levado várias delas a alcançar resultados importantes. Além da própria Motorola, empresas como Asea Brown Boveri – ABB, AlliedSignal e General Electric reportam ganhos de centenas de milhões de dólares com o uso do SS.

O trabalho de Hahn, Doganaksoy e Hoerl (2000) detalham a evolução do SS, e o trabalho de Aboelmaged (2010) explora os aspectos e tendência do SS em mais de 17 anos de literatura, compreendidos entre o período de 1992 a 2008.

2.3.1 Fundamentos

Segundo Mccarty et al. (2004), a estatística tem um papel fundamental para o controle e gestão da qualidade, devido ao fato de que a variabilidade só poder ser descrita em termos estatísticos. A variabilidade é causa de vários problemas indesejáveis no desempenho de um produto, serviços e processos que conseqüentemente irá ocasionar efeitos indesejáveis a organização.

O conceito da distribuição da curva normal de Carl Fredrick Gauss (Figura 12) possui dois parâmetros principais: centro da distribuição ou média (μ) e dispersão da distribuição ou desvio padrão (σ , sigma). De acordo com Mccarty et al. (2004), o desvio padrão de um conjunto de dados populacionais tem a finalidade de quantificar a dispersão ou variação desses dados em relação à média, mostrando a capacidade de um processo de atender uma especificação.

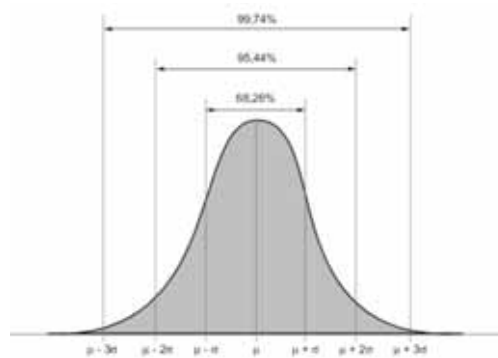


Figura 12: Distribuição normal e desvios padrão
Fonte: Adaptado de Werkema (2002)

De acordo com Werkema (2002), a distribuição da curva normal é usada para o estudo do padrão de ocorrências de elementos de várias populações de interesses. Esta curva descreve as características de qualidade, cuja variação é a soma de um grande número de pequenos erros independentes devido a diferentes causas.

Para Werkema (2002), no SS existem dois tipos de causas de variação: causas comuns (provocam no efeito uma variação esperada ou previsível, pois é natural do processo) e causas especiais (provocam no efeito uma variação peculiar ou fora do esperado, pois não é algo natural do processo).

O SS busca obter padrões de qualidade desejados, em termos de competitividade e excelência operacional. A métrica Sigma permite a medição de diferentes processos em termos de número de defeitos gerados pelo processo em um milhão de oportunidades (PPM –

Parte Por Milhão), sendo que, quanto maior for à quantidade de defeitos, maior será o custo da não qualidade (Figura 13).

Nível da qualidade	Defeitos por milhão	Percentual conforme	Custo da não qualidade (percentual do faturamento da empresa)
Dois Sigma	308.537	69,15	Não se aplica
Três Sigma	66.807	93,32	25 a 40%
Quatro Sigma	6.210	99,3790	15 a 25%
Cinco Sigma	233	99,97670	5 a 15%
Seis Sigma	3,4	99,999660	<1%

Figura 13: Tradução do nível sigma para a linguagem financeira

Fonte: Adaptado de Werkema (2002).

Segundo Antony e Banuelas (2002), o SS pode ter diferentes interpretações e definições. Entretanto, os autores destacam que a ideia fundamental por trás de sua filosofia é reduzir continuamente a variação dos processos e eliminar os defeitos, falhas de cada produto, serviço ou processo.

Ainda segundo os mesmos autores, o SS, em termos gerenciais, pode ser considerado uma estratégia para melhoria do negócio, usada para melhorar a rentabilidade, reduzir desperdícios, reduzir custos de qualidade, e melhorar a eficiência. Em termos estatísticos refere-se a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), onde o termo Sigma (σ) é usado para representar a variação do processo.

Alguns autores como Rotondaro (2002) e Perez-Wilson (1999) consideram o SS como uma filosofia, estratégia, visão, meta, medida, estatística, escala e benchmark. O trabalho de Schroeder et al. (2008) investiga a definição do SS e o que está além da teoria, entretanto, nas literaturas pesquisadas não foram encontradas definição explícita dos princípios do SS. Assim, para fins deste trabalho, considera-se como princípio básico do SS que: a satisfação dos clientes e dos acionistas pode ser fortemente e positivamente impactada por um processo contínuo de identificação e mitigação das variabilidades dos processos, buscando obter competitividade e excelência operacional por meio de padrões de qualidade em um nível de Seis Sigma.

2.3.2 Ferramentas e técnicas

Para atingir essa quantidade de seis desvios padrão, é necessária a investigação e a eliminação das causas comuns e especiais. Para alcançar este objetivo o SS possui um rigoroso método de melhoria da qualidade, constituído de cinco fases, denominado DMAIC.

A palavra DMAIC é a sigla correspondente a cada fase do processo (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) utilizado para a melhoria de um produto ou processo existente da empresa. Estas etapas garantem que as empresas sigam um método que aplique ferramentas e técnica de forma disciplinada e na sequência correta, para garantir a definição e execução dos projetos e incorporação dos resultados alcançados no processo atual.

De acordo com Werkema (2002), Rotondaro (2002), De Mast e Lokkerbol (2012) e Kumar e Sharma (2012), as etapas do DMAIC são estruturadas da seguinte forma:

- 1 *Define*: Consiste em definir claramente o problema a eliminar, definindo quais são os requisitos do cliente (VOC) traduzindo-as em Características Críticas para Qualidade (CTQ's), que são as variáveis que impactam diretamente na satisfação do cliente, seja este interno ou externo. É necessário também à definição da equipe responsável do projeto, o mapeamento processos críticos procurando identificar fatores relacionados com os CTQ's, e definir a análise de retorno esperado para validação com a alta gerência;
- 2 *Measure*: Consiste em selecionar e medir as principais variáveis dos processos (entradas ou "x") que afetam o desempenho do processo (y), ou seja, estabelecer as relações $Y=f(x)$, que serão foco da melhoria e as metas de desempenho. Esta fase é destinada a realizar estudos para avaliar o desempenho e capacidade atual do processo, analisar o sistema de medição de modo a ajustá-lo às necessidades do processo, e coletar dados do processo por meio de um sistema que produza amostras representativas e aleatórias;
- 3 *Analyze*: Consiste em analisar estatisticamente os dados coletados na fase anterior, para determinar as causas raízes dos problemas, ou seja, analisar as variáveis do processo (X's) para identificar a causa raiz da variação. Nesta fase deve-se também determinar a capacidade sigma atual do processo e estabelecer os objetivos de melhoria para o processo;
- 4 *Improve*: Consiste em reduzir a variação pelo uso de ferramentas e técnicas estatísticas e ações de melhoria para eliminar a causa raiz do problema. Os dados estatísticos ajustados na fase anterior são transformados em dados de processo para que a equipe possa calcular a nova capacidade do processo esperada, e agir sobre as causas raízes dos problemas, visando atingir as novas especificações do processo;

- 5 *Control*: Consiste em validar e manter as novas métricas estabelecidas e implementadas no processo na fase de melhoria, por meio de um sistema de medição e controle capaz de garantir a manutenção da capacidade do processo. As variáveis do processo (*X's* críticos), são monitorados para manter a capacidade do processo e captar oportunidades de melhoria futura.

Miguel et al. (2012) destacam que para auxiliar nestas cinco etapas, existem ferramentas e técnicas para o time de trabalho, processos e estatísticas utilizadas no SS. Raisinghani et al. (2005) promovem uma discussão sobre o método SS, abordando conceitos, ferramentas, técnicas, aplicações e como ele é visto por outras iniciativas de qualidade.

Muitas dessas ferramentas e técnicas são originárias da área de qualidade, gerenciamento de projetos e estatística. Essas ferramentas são empregadas ao longo das fases do DMAIC, podendo ser auxiliadas pelo uso de softwares estatísticos. As ferramentas usadas nas fases do DMAIC dependem da complexidade do projeto Seis Sigma que está sendo conduzido. Uma pesquisa *survey* realizada por Satolo et al. (2009) levantam uma série de ferramentas utilizadas em projetos SS. No trabalho de Werkema (2002), cada ferramenta é associada a uma etapa do DMAIC. Desta forma, são apresentadas as ferramentas associadas a cada fase no Quadro 4.

Quadro 4: Ferramentas usadas nas fases do DMAIC

Ferramentas usadas no Seis Sigma	
Fase do DMAIC	Ferramentas usadas
<i>Define</i>	Mapa de raciocínio; <i>Project Charter</i> ; Métricas do Seis Sigma, Gráfico Sequência, Carta de Controle; Análise das Séries Temporais; Análise Econômica; Voz do Cliente; SIPOC.
<i>Measure</i>	Avaliação dos Sistemas de Medição; Estratificação; Plano de Coleta de Dados; Folha de Verificação; Amostragem; Diagrama de Pareto; Histograma, Diagrama de dispersão; Índices de Capacidade; Análise Multivariada.
<i>Analyze</i>	Fluxograma, Mapa de Processo; Mapa de Produto; Análise do Tempo de Ciclo; FMEA; Diagrama de Dispersão; Cartas Multi Variada; <i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; Diagrama de Afinidades; Matriz de Causa e Efeito; Matriz de Priorização; Cartas de Controle; Análise de Regressão; Testes de Hipóteses; Análise de Variância; Planejamento de Experimentos; Análise de tempos de Falhas; Testes de Vida Acelerados;
<i>Improve</i>	Matriz de Priorização; Análise de <i>Stakeholder</i> ; Testes na Operação; Testes de Mercado; Simulação. Operação Evolutiva (EVOP), 5W2H; Diagrama de Árvore; Diagrama de Gantt; PERT/COM; Diagrama de Processo Decisório;
<i>Control</i>	Procedimento Padrão; <i>Poka Yoke</i> ; Relatório de Anomalias; OCAP (<i>Out of Control Action Plan</i>)

Fonte: Adaptado de Werkema (2002).

No Quadro 5 é apresentado um resumo sintético das principais ferramentas usadas no SS. Tais ferramentas são provenientes de outras áreas de conhecimento como estatística, ferramentas da qualidade, melhorias de processo e gestão de projetos.

Na condução dos projetos SS não é obrigatório o uso de todas as ferramentas disponíveis. O foco principal do método é a seleção e emprego das ferramentas certas para análise e solução do problema.

Quadro 5: Ferramentas usadas no Seis Sigma

Ferramentas usadas no Seis Sigma		
Ferramentas	Descrição	Referência sobre conceituação e aplicação
<i>Business Case</i>	É um documento que reúne as principais informações sobre o projeto Seis Sigma, tendo como objetivo alinhar o projeto com os objetivos estratégicos da empresa. Este documento justifica o porquê de se iniciar o projeto, de forma a estar alinhado com a direção da empresa para fornecer subsídios para a tomada de decisões e provimento de recursos para o projeto.	Werkema (2002), Rotondaro (2002), Kumar e Steinebach (2008), Kumar, Strandlund e Thomas (2008), Futerer (2009), Bass e Lawton (2009)
<i>Voice Of Customer (VOC)</i>	A ferramenta VOC consiste no processo de captura dos requisitos dos clientes, tanto explícitos como implícitos, para o projeto de um serviço ou produto.	Starbird (2002), Bass e Lawton (2009), Chen (2009), Futerer (2009), Narasimhan (2009).
<i>Project Charter</i>	É um documento guia de projeto que reúne todas as informações de maneira formal e detalhadas sobre o projeto Seis Sigma.	Werkema (2002), Rotondaro (2002), Johnson et al. (2010), Singh e Khanduja (2012).
<i>Critical To Quality (CTQ)</i>	Requisitos Críticos para a Qualidade são os requisitos de desempenho definidos pelo cliente para um produto ou serviço. Um CTQ pode ser um atributo ou um processo articulado pelo cliente, e é fundamental para o sucesso de um produto ou serviço. O CTQ deve ser estabelecido pelo cliente e deve ser mensurável e ter a especificação com tolerância permissível.	Perez-Wilson (1999) e Rotondaro (2002), Rowe (2006), Koziółek, Rusiński e Jamrozak (2010).
Mapa de Raciocínio	É uma ferramenta que registrar e organiza as atividades de forma macro ao longo do desenvolvimento do projeto Seis Sigma, demonstrando a forma de raciocínio e a interligação existente entre o business case e o <i>project charter</i> .	Perez-Wilson (1999), Werkema (2002) e Rotondaro (2002), Kumar e Sosnoski (2009), Marriott et al. (2013)
<i>Defects Per Million Opportunities (DPMO)</i>	O nível sigma de desempenho também é expresso como “defeitos por milhões de oportunidades” (DPMO). Estes indicam quantos erros apareceriam se uma atividade fosse repetida um milhão de vezes.	Perez-Wilson (1999), Werkema (2002) e Rotondaro (2002), Ravichandran (2008), Setijono (2008), Santos (2009), Etienne (2011), Sanders e Pagliari (2011)
Matriz de causa e efeito	A Matriz Causa e Efeito é uma matriz que serve para enfatizar a importância da compreensão dos requisitos do Cliente. A partir do Mapa do Processo é relacionado e priorizado os X's e os Y's (identificando as variáveis de saída críticas e avaliando o efeito de cada X em cada Y) através de uma classificação numérica. A Matriz Causa e Efeito tem como resultado um diagrama de Pareto em que são selecionados os X's que servirão como ponto de partida para o FMEA.	Werkema (2002), Rotondaro (2002), Futerer (2009), Bass e Lawton (2009), Lakshman, Kannan e Bhojraj (2010), Pyzdek e Keller (2010), Hekmatpanah (2011), Sarkar, Mukhopadhyay e Ghosh (2013)

<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	FMEA ou Análise dos Modos de Falha e Efeito é um método de análise de produtos ou de processos utilizado para identificar possíveis modos de falha, determinando o efeito de cada um sobre o desempenho do produto ou processo. As falhas são priorizadas em função de seus efeitos, frequência de ocorrência e capacidade de controles para evitar que a falha chegue ao cliente. Para tanto, são elaboradas ações que podem reduzir ou eliminar a possibilidade de ocorrência de uma falha em potencial.	Werkema (2002), Rotondaro (2002), Braaksma et al. (2012), Ioannis, Theodoros e Nikitas (2013), Selvan et al. (2013).
<i>Design of Experiments (DOE)</i>	DOE ou Delineamento de Experimentos são testes conduzidos de forma planejada, em que entradas ("X", que são fatores ou variáveis controladas) são alteradas de modo planejado para avaliar seu impacto sobre uma saída ("Y", resposta). O planejamento de experimentos, por conseguinte, é usado para aperfeiçoar o processo, aproximando os valores de saída aos requisitos nominais, igualmente, para reduzir a variabilidade e os custos totais. Em projetos, costuma-se, para selecionar parâmetros que tornem o projeto robusto, avaliar materiais alternativos e fixar os parâmetros-chave do projeto, ou seja, os parâmetros que impactam no desempenho do produto.	Calegare (2001), Rotondaro (2002), Souza (2002), Mccarty et al. (2004), Bass e Lawton (2009), Moscyński (2010), Pyzdek e Keller (2010), Firka (2011), Waigaonkar, Babu e Rajput (2011)
Análise de Variância (ANOVA)	A ANOVA tem como objetivo analisar as diferenças entre as médias aritméticas dos grupos, a partir de uma análise na variação dos dados, entre os grupos. Uma análise de variância visa fundamentalmente verificar se existe uma diferença significativa entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente.	Souza (2002), Shanmugaraja, Nataraj e Gunasekaran (2011) Singh e Khanduja (2011), Satsangi, Kumar e Prajapati (2013)
Simulação	A simulação permite incorporar testes complexos e regras operacionais para identificar as interações entre os sistemas e os efeitos da variabilidade do processo.	Ferrin, Muthler e Miller (2002), Ruthes, Ceretta, Sonza (2006), Sawyer, Muñoz e Curry (2010) Celano et al. (2012), Sharda e Bury (2012)
Teste de hipótese	Teste de Hipóteses é um método para verificar se os dados são compatíveis com alguma hipótese, podendo muitas vezes sugerir a não validade de uma hipótese. O teste de hipóteses é um procedimento estatístico baseado na análise de uma amostra, através da teoria de probabilidades, usado para avaliar determinados parâmetros que são desconhecidos numa população.	Mukhopadhyay e Ray (2006), Silva (2009), Mukhopadhyay e Ghosh (2013)
Análise de regressão	Análise de regressão é uma técnica estatística usada para modelar e investigar a relação entre duas ou mais variáveis.	Correa (2003) e Vicini (2005), Suffian e Ibrahim (2012), Satsangi, Kumar e Prajapati (2013), Ravichandran (2012)
Análise Multivariada	É uma ferramenta que permite a análise simultânea de medidas múltiplas para cada indivíduo ou objeto em análise, ou seja um método que permite a análise simultânea de duas ou mais variáveis.	Vicini (2005), Satsangi, Kumar e Prajapati (2013), Ravichandran (2012)
Controle Estatístico do Processo (CEP)	CEP é uma técnica de controle da Qualidade que consiste na coleta, análise e interpretação dos dados dos processos que posteriormente serão utilizados nas atividades de melhoria da qualidade de produtos e serviços. O CEP visa aumentar a capacidade dos processos, reduzindo refugo e retrabalho e, por consequência, o custo da não qualidade. Através do CEP é possível realizar um estudo de capacidade do processo para verificar o quão bom é realmente um processo. Quatro índices são gerados por um estudo de capacidade: Cp, Cpk, Pp e Ppk. Os dois primeiros são índices de Capacidade do processo, enquanto os outros dois são de Performance do processo.	Mccarty et al. (2004), Julien, Cherfi e Guyot (2006), Chakhunashvili e Bergman (2007), Benneyan (2008), Bass e Lawton (2009), Santos (2009), Pyzdek e Keller (2010) e Ribeiro e Caten (2012),
Análise do Sistema de Medição (MSA)	A análise do sistema de medição (MSA - Measurement Systems Analysis) é um conjunto de estudos estatísticos desenvolvidos para estudar e analisar o comportamento do sistema de medição, ou seja, certificar a adequação do sistema de medição à dimensão ou característica a ser medida, e por fim, proporcionar o aumento de confiança e certeza na leitura obtida nos instrumentos, assegurando que o sistema de medição continua adequado. Por meio destes estudos é possível determinar a Repetitividade e Reprodutibilidade do Sistema de Medição. A repetitividade se refere à variabilidade característica do instrumento de medição, e decorre da sua capacidade de fornecer leituras repetidas muito próximas (sob as mesmas condições). A reprodutibilidade se refere à capacidade de um Sistema de Medição apresentar os mesmos resultados a partir da alteração nas condições de medição (mudanças de avaliadores, diferentes turnos de trabalho, ou alterações de processo).	Hoffa e Laux (2007), Mariappan et al. (2012)

Modelo de Kano	O Modelo Kano é uma metodologia de captação de requisitos que classifica atributos do sistema em torno de seis categorias, sendo elas: unidimensionais, atrativos, obrigatórios, indiferentes, reversos e questionáveis. A partir da separação dos requisitos é possível relacionar os requerimentos de qualidade com a expectativa e a satisfação dos clientes.	Chen, Chang e Huang (2009), Narang e Albayyari (2009), Raharjo et al. (2010)
Método Taguchi	O método Taguchi ou Projeto Robusto é uma abordagem da qualidade voltada para o projeto do produto e do processo. Segundo Taguchi, a qualidade é medida pelo desvio que uma característica funcional apresenta em relação ao seu valor esperado. Tais desvios são causados pelos fatores chamados "Ruído" (temperatura, umidade, poeira, deterioração, etc.) e resultam em perda de qualidade do produto ("função perda"). O objetivo do método é determinar a função perda do produto e otimizá-la empregando técnicas estatísticas.	Chen e Kirby (2010), Etienne (2011), Shanmugaraja, Nataraj e Gunasekaran (2011)

Fonte: Proposto pelo autor.

2.4 INTEGRAÇÃO

Segundo a literatura pesquisada, existem iniciativas de integração TOC, LP e SS em pares e trios. Segundo o dicionário Michaelis de Weiszflog (2004) o conceito de integração refere-se ao ato ou processo de integrar, incorporar ou complementar. Sendo uma condição de constituir um todo pela adição ou combinação de partes ou elementos. A Integração TLS, consiste na formação de um conjunto que trabalha como um todo de forma harmoniosa, utilizando a adição e combinação dos métodos TOC, LP ou SS.

Como parte do segundo objetivo da revisão teórica, são apresentados tópicos que remetem a integração em pares, procurando explorar as principais iniciativas de se integrar os métodos. Posteriormente são apresentadas as comparações, complementaridades, antagonismos e as razões motivadoras para se integrar os três métodos.

Das publicações encontradas nas bases de dados pesquisadas, foram utilizadas as publicações mais relevantes, que tratam diretamente do assunto de integração em pares e em trios para a construção das próximas seções.

2.4.1 Integração da Teoria das Restrições e Produção Enxuta

A TOC e a LP utilizam sistemas distintos quando aplicadas em ambientes de produção. O primeiro é baseado no sistema de gerenciamento da restrição e o segundo baseado na produção puxada.

Os princípios e objetivos dos dois métodos possuem certas similaridades, bem como a existência de antagonismos, que serão apresentados nos parágrafos a seguir. Estas similaridades ou objetivos comuns são fontes para realização de iniciativas para uso integrado dos dois métodos.

Em uma pesquisa realizada na base de dados Scopus, é possível identificar a existência de 56 publicações sobre a combinação destes métodos. Estes dados são apresentados na Figura 14.



Figura 14: Quantidade de publicações sobre o tema TOC e LP
Fonte: Scopus

O trabalho de Wirjodirdjo (2013) apresenta algumas comparações entre os métodos TOC e LP. Em sua comparação, a LP possui objetivo de eliminação de desperdícios para aumentar os lucros e a TOC busca o aumento do ganho por meio do gerenciamento da restrição. O trabalho também apresenta as similaridades entre os passos do pensamento enxuto e os passos de focalização da TOC (Quadro 6).

Quadro 6: Comparações entre LP e TOC

Filosofia	Produção Enxuta	Teoria das Restrições
Teoria	Eliminar desperdícios	Gerenciar a restrição
Passos	Identificar o valor	Identificar a restrição
	Identificar o fluxo de valor	Explorar a restrição
	Fazer o valor fluir	Subordinar os processos à restrição
	Puxar a produção	Elevar a restrição
	Buscar a perfeição	
Foco	Tempo de fluxo	Restrição do sistema
Objetivos principais	Eliminar "muda" ou desperdícios	Aumentar os ganhos

Fonte: Adaptado de Wirjodirdjo (2013)

Dettmer (2001) destaca a existência de similaridades entre LP e TOC, sendo elas: método completo; processo de melhoria contínua; objetivo de obter alta lucratividade; o fluxo de valor se estende além da planta, compreendendo toda a cadeia de suprimentos; a importância da qualidade para o sucesso; pequenos lotes de produção; fluxo contínuo; produção somente do que é necessário; liberação de capacidade oculta; redução de inventários; participação dos colaboradores.

Além das similaridades, segundo o autor, existem pequenas e grandes diferenças entre LP e TOC. Algumas diferenças serão discutidas nesta seção e outras diferenças serão discutidas na seção 2.4.4.

Dettmer (2001) ressalta que as principais diferenças são importantes e requerem algumas escolhas. As duas maiores diferenças são:

- 1 Como cada um trata variabilidade e incerteza; e
- 2 Como cada uma trata os custos.

As demais diferenças, segundo o autor, são relativamente fáceis de conciliar. Estas diferenças pequenas e grandes são destacadas no Quadro 7.

Quadro 7: Diferenças entre LP e TOC

LP	TOC
1. Redução de custo (fixo e variável) é a melhor maneira para a lucratividade	1. Retorno sobre redução custos tem limite, ao contrário do ganho (<i>Troughput</i>)
2. Constante redução de esforço, espaço, custos e não conformidades (perfeição)	2. Redução de custos é secundária a geração de ganhos (geralmente aumento de vendas).
3. Todos os casos de redução de custos são celebradas	3. Apenas redução de custo na restrição irá trazer impactos imediatos
4. Recursos são tipicamente organizadas ao redor de um produto específico	4. Recursos são compartilhados através de linhas de produtos ou fluxo de valor.
5. Não diferencia entre restrição e não restrição; todas as mudanças negativas ou positivas são igualmente importantes.	5. Perda de tempo na restrição representa perda de ganho (dinheiro) em todo o sistema ; tempo ganho em um recurso não gargalo não irá gerar valor.
6. Estoques de pulmão são de coisas físicas	6. Pulmões são de tempo e não de coisas físicas.
7. Ênfase no fluxo de peça unitário (<i>one piece flow</i>)	7. Redução do fluxo
8. Sem diferenciação entre lotes de processos e tamanho de lotes de transferência	8. O tamanho do lote de processo é diferente do tamanho do lote transferência.
9. Procura eliminar toda a variabilidade; não se atentando em lidar com a incerteza do mercado.	9. Aceita a variação (Murphy) e incerteza do mercado como um modo de vida, e o sistema protege contra ambos.
10. Sem rede de segurança; ou tudo funciona ou nada funciona.	10. Nenhum trabalho é perfeito o tempo todo, então esteja preparado para isto.

Fonte: Adaptado de Dettmer (2001)

A presença de similaridades permite o uso combinado dos métodos TOC e LP. Guild (2012) e Dettmer (2001) apresentam duas propostas de modelo de integração.

O modelo de Dettmer (2001) apresentado na Figura 15 realiza a combinação dos Cinco Passos de Focalização da TOC com as ferramentas LP. De uma maneira geral, o modelo propõe os passos de focalização para realizar o gerenciamento da restrição e melhorar o sistema como um todo por meio das ferramentas disponíveis pela LP.

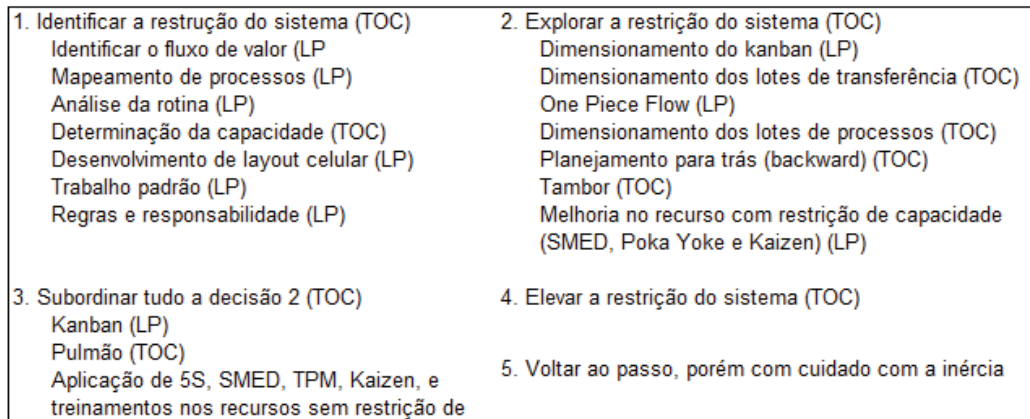


Figura 15: Modelo de integração TOC e LP
 Fonte: Adaptado de Dettmer (2001).

Guild (2012) apresenta um modelo de integração apresentado na Figura 16, em que é utilizada a estratégia da TOC e a estratégia da LP para desdobramento da meta do negócio e usar as táticas da LP para implantação dessas estratégias.

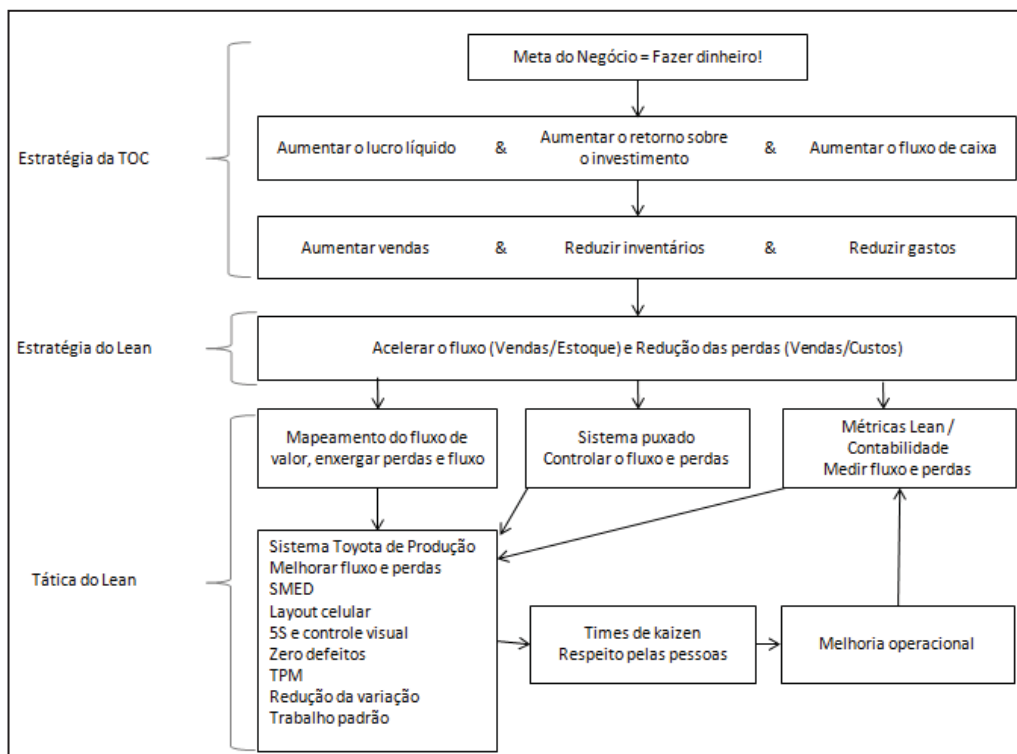


Figura 16: Modelo de integração TOC e LP
 Fonte: Adaptado de Guild (2012).

Além das publicações apresentadas na Figura 14, existem outras publicações relevantes sobre o tema de Integração e Aplicação TOC e LP, relacionadas no Quadro 8. Embora algumas publicações sejam “*White Papper*” ou “*Unpublish Papper*”, estes trabalhos mostram o interesse e a busca por melhores resultados, utilizando os fundamentos e técnicas da Teoria das Restrições e Lean.

Quadro 8: Publicações relevantes sobre o tema Integração TOC e LP

Publicação	Local de Publicação	Referência
A simulation comparison of traditional, JIT, and TOC manufacturing systems in a flow shop with bottlenecks	Production and Inventory Management Journal	Cook (1994)
Performance evaluation of JIT and TOC through simulation	University of Louisville	Manoharan (1997)
Theory of Constraints and Lean Manufacturing: Friends or Foes	Chesapeake Consulting	Moore e Scheinkopf (1998)
Um modelo conceitual para integração do Just In Time com a Teoria das Restrições em pequenas e médias empresas industriais	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Gusmão (1998)
Priorization and Integration of Lean Initiatives with Theory Of Constraints	Iowa State University	Schwain (1998)
Creating continuous improvement synergy with lean and toc	ASQ's. Annual Quality Congress Proceedings	Hein (1999)
Beyond Lean manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for higher performance	Port Angeles	Dettmer (2001)
Constraints and JIT Not necessarily cutthroat ENEMIES	APICS Magazine	Schagenheim e Dettmer (2001)
A comparative study of JIT and TOC system with varying constraint locations and operational characteristics	University of Missouri	Hemmondharop (2002)
An Analysis of JIT using the Theory of Constraints (TOC)	Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute	Ferguson (2002)
Selection of management accounting systems in Just-In-Time and Theory of Constraints-based manufacturing	International Journal of Production Research	Lea e Min (2003)
“Benchmarking Lean Manufacturing and the Theory of Constraints Implementations,”	Bearing Point	Hickey, Da Cruz e Seaver (2003)
Applying theory of constraints principles and lean thinking at the marine corps maintenance center	Defense Acquisition Review Journal	Srinivasan, Jones e Miller (2004)
Key constraint analysis: Achieve lean processes with the application of TOC	Construction Research Congress	Shen e Chua (2005)
Integrating Lean Manufacturing and the Theory of Constrai	Assembly Magazine	Srinivasan (2006)
Just-in-Time Under Fire: The Five Major Constraints Upon JIT Practices	Journal of American Academy of Business	Polito e Watson (2006)
Application of constrained management and lean manufacturing in developing best practices for productivity improvement in auto-assembly plant	International Journal of Productivity and Performance Management	Taj e Berro (2006)
Waste reduction and capacity protection: a case study of combining lean manufacturing with theory of constraints	EurOMA	Calia e Guerrini (2007)
Combining Lean initiatives with Theory Of Constraints in distributed product design chain management	Journal of Electronic Business Management	Ajoku (2007)
Theory of constraints and lean manufacturing - A case study from a low cost country	ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb	Fleischer et al. (2007)

Developing a manufacturing plant layout utilizing best-in-class concepts of lean manufacturing and theory of constraints of optimal macro-flow	American Society for Engineering Education Conference	Mehta (2008)
Standing on the Shoulders of Giants – Production concepts versus production applications: The Hitachi Tool Engineering example.	Revista Gestão & Produção	Goldratt (2009a)
Método estruturado para aplicação das técnicas de aumento da capacidade de produção de recursos gargalos em células de manufatura	Universidade de São Paulo	Martins Jr. (2009)
Toyota e TOC: uma comparação com base em seus princípios fundamentais	SIMPOI	Almeida et al. (2010)
Reducing Order Cycle Time Through a TOC-Lean Approach: A Case Study	Annual Solutions Conference	Villareal et al. (2010)
Comparing the Toyota Way and the Theory of Constraints	TOCICO Conference	Kohls (2012)
Theory of Constrains and Lean	Synchronous Management	Guild (2012)
STEPS: Lean thinking, theory of constraints and identifying bottlenecks in an emergency department	Irish Medical Journal	Ryan et al. (2013)
Lean And TOC: Leverage The Best Of Both	Profit-Chain	Zylstra (2002)
Produção Enxuta e Teoria das Restrições: Proposta de um método para implantação conjunta na indústria de bens de capital sob encomenda	Universidade Federal de São Carlos	Votto (2012)
Implementação de técnicas da Teoria das Restrições e da Mentalidade Enxuta: Estudo de caso em uma empresa automobilística	Universidade de Taubaté	Camargo (2012)

Fonte: Proposto pelo autor.

2.4.2 Integração da Teoria das Restrições e Seis Sigma

Para Jim et al. (2009), a TOC e o SS possuem filosofias diferentes, embora diversas empresas utilizam um destes métodos para complementar seus processos ou usam ambas para resolver suas necessidades. Para os autores, o SS possui a capacidade de resolução de problemas complexos que requerem soluções profundas e, em contrapartida, a TOC pode identificar as restrições no sistema e potencializar os ganhos na organização.

Da mesma forma que a seção anterior, foi realizada uma pesquisa na base de dados Scopus em que é possível identificar a existência de 21 publicações sobre a combinação destes métodos. Estes dados são apresentados na Figura 17.

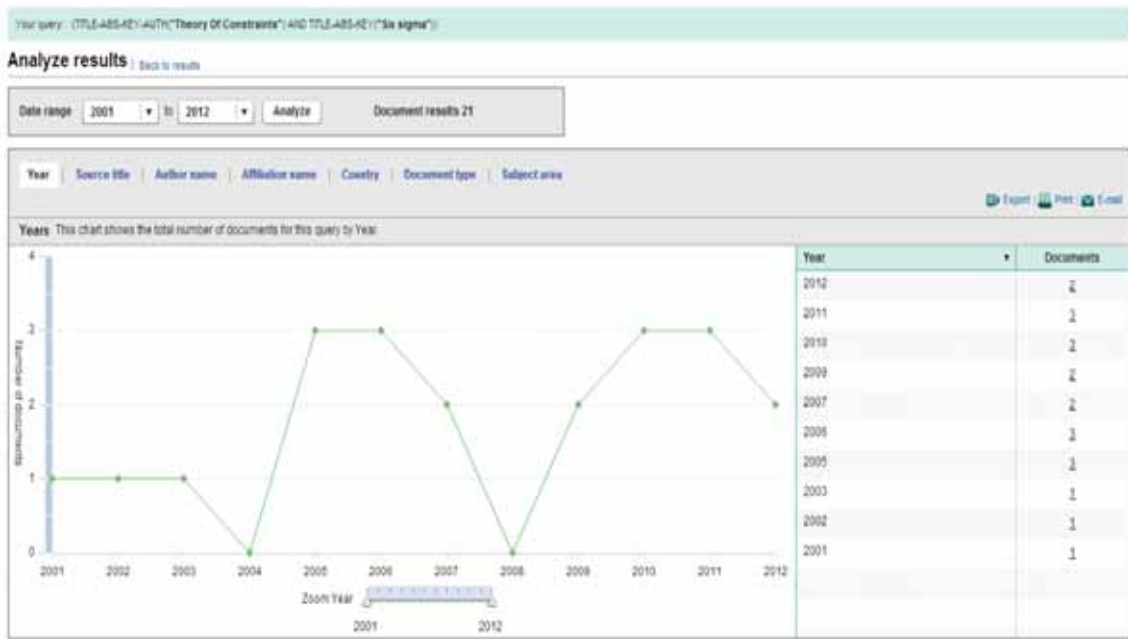


Figura 17: Quantidade de publicações sobre o tema TOC e SS
 Fonte: Scopus

Para Nave (2002), o modo mais comum de utilizar TOC e SS de maneira integrada consiste em identificar a restrição da empresa e, posteriormente, o SS é usado para reduzir a variação ou resolver problemas complexos.

Porém além desta característica levantada por Nave (2002), existem alguns contrastes entre a TOC e o SS. O trabalho de Patrick (2012) realiza uma comparação dos dois métodos, representado no Quadro 9. Segundo o autor uma das características mais importante é que o SS busca a melhoria de desempenho ou resolução de um problema no nível local de um sistema, enquanto que a TOC enfatiza a análise do sistema como um todo, tendo como foco o elo mais fraco da cadeia.

Quadro 9: Comparação e contrastes entre TOC e SS

Seis Sigma	TOC
<ul style="list-style-type: none"> • SS trabalha principalmente no nível local de um elo de ligação da cadeia de um sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • TOC trabalha principalmente ao nível da cadeia de um sistema, dirigindo o foco para o elo mais fraco e, em seguida, para as ligações entre essa restrição e outros aspectos do sistema.
<ul style="list-style-type: none"> • SS tem sua filosofia baseada em análise de dados quantitativos e é ótimo para resolver questões técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • TOC, com as suas ferramentas baseadas na lógica, fornece a força para lidar com o que poderia ser considerada uma análise "qualitativa", e é útil para lidar com dilemas ou conflitos.
<ul style="list-style-type: none"> • SS procura identificar a causa raiz do problema com "ferramentas qualidade" tradicionais, como o diagrama de espinha de peixe (<i>Ishikawa</i>), e com pesquisas e <i>brainstorming</i> para levantamento de causas possíveis de um único problema. Isto é muito apropriado para sistemas relativamente simples (projetado), mas não é apropriado para sistemas complexos, evoluídos, ou a auto-referência de sistemas organizacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • A abordagem da TOC para análise da causa raiz é centrada no processo de raciocínio, como a utilização da Árvore da Realidade Atual, onde parte de uma análise de uma série de problemas diversos com os quais o sistema sofre e, em seguida, constrói rigorosa lógica de causa e efeito para identificar uma ou poucas causas comuns na raiz de todos os problemas.

<ul style="list-style-type: none"> • SS possui suas raízes na qualidade, centrando-se na minimização da variação dos processos. 	<ul style="list-style-type: none"> • TOC primeiro se esforça para construir processos "logísticos" que são robustos o suficiente para lidar com a variação atual, e através de conceitos como os cinco passos de focalização e "gerenciamento do pulmão," identificam onde os ataques de redução de variação dará o maior retorno sobre os investimentos.
<ul style="list-style-type: none"> • A abordagem SS de valor para o cliente está intimamente ligada a assegurar que os produtos e serviços entregues atendam ou excedam as especificações ou exigências dos clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • TOC foca no gerenciamento da restrição para um recurso com restrição de capacidade (dentro da empresa) e na restrição de mercado (fora da empresa), desta forma consegue definir o valor máximo para um segmento de mercado ou dos clientes em termos de restrição interna ou externa.

Fonte: Adaptado de Patrick (2012)

Em relação às propostas de integração, foram encontrados dois modelos de Integração TOC e SS, propostos por Ehie e Sheu (2003) e Ehie e Sheu (2005) e Jin et al. (2009) se , que serão apresentados nos próximos parágrafos.

Ehie e Sheu (2005) propõem um modelo de integração entre TOC e SS (Figura 18) a partir de uma experiência aplicada em uma empresa multinacional.

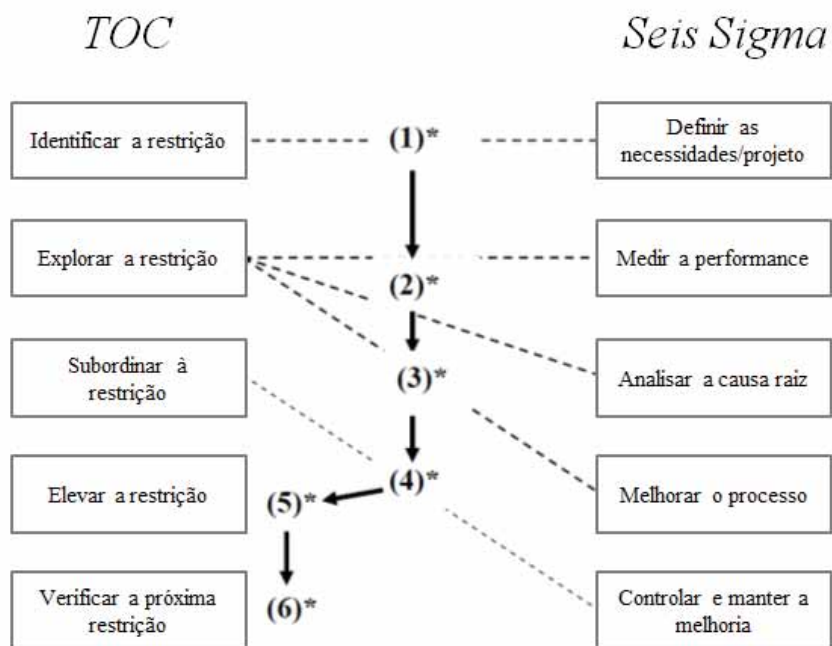


Figura 18: Modelo de integração TOC e SS
Fonte: Adaptado de Ehie e Sheu (2005).

O modelo proposto por Ehie e Sheu (2005) é constituído de seis fases, constituindo uma combinação das fases do método DMAIC do Seis Sigma e os Passos e Focalização da TOC. As fases do modelo proposto são descritas como:

- Passo 1 é idêntico para ambas às estratégias, com objetivo de identificar restrição atual(ais) que bloqueiam o desempenho global do sistema, e selecionar um processo específico para realizar a melhoria na restrição. Esta fase compreende a utilização da fase de definir o problema (*Define*) e a identificação da restrição (primeiro passo de focalização da TOC);
- Passo 2 consiste em utilizar as duas fases do Seis Sigma de medir (*Measure*) e analisar (*Analyze*) para mensurar o desempenho atual do processo e identifica as causas que precisam ser corrigidas;
- Passo 3 consiste na aplicação da fase de melhorar (*Improve*) do Seis Sigma usando ferramentas e técnicas estatísticas e de melhoria da qualidade e processos, para eliminar as causas do problema e melhorar a capacidade atual do processo. Os passos 2 e 3 referem-se também a fase de explorar a restrição (TOC);
- Passo 4 consiste em aplicar a fase de controle (*Control*) do Seis Sigma, de modo a assegurar que as alterações realizadas no passo três sejam sustentadas. Nesta fase também é aplicado o terceiro passo de focalização da TOC, de modo que os demais processos sejam subordinados a restrição;
- Passos 5 e 6, são os dois últimos passos de focalização da TOC, onde o gestor deve avaliar se a melhoria do processo é insuficiente para satisfazer as necessidades dos clientes, podendo considerar investimentos adicionais para aumentar a capacidade do processo. Ao término do passo 5, os gestores devem ficar atentos para a natureza dinâmica do sistema de produção e monitorar novas restrições.

Outro modelo de integração entre TOC e SS (Figura 19) é proposto por Jin et al. (2009) e que também é derivado de um estudo de aplicação, especificamente em uma linha de produção de motores. O modelo proposto por este autor procura organizar as fases dos dois métodos de modo sequencial, procurando manter o equilíbrio entre ambos.

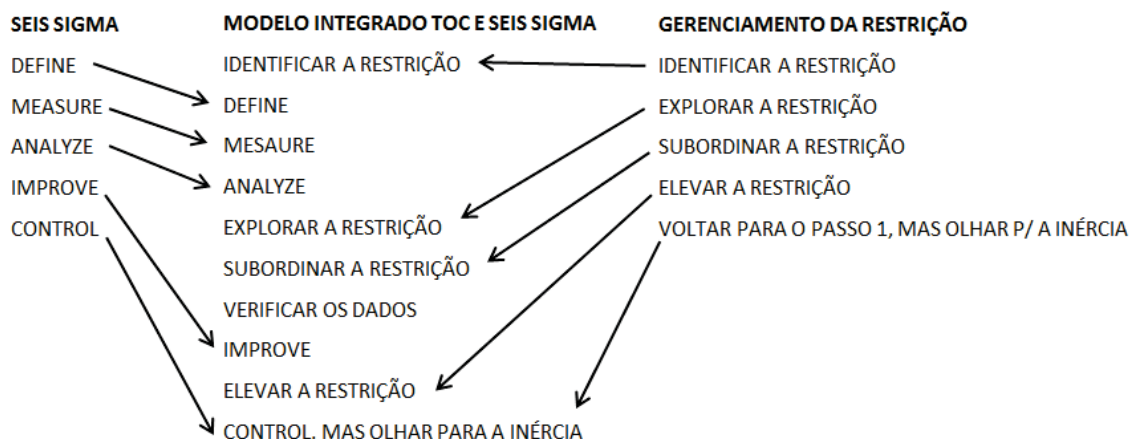


Figura 19: Modelo de integração TOC e SS
 Fonte: Adaptado de Jin et al. (2009).

O modelo proposto por Jin et al. (2009) é constituído de 10 fases, sendo descritas pelos autores como:

- Passo 1: Identificar a restrição no sistema, analisando a situação da indústria ou área a ser estudada como um todo, para chegar ao problema central (core problem);
- Passo 2: Definir (Define) o problema, ou seja identificar o CTQ (*Critical To Quality*) mais significativo que incide sobre o ponto da restrição;
- Passo 3: Medir (Measure) o status atual do problema associado ao CTQ por meio de uma variedade de ferramentas estatísticas, dependendo da necessidade;
- Passo 4: Analisar (Analyze) os dados das variáveis associadas ao problema, e identificar a causa raiz do problema;
- Passo 5: Explorar a restrição, maximizando a sua utilização. As ferramentas utilizadas nesta fase dependem do problema, uma vez que cada problema pode variar a equipe deve analisar as diferentes abordagens para obter o máximo da restrição;
- Passo 6: Subordinar os demais processos a restrição, fazendo com que todas as áreas sigam o ritmo da restrição, evitando ter estoques excessivos nas áreas;
- Passo 7: Verificar os dados, esta fase foi adicionada nesta parte do modelo para validar os dados para a realização da melhoria;

- Passo 8: Melhorar o projeto, para resolver o problema ou melhorar o CTQ, o modelo recomenda a utilização da ferramenta de Delineamento de Experimentos (DOE) para encontrar uma solução que satisfaça a variância;
- Passo 9: Elevar a restrição, nesta etapa procurar a melhor abordagem para quebrar a restrição e movê-la da área;
- Passo 10: Controlar e prestar atenção na inércia, a última etapa garante que as melhorias e modificações continuem ao longo do tempo.

Outro modelo de integração é proposto por Soni (2011), que é constituído por quatro fases representadas na Figura 20.

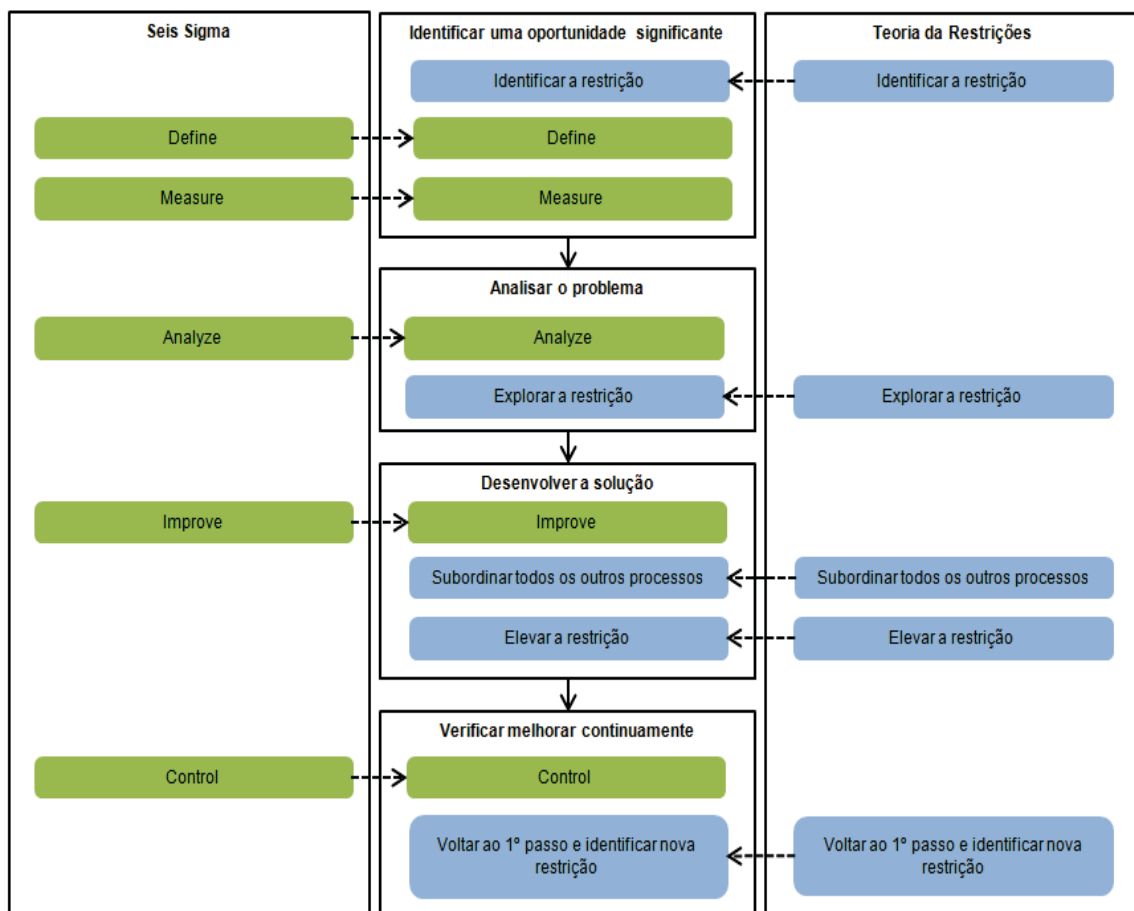


Figura 20: Modelo de integração TOC e SS
Fonte: Adaptado de Soni (2011).

Para o autor, a integração da TOC e SS é realizada por meio da junção dos passos de cada método, constituindo quatro grandes passos:

- Passo 1: Identificar a oportunidade significativa, por meio de: o primeiro passo de focalização da TOC, determinando a restrição do sistema; a primeira fase de *Define* para determinar o CTQ mais significativo; a segunda fase de *Measure* para determinar o desempenho atual e coletar dados do processo para realizar a análise do sistema de medição;
- Passo 2: Analisar o Problema, por meio de: fase *Analyze* do SS para estabelecer a capacidade de processo gargalo e identificar as fontes de variações e causa raiz do problema; Complementar a análise com o segundo passo TOC, identificando formas de explorar o processo de restrição ou gargalo de sua capacidade total;
- Passo 3: Desenvolver a solução, por meio de: utilização da fase de *Improve* do SS, aplicando melhorias no ponto de oportunidade significativa; aplicação do terceiro passo da TOC, subordinando todos demais processos a restrição; e aplicação do quarto passo de focalização, elevando a restrição, promovendo um aumento de sua capacidade;
- Passo 4: Verificar e melhorar continuamente, por meio de: aplicação da fase *Control* do Seis Sigma, recolhendo feedback sobre o desempenho do novo processo usando gráficos de controle de ferramentas fase de controle; Continuar a busca da excelência e começar com a primeira etapa do TOC para descobrir nova restrição.

Segundo Jin et al. (2009), as vantagens de se integrar os dois métodos podem ser descritas como: foco na restrição do sistema, seleção dos projetos SS que podem gerar mais lucros e gerenciamento da restrição com auxílio de ferramentas gráficas e estatísticas.

Os autores também destacam pontos que podem ser considerados negativos no uso integrado dos dois métodos, tais como: a redução da variação nem sempre irá elevar a capacidade da restrição do sistema; os processos subordinados à restrição podem ter uma elevada quantidade de rejeições, tendo em vista que os esforços SS foram concentrados na restrição do sistema; incerteza de ordem de aplicação dos princípios de cada método.

Além das 21 publicações referentes sobre a combinação destes métodos apresentados na Figura 17, existem outras publicações que foram consideradas relevantes sobre o tema, a relação de publicações são mostradas no Quadro 10.

Quadro 10: Publicações relevantes sobre o tema Integração TOC e SS

Publicação	Local de Publicação	Referência
Integrating Six-Sigma and theory of constraints for continuous improvement: A case study	Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute	Ehie e Sheu (2003)
Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study	Journal of Manufacturing Technology Management	Ehie e Sheu (2005)
Proposta de um modelo de integração das abordagens Seis Sigma e Teoria das Restrições: um estudo de caso	Universidade Metodista de Piracicaba	Almeida (2007)
Competition or Complement - Six Sigma and TOC	Material Handling Management	Husby (2007)
Integrating the Theory Of Constraints and Six Sigma in a Manufacturing improvement process	Texas A&M University	Herrera (2009)
Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement	World Academy Science, Engineering and Technology	Jim et al. (2009)
A Review on Quality Improvement and Theory of Constraints (TOC)	ICQR - Quality and Reliability	Kasemset (2011)
Four Ways to Combine Six Sigma With Theory of Constraints (TOC)	Process Excellence Network	Soni (2011)
Combination of theory of constraints, root cause analysis and Six Sigma for quality improvement framework	International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	Lee e Chang (2012)
TOC and Six Sigma - Better Together	Focused and Performance	Patrick (2012)

Fonte: Proposto pelo autor.

2.4.3 Integração da Produção Enxuta e Seis Sigma

De acordo com Pepper e Spedding (2010), a integração LP e SS é mais conhecida como *Lean Seis Sigma* (LSS). Esta integração tem como objetivo atingir todo o tipo de oportunidade de melhoria dentro de uma organização, pois se considera que SS é implementado apenas por alguns indivíduos específicos dentro de uma empresa (chamados *Black Belts*) e as iniciativas da LP tem como objetivo a capacitação e educação de todos na organização para identificar e eliminar atividades sem agregação de valor.

A integração destes dois métodos é mais conhecida e mais aplicada que a integração TOC com LP e TOC com SS. Esta constatação é observada na quantidade de publicações existentes na base de dados Scopus, representada na Figura 21, totalizando um resultado de 800 publicações.



Figura 21: Quantidade de publicações sobre o tema LP e SS
 Fonte: Scopus

Pepper e Spedding (2010) afirmam que se os dois métodos forem implementados de forma isolada, os resultados podem não ser eficazes, pois ambos podem ter frentes de trabalhos diferentes, disputar recursos da empresa e até mesmo criar duas subculturas dentro da organização. Salientando essas características, os autores destacam as sinergias entre os dois métodos, que são apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11: Sinergias entre LP e SS

Lean	Seis Sigma
Estabelece uma metodologia para a melhoria	Possui uma política ou metodologia de implantação
Foco no fluxo de valor	Medição dos requisitos dos clientes
Utiliza como base projetos de implantação	Habilidades de gerenciamento de projetos
Compreende as condições atuais	Definição e medição do estado atual
Coleta informações de produtos e produção	Coleta de dados e ferramentas de análise
Documenta o fluxo e o layout atual	Mapeamento de processo e mapa de fluxo
Tempo de processo	Ferramentas e técnicas de coleta de dados, SPC
Calcula a capacidade do processo e o tempo takt	Ferramentas e técnicas de coleta de dados, SPC
Criação de folhas de processo padrão	Planejamento do controle do processos
Avalia as opções	Causa e efeito, FMEA
Planeja novos layouts	Habilidades da equipe e gerenciamento de projetos
Testa para confirmar a melhoria	Métodos estatísticos para validação do processo, SPC
Redução do tempo de ciclo, produtos defeituosos, tempo de setup, falhas de máquinas e etc.	Sete ferramentas de gerenciamento, sete ferramentas de qualidade, Delineamento de Experimento (DOE).

Fonte: Adaptado de Pepper e Spedding (2010).

Segundo Arnheiter e Maleyeff (2005), uma organização LSS irá capitalizar os pontos fortes de ambos os modelos. O autor classifica esses pontos em três princípios primários de cada método, sendo eles:

- 1º ponto forte LP: o método incorpora uma filosofia dominante que busca maximizar o conteúdo de valor agregado de todas as operações;
- 2º ponto forte LP: o método avalia todos os sistemas para garantir que as melhorias resultem em otimização global (fluxo de valor), em vez de otimização local;
- 3º ponto forte LP: o método incorporar um processo de tomada de decisões de gestão que fundamenta todas as decisões sobre o seu impacto relativo sobre o cliente;
- 1º ponto forte SS: o método baseia-se em dados para qualquer tomada de decisão, de modo que as mudanças são baseadas em estudos científicos e não em suposições;
- 2º ponto forte SS: o método busca a redução ou eliminação da variação de uma característica de qualidade;
- 3º ponto forte SS: o método busca projetar e implementar em toda a empresa um regime altamente estruturado para formação e treinamento.

Segundo Arnheiter e Maleyeff (2005), além destas vantagens, os resultados obtidos com o uso do LSS são superiores, do ponto de vista da empresa e do cliente quando comparados com os métodos aplicados de forma isolada. Esta constatação é representada na Figura 22



Figura 22: Comparação LP, SS e Lean Seis Sigma

Fonte: Adaptado de Arnheiter e Maleyeff (2005).

O trabalho de Antony (2011) aponta algumas das principais diferenças entre os métodos LP e SS. Sob a ótica de gerenciamento e melhoria contínua, o autor destaca as seguintes diferenças: aplicação do método SS requer mais treinamento intensivo se comparado com o método LP; aplicação do SS requer mais investimento do que a implantação da LP; a LP é fundamentalmente usada para enfrentar as questões de ineficiências dos processos, enquanto o SS é usado para enfrentar as questões de eficácia do processo; o SS eliminará os defeitos do processo, mas isto não está endereçado à questão de como otimizar o fluxo do processo. Em contraste, os princípios da LP não são muito úteis para alcançar alta capacidade e estabilidade do processo.

Em relação à proposta de modelos de integração, foi encontrado o modelo de Salah, Rahim e Carretero (2010). Segundo estes autores, os dois métodos podem ser usados de maneira integrada, combinando as fases do ciclo DMAIC com os cinco passos do Pensamento Enxuto (Figura 23).

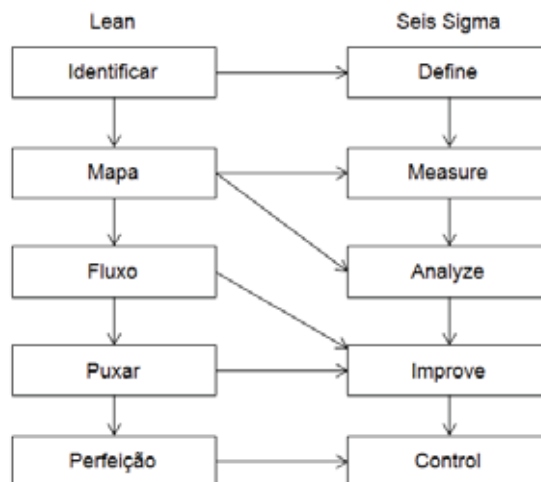


Figura 23: Modelo integração LP e SS
Fonte: Adaptado de Salah, Rahim e Carretero (2010).

No modelo os autores utilizam uma seta de sentido único para enfatizar que o modelo proposto usa a estrutura global DMAIC para LSS. A fase Definir é o ponto de partida para compreensão do problema e o que é valor para o cliente. O mapeamento de estado atual (ferramenta LP) é utilizado na fase de Medição e Análise e com a coleta de dados são formadas as linhas de bases e para geração de ideias de Melhoria. A fase em que é realizada a melhoria do processo visa obter um melhor fluxo de valor de modo a consolidar o mapeamento do estado futuro, respeitando o conceito de puxar a demanda conforme a

necessidade do cliente. Finalmente, na fase de Controle o processo é aperfeiçoado por meio da introdução de controles e procedimentos para garantir melhorias.

A integração LP e SS pode ser considerada uma integração mais consolidada em termos de utilização pelas empresas. Na pesquisa realizada na base Scopus, foi identificada um universo de 800 publicações referentes à combinação destes métodos (Figura 21), o Quadro 12 lista algumas publicações relevantes sobre o tema Integração LP e SS.

Quadro 12: Publicações relevantes sobre o tema Integração LP e SS

Publicação	Local de Publicação	Referência
Lean Six Sigma: combining Six Sigma with Lean Production Speed	MCGraw-Hill	George (2002)
The integration of lean management and Six Sigma	The TQM Magazine	Arnheiter e Maleyeff (2005)
A review and comparison of six sigma and the lean organisations	The TQM Magazine	Bendell (2006)
Essentials of Lean Six Sigma	Elsevier	Taghizadegan (2006)
Lean Six sigma in service : applications and case studies	CRC Press	Futerer (2009)
A guide to Lean Six Sigma Management Skills	CRC Press	Gitlow (2009)
Lean Six Sigma guide to doing more with less: Cut costs, reduce waste, and lower your overhead	John Wiley & Sons	George (2010)
The evolution of lean Six Sigma	International Journal of Quality & Reliability Management	Pepper e Spedding (2010)
The integration of Six Sigma and lean management	International Journal of Lean Six Sigma	Salah, Rahim e Carretero, (2010)
Lean Six Sigma - getting better all the time	International Journal of Lean Six Sigma	Snee (2010)
Reflective Practice: Six Sigma vs Lean, some perspectives from leading academics and practioners	International Journal of Productivity and Performance Management	Antony (2011)
Standards for Lean Six Sigma certification	International Journal of Productivity and Performance Management	Laureani e Antony (2011)
When Lean and Six Sigma converge: a case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an aerospace company	International Journal Technology Management	Akbulut-bailey, motwani e smedley (2012)
Observation: A Lean tool for improving the effectiveness of Lean Six Sigma	TQM Journal	Arumugam, Antony e Douglas (2012)
Lean Six Sigma (LSS): An implementation experience	European Journal of Industrial Engineering	Chakravorty e Shah (2012)
Information analysis: A lean and six sigma case study	Business Information Review	Goodman (2012)
A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma	International Journal of Quality and Reliability Management	Hilton e Sohal (2012)
Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application	International Journal of Quality and Reliability Management	Assarlind, Gremyr e Bäckman (2013)
Lean Six Sigma methodology and application	Quality and Quantity	Atmaca e Girenes (2013)

Fonte: Proposto pelo autor.

2.4.4 Integração da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma

Conforme apresentado na Figura 6, a quantidade de publicações sobre o tema Integração TLS é relativamente pequena. Em termos de publicações de estudos de casos, este número é ainda menor.

Na construção da pesquisa, além de teses, dissertações e artigos publicados em periódicos e congressos, buscou-se por outras publicações encontradas na internet como *white papper*, *unpublish papper* e *websites*. O Quadro 13 apresenta o resumo destas publicações.

Quadro 13: Publicações sobre Integração TLS

Publicação	Local de Publicação	Referência
How to compare Six Sigma, Lean and Theory of Constraints. A framework for choosing what's best for your organization	Quality Progress Magazine	Nave (2002)
"Lean, TOC or Six Sigma: Wich Tune Should a Company Dance To?"	Society of Manufacturing Engineers	Thompsom (2003)
Integrating Lean Six Sigma and AIRSpeed within the NAVAIR 4.1 Organizational Improvement Efforts.	High Performance Org	Harnden (2004)
Application of Lean, Six Sigma, and TOC on the Boeing Production System	IIE Annual Conference and Exposition	Bournigal e Daniels (2005)
New horizons for shipbuilding process improvement	Maritime Technology Conference and Expo and Ship Production Symposium	Inozu et al. (2005)
Effects of Combined Approach of Theory of Constraints, Lean and Six Sigma on Process Improvement.	PhD Thesis. USA: Kennedy Western University	Pirasteh (2005)
A Comparison of Business Improvement Methodologies: Are They Converging Towards One Universal Approach?	The University of Nottingham	Curtis (2006)
Process Improvement at the Aircraft Intermediate Maintenance Detachment (AIMD) at Naval Air Station Whidbey Island	Naval Postgraduate School, Monterey	Jafar, Mejos e Yang (2006)
Continuous Improvement Trio: The Top Elements of TOC, Lean, and Six Sigma Make Beautiful Music Together	APICS Magazine	Pirasteh e Farah (2006a)
Squeezing the MOST from Continuous, Key leadership principles make	APICS Magazine	Pirasteh e Farah (2006b)
How constraints management enhances Lean and Six sigma	Supply Chain Management Review	Spector (2006)
Continuous Innovation Process and Knowledge Management	IOS Press	Košturiak e Debnár (2007)
An Investigation of Theory of Constraints (TOC) and Related Techniques in HealthCare Operations	Nottingham University Business	Ku (2007)
Analysis of the United States Marine Corps Continuous Process Improvement Program Applied to the Contracting Process at Marine Corps Regional Contracting Office – Southwest	Naval Postgraduate School	Mccomas, Harrington e Oliver (2007)
Patient Safety with Six Sigma, Lean, or Theory of Constraints	IIE Society for Health System	Quetsch (2007)
Using TOC, Lean, and Six Sigma: Using Sigma to Improve Supply Chain to Operations	Continuous Process Improvement Symposiums	Lindsay e Edwards (2008)
Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance	AGI	AGI (2009a)

The Enterprise AIRSpeed Journey: Strategic Direction and the Integration of the Theory of Constraints, Lean, and Six Sigma (TOCLSS) to Achieve Focused System Improvement	AGI	AGI (2009b)
Creating Perfect Harmony - How to solve the discords of TOC and LSS	TOCICO Conference	Bergland e Bergland (2009)
Quality improvement: Theory and practice	British Journal of Health Care Management	Boaden (2009)
Pyramid Power: Get bottom-line results by combining LSS and the Theory Of Constraints	Quality Progress	Creasy (2009)
Gerenciamento da Usina de Beneficiamento sob uma Visão Multidisciplinar	Revista Mineiros	Fonseca et al. (2009)
The many sides of TLS	APICS Magazine	Pirasteh e Horn (2009)
Create A Winning Process Improvement Strategy: How One Service Business Achieved Results	Operations Excellence	Pitcher (2009)
Maximizing Profits Through the Integration of Lean, Six Sigma and Theory of Constraints	Process Excellence Network	Sproull (2009a)
To focus improvement efforts Find the "Leverage Point"	Foundry Management & Technology	Sproull (2009b)
The PECO Journey: Tackling-Grasping Sustaining Velocity	Continuous Process Improvement Symposium	Zahora, Zahora (2009)
Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance	McGraw-Hill	AGI (2010a)
TIMCO Aviation Services: The Importance of Strategic Alignment for Successful Solutions	AGI	AGI (2010b)
Corning Display Technologies Supply Chain Success Through Demand Pull	AGI	AGI (2010c)
Republic Industries International Part I—The Journey Begins	AGI	AGI (2010d)
Republic Industries International Part II—Understanding Throughput	AGI	AGI (2010e)
Republic Republic Industries International Part III—Improving Delivery Performance	AGI	AGI (2010f)
Towards An Integration Of The Lean Enterprise System, Total Quality Management, Six Sigma And Related Enterprise Process Improvement Methods	Encyclopedia of Aerospace Engineering	Bozdogan (2010)
The Construction of Production Improvement Model for Aerospace Manufacturing Suppliers	Key Engineering Materials	Chang, Huang, Torng (2010)
Practical Integration of TOC, Lean and Six Sigma to Achieve Breakthrough Business Performance	AGI	Cole, Garant e Dille (2010)
Injection TOC with Lean Six Sigma into Process Improvement Healthcare	TOCICO Conference	Inozu (2010)
Na velocidade da luz: Como integrar a manufatura Lean, o Six Sigma e a Teoria das Restrições para atingir uma performance extraordinária	Elsevier	Jacob, Bergland e Cox (2010)
The Need to Integrate TOC, Lean, Six Sigma and Management by Processes	TOCICO Conference	Moura (2010)
Integration of Lean, Six Sigma & TOC Improves Performance.	IndustryWeek Magazine	Pirasteh e Calia (2010)
Profitability With no Boundaries: Focus, reduce waste, contain variability, optimize TOC, Lean, Six Sigma Results	ASQ Quality Press	Pirasteh e Fox (2010)
The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the integration of Lean, Six Sigma and Theory of Constraints	CRC Press	Sproull (2010)
Viable Vision for Health Care Systems	Theory Of Constraints Handbook	Wadhwa (2010)
Creating Perfect Harmony - How to solve the discords of TOC and LSS	Velocity World Conference	Mendenhall (2011)
Critical evaluation of the Theory of Constraints Lean Six Sigma continuous improvement management approach	Potchefstroom Campus of the North-West University	Tonder (2011)

Expert knowledge	Industrial Engineer: IE Proceedings	Pirasteh (2011)
Continuous Process Improvement in Higher Education: Achieving Excellence through a Systems Perspective Utilizing Lean, Six Sigma, and Theory of Constraints	Unpublish Papper	Inozu (2012a)
Introducing System CPI: An integrated roadmap to deploy and manage process improvement initiatives.	Novaces	Inozu (2012b)
Applying Industrial Management Methodologies to Healthcare	KTH Industrial Engineering and Management	Llobera (2012)
Trois Méthodes d'amélioration valent mieus qu'une	Usine Nouvelle Magazine	Marris (2012a)
Renouer avec la croissance en combinant Théorie des Contraintes, Lean et 6 Sigma	Conférence Carrefours Logistiques	Marris (2012b)
La révolution ToC Lean Six Sigma dans les services: comprendre, analyser et améliorer la performance de sa relation de service .	Lexitis Editions	Meyer (2012)
Using TOC-TP as a Guide to Integrate Lean, Six Sigma, Process Management and TOC Solutions for Business Improvement.	TOCICO Conference	Moura (2012)
Improvement Methodology Integration: A framework For Comparing Six-Sigma, Lean Thinking and Theory of Constraints.	Unpublish Papper	Nave (2012)
Integrando a estratégia de produção com a Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: uma abordagem metodológica.	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	Pacheco (2012)
Which Continuous Process Improvement Method Should I Choose?.	iTLS-ISO	Pirasteh (2012)
Maximizing Profits by Integrating Lean, Six Sigma, and the Theory Of Constraints.	The Quality Managent Forum	Sproull (2012a)
Epiphanized: Integrating TOC, Lean, Six Sigma	Continuous Process Improvement Symposiums	Sproull (2012b)
Théorie des Contraintes, Lean et Six Sigma En finir avec les querelles de chapelles	Conférence ProGection	Marris (2013a)
How to quickly become a much better manufacturer than your competitors?	Supply Chain Conference	Marris (2013b)

Fonte: Proposto pelo autor.

Um estudo de caso prático e quantitativo da aplicação da Integração TLS foi tese de *PhD* na Universidade de Kennedy Western, Estados Unidos, realizado por Pirasteh (2005), sob o título de “*Effects of Combined Approach of Theory Of Constraints, Lean and Six Sigma on Process Improvement*”. Entretanto, esta publicação não está disponível para o público e alguns detalhes desta obra são apresentados no livro “*Profitability With no Boundaries: Focus, reduce waste, contain variability, optimize TOC, Lean, Six Sigma Results*” de Pirasteh e Fox (2010).

Tonder (2011) apresenta um trabalho de Mestrado em Engenharia em Desenvolvimento e Gerenciamento, no Campus de Potchefstroom da Universidade de North-West, África do Sul. Este trabalho, intitulado “*Critical evaluation of the Theory of Constraints Lean Six Sigma continuous improvement management approach*” é um desenvolvimento de um estudo de caso qualitativo do uso da Integração TLS.

No Brasil, existem três empresas que realizam implantação da Integração TLS por meio de modelos (detalhados nos próximos capítulos). A quantidade de empresas nacionais

que utiliza esses modelos é baixa e até o presente momento não foram encontrados estudos de casos, por meio de dissertação ou tese, que exploram a utilização da Integração TLS em empresas.

Por meio de uma pesquisa por teses e dissertações nas principais universidades identificadas no

Quadro 14, é possível identificar a existência de poucas publicações sobre a Integração TLS.

Quadro 14: Teses e dissertações sobre Integração TLS

Universidade	Teses ou Dissertações relacionadas
UNESP	Sem resultados encontrados em: www.athena.biblioteca.unesp.br Tese de doutorado em andamento: A aplicação dos processos de melhoria contínua TOC-Lean-SixSigma no Gerenciamento Multi-Projetos de Artur Henrique Moellmann (ainda não foi finalizada e publicada).
UNICAMP	Sem resultados encontrados em: www.bibliotecadigital.unicamp.br/
USP	Sem resultados encontrados em: www.teses.usp.br/
UFRJ	Sem resultados encontrados em: www.fenix2.ufrj.br
UFSCAR	Sem resultados encontrados em: www.bco.ufscar.br
UNISINOS	01 resultado encontrado em: www.unisinos.br/biblioteca Dissertação de Pacheco (2012): Integrando a estratégia de produção com a Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: uma abordagem metodológica. Consiste em uma proposta de desenvolvimento de um modelo integrando a estratégia de produção das Unidades Estratégica de Negócios com as abordagens TOC, Lean e Seis Sigma a partir das dimensões competitivas
UNIMEP	Sem resultados encontrados em: www.unimep.br/phpg/bibdig
UFSC	Sem resultados encontrados em: www.portalbu.ufsc.br/dissertacoestesestccs
MIT	Sem resultados encontrados em: www.dspace.mit.edu
HARVARD	Sem resultados encontrados em: www.dash.harvard.edu
ITA	Sem resultados encontrados em: www.bd.bibl.ita.br
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações	Sem resultados encontrados em: www.bdt.d.ibict.br/
CAPES	Apenas 1 resultado de Pacheco (2012) encontrados em: www.capesdw.capes.gov.br

Fonte: Proposto pelo autor.

Embora a TOC, LP e SS tenham proporcionado benefícios para as empresas, existem iniciativas de tentar integrar esses métodos em pares, como visto nas seções anteriores, e todos os três simultaneamente, como será visto nessa seção. Ainda que a TOC, LP e SS possuam métodos próprios para melhorar o desempenho da organização, os trabalho de Nave

(2002), Sproull (2010) e Bozdogan (2010) realizaram uma comparação desses três métodos sob diversos aspectos, a qual é sintetizada no Quadro 15.

Quadro 15: Comparações entre os métodos de melhorias

Abordagem	Seis Sigma	Produção Enxuta	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.
Efeitos 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 contábilístico. Fluxo - medidas de desempenho para gestores. Melhoria da qualidade.	Menos inventários e 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.

Fonte: Adaptado de Sproull (2010) e Nave (2010)

Embora a TOC, a LP e o SS possuam princípios, características e ferramentas de diferentes origens e seus efeitos primários e secundários, na terminologia de Sproull (2010), causem impactos financeiros positivos, há diferenças de focos entre as abordagens. Para o autor, a 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 e é embasado em ferramentas estatísticas e métodos próprios para solução dos problemas, que possibilitam a eliminação do problema na causa raiz, a melhoria da qualidade, a garantia da padronização e mantém 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 para resolução de problemas, formulação de estratégias e apoio ao processo decisório.

Bozdogan (2010) realiza uma comparação dos três métodos apresentada no Quadro 16, comparando as características determinantes de cada um, os conceitos centrais, implantação e modo de melhoria e mudança.

Quadro 16: Comparações entre os programas de melhorias

Lean Enterprise	Teoria das Restrições (TOC)	Seis Sigma
<p>Entregar valor aos múltiplos stakeholders. Construir rede dinâmica de longo prazo com capacidade de manter vantagem competitiva sustentável.</p> <p>Fortemente suportado e reforçado por seus princípios, práticas e métodos para evoluir a empresa e rede de sistemas de forma eficiente e flexível, criando valor para os múltiplos stakeholders</p>	<p>Maximizar os ganhos. Aumentar o lucro líquido.</p> <p>Conjunto de práticas ordenadas, métodos e ferramentas para melhorar a taxa de ganhos em sistemas de produção a fim de maximizar o desempenho financeiro, por meio da visualização do sistema de produção como um todo ou como "cadeias de interdependências".</p>	<p>Aumentar a satisfação do cliente. Criar riqueza econômica (maior rentabilidade e valor para o acionista).</p> <p>Métodos estruturado, práticas e ferramentas para a redução de todas as fontes de variação, a fim de melhorar a qualidade, satisfazer as necessidades dos clientes e melhorar os indicadores.</p>
<p>Adotar uma visão holística da empresa com a sua rede. Praticar pensamento a longo prazo. Entregar valor para o cliente no melhor valor do ciclo de vida. Eliminar o desperdício com o objetivo de criação de valor. Assegurar a estabilidade e o fluxo sincronizado. Desenvolver relações de colaboração e mecanismos mutuamente benéficos de governança em toda a rede. Promover uma cultura de aprendizagem contínua. Evoluir uma empresa eficiente, flexível e adaptável</p>	<p>Melhorar o fluxo de trabalho (taxa de geração de ganho) no sistema de produção. Concentrar em pontos de alavancagem chave (restrições) que oferecem maiores melhorias de desempenho. Proteger a linha de produção contra interrupções. Assegurar que as pessoas aprendam melhor e mais rápido.</p>	<p>Adotar cultura focada no cliente. Reduzir a todas as fontes de variação. Conduzir de forma disciplinada e estruturada a melhoria de processos. Coletar, analisar e gerenciar os dados quantitativos. Enfatizar o trabalho em equipe</p>
<p>Concentrar em todas as operações da empresa, processos e funções. Dar ênfase na criação de propostas de valor e trocas de valor entre os stakeholders. Gerenciar as interdependências complexas de toda a empresa e em sua rede (fluxos de informação, compartilhamento de conhecimento, de aprendizagem em toda a rede)</p>	<p>Concentrar em processos de produção. Concentrar no ponto mais fraco (restrição) que impede o fluxo de trabalho.</p>	<p>Concentrar em processos de negócios específicos priorizados. Concentrar em reduzir todas as fontes de variação para melhorar a qualidade, aumentar a eficiência e reduzir o tempo de ciclo.</p>
<p>Processo diretivo Top-Dow. Envolve forte apoio e engajamento da liderança. Utiliza processo estruturado (frameworks, roteiros) para a melhoria contínua de nível empresarial e mudança sistêmica planejada. Utiliza especialistas externos (prestação de facilitação, orientação, treinamento, serviços de implementação) ou geridos internamente no processo.</p>	<p>Processo diretivo Top-Dow. Participação da liderança. Utiliza o processo estruturado empregando os cinco passos de focalização (para remover restrições), implantando o método de programação da produção Tambor Pulmão Corda, e o gerenciamento do pulmão na a gestão da linha de produção. Processo de implantação gerenciado internamente com apoio / facilitação por especialistas externos.</p>	<p>Processo diretivo Top-Dow. Envolve forte apoio e engajamento da liderança. Gestão estruturada (Champions, Master Black Belt, Sponsor, Belts). Utiliza do método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) como o método de implementação dominante. Processo em grande parte gerido internamente com apoio / facilitação de especialistas externos</p>
<p>Melhoria contínua dos processos; mudança incremental gradual, mudança planejada e realinhamento sistêmica da empresa.</p>	<p>Melhoria operacional contínua; mudança incremental</p>	<p>Processo de melhoria contínua específica, e mudança incremental.</p>

Elemento	Meta	Característica determinante	Conceitos centrais	Foco	Implantação	Modo de Melhoria e Mudança
----------	------	-----------------------------	--------------------	------	-------------	----------------------------

Fonte: Adaptado de Bozdogan (2010)

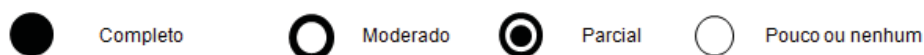
O autor também apresenta no Quadro 17 uma comparação dos métodos nos níveis operacional, tático e estratégico, assim como uma avaliação em relação à rede de relacionamentos da empresa, o núcleo empresarial, unidade de negócio e chão de fábrica.

Quadro 17: Comparações entre os métodos de melhorias

Escala da Empresa	Lean Enterprise	Seis Sigma	Teoria das Restrições
Estratégico	●	○	○
Tático	●	◉	◉
Operacional	●	●	●

Escopo da Empresa	Lean Enterprise	Seis Sigma	Teoria das Restrições
Rede de relacionamento da empresa	●	◉	○
Núcleo empresarial	●	◉	◉
Unidade de negócio	●	◉	◉
Chão de fábrica	●	●	●

Legenda (intensidade ou grau de foco):



Fonte: Adaptado de Bozdogan (2010)

Do ponto de vista de Bozdogan (2010), as implantações dos três métodos são realizadas sob a perspectiva “*Top-Down*” (de cima para baixo), sendo necessário apoio e engajamento da alta liderança, sob auxílio de serviços de especialistas externos (consultorias) e um método estruturado (*roadmap*) para concretização do modelo.

Cada modelo possui metas diferentes, porém, com o mesmo propósito de gerar mais lucro para a empresa. Segundo o autor, a LP procura entregar mais valor para o cliente, eliminando as atividades que não agregam valor e que o cliente não está disposto a pagar. A TOC tem como meta a maximização dos ganhos e do lucro líquido por meio do

gerenciamento da restrição. O SS, por sua vez, busca aumentar a satisfação do cliente, por meio do incremento da qualidade, reduzindo a variação.

Entretanto, ao analisar isoladamente cada método, a organização poderá encontrar dificuldade em escolher em qual(ais) método(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 método e, ao analisá-las sob esta perspectiva, é possível identificar lacunas que podem ser supridas pelas demais, caracterizando o efeito de complementaridade dos métodos.

De acordo com o Quadro 18, os três métodos possuem forças e fraquezas, de modo que a força de uma pode auxiliar na fraqueza de outra, complementando-a. Em síntese, os três métodos contribuem um para outro, essa complementaridade exaltada pelo autor pode ser entendida como:

- 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;
- 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;
- TOC, por sua vez, auxilia na identificação da restrição do sistema, ponto focal para todas as atividades de melhoria, direcionando os esforços LP e SS, enquanto seu sistema de contabilidade de ganhos proporciona uma maneira apropriada para melhoria dos indicadores (ganho, inventário e custos operacionais).

Quadro 18: Complementaridade dos três métodos

Teoria das Restrições (TOC)	Lean Production (LP)	Seis Sigma (SS)
<p>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).</p> <p>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).</p> <p>3- Distingue restrição política x física.</p> <p>4- Promove direção apropriada na melhoria dos indicadores (Ganhos, inventário e custos operacionais).</p>	<p>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.</p> <p>2- Promove diretamente e defende avanços radicais na inovação.</p> <p>3- Ênfase na resposta rápida para oportunidades óbvias (apenas vá e faça).</p> <p>4- Mudança de cultura e do trabalho local e resistência a mudança são suportadas pelo envolvimento direto da equipe em todos os níveis hierárquicos.</p>	<p>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.</p> <p>2- A coleta de dados suporta os objetivos do business case, e confere apoio da gerência para obter recursos.</p> <p>3- O foco na redução da variação direciona para a redução dos riscos e melhora a previsibilidade.</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 alcançar 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>	<p>1- Pode promover a tomada de riscos sem o equilíbrio razoável com a consequência.</p> <p>2- Pode não prover suficiente 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 estatísticos, 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>- A fraqueza 1 da TOC é complementada pela Força 1 do LP e Força 2 do SS.</p> <p>- A fraqueza 2 da TOC é complementada pela Força 2 do LP.</p> <p>- A fraqueza 3 da TOC é complementada pela Força 4 do LP.</p>	<p>- A fraqueza 1 do LP é complementada pela Força 3 do SS.</p> <p>- A fraqueza 2 do LP é complementada pela Força 2 do SS e Força 4 da TOC.</p> <p>- A fraqueza 3 do LP é complementada pela Força 1 do SS e Força 3 da TOC</p>	<p>- A fraqueza 1 do SS é complementada pela Força 1 do LP e Força 2 da TOC.</p> <p>- A fraqueza 2 do SS é complementada pela Força 2 do LP e Força 3 do LP</p> <p>- A fraqueza 3 do SS é complementada pela Força 2 do LP.</p>



Fonte: Sproull (2010)

Embora as combinações em pares ou em trios destes métodos possam ser possíveis devido às suas complementaridades, segundo Sproull (2010), existem conflitos no que tange os princípios básicos de utilização de cada método, podendo até tornar-se barreiras que impossibilitem o seu uso integrado. Essas discordâncias são levantadas nos trabalhos de AGI (2009a) e Bergland e Bergland (2009) e Mendenhall (2011).

De acordo com esses autores existem quatro discordâncias fundamentais em seu uso integrado, essas discordâncias são relatadas no Quadro 19 e nos parágrafos a seguir.

Quadro 19: Discordância entre os métodos

Diferenças entre TOC e Lean Seis Sigma	
Teoria das Restrições	Lean Seis Sigma
Linha desbalanceada	Linha Balanceada
Ética do "Papa Léguas"	Trabalho com o Takt
Sinal da Corda	Sinal do Kanban
Reposição baseada no tempo	Reposição baseada na quantidade

Fonte: Adaptado de AGI (2009a), Bergland e Bergland (2009) e Mendenhall (2011).

A primeira discordância é referente aos conceitos de utilização de linha desbalanceada ou linha balanceada, que são referentes ao sistema de produção de cada método. Esta diferença é representada na Figura 24.

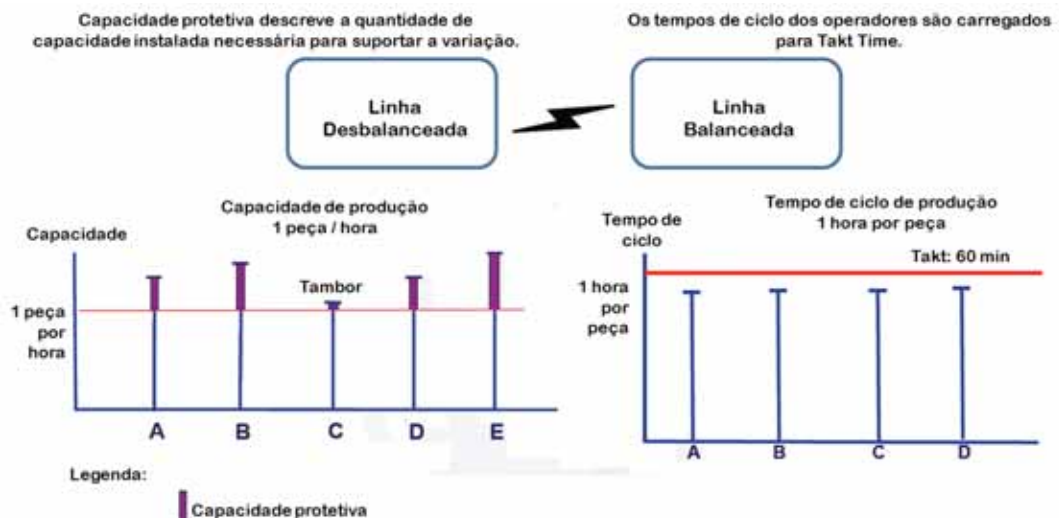


Figura 24: Capacidade balanceada x capacidade desbalanceada

Fonte: Adaptado de AGI (2009a)

De acordo com AGI (2009a) a LP baseia-se no uso do cálculo do tempo *Takt*, que é o tempo necessário para se produzir uma unidade do produto segundo o ritmo ditado pela demanda do cliente; em seguida a LP tenta equilibrar a capacidade dos recursos e equipamentos com esta taxa e, desta forma, todos os recursos representados pelas letras “A”, “B”, “C”, “D” e “E” do sistema balanceado da Figura 24 devem possuir capacidade de trabalho balanceada.

De acordo com Harris, Harris e Wilson (2004), Rother e Harris (2002), a capacidade de qualquer operação que seja excedente à quantidade estritamente necessária (tempo *Takt*) para satisfazer a demanda é considerada desperdício. Deste modo é aplicado o pensamento enxuto, realizando melhorias para eliminar os desperdícios a fim de equilibrar a capacidade das operações de modo que esta seja igual à demanda, ou seja, a LP procura manter a capacidade do sistema balanceada.

AGI (2009a), Bergland e Bergland (2009) e Mendenhall (2011), apontam que no sistema balanceado existem alguns pontos negativos, pois consideram que: o sistema só irá funcionar bem se a demanda for firme e a carga de trabalho deve ser repetitiva ao longo do período de tempo para remover variação; requer que os operadores sejam dedicados a tarefas específicas; o sistema é vulnerável à variação; deve ser realizado o gerenciamento de todos os recursos.

De acordo com Mendenhall (2011), na TOC acredita-se que sempre existe uma restrição em cada sistema e a restrição é o fator limitante de capacidade de produção (representada pelo recurso “C” do sistema desbalanceado da Figura 24). Uma hora perdida na restrição é uma hora perdida para toda a organização. Portanto, todos os recursos trabalham sob a ética ou regra do “Papa Léguas” ou “*Road Runner Ethic*” (conceito similar ao personagem de desenho animado, esta regra significa que quando houver trabalho – trabalhe tão rápido quanto puder; de outra forma, espere pelo trabalho”).

Tendo isto como premissa, AGI (2009a), Bergland e Bergland (2009) destaca que no sistema haverá componentes com capacidade protetiva (capacidade adicional que operações não restritivas possuem em relação à restrição do sistema, ou seja é uma quantidade de capacidade instalada necessária para suportar a variação) para garantir que a restrição seja explorada ao máximo. Tais recursos são representados na Figura 24 pelos recursos “A” e “B” do sistema desbalanceado. Já os recursos “D” e “E” da Figura 24 no sistema balanceado

possuem capacidade de proteger o cliente, de modo que o objetivo é alcançar a meta (ganho) mesmo na presença de variação de demanda e do processo, tornando o trabalho ininterrupto.

Entre o método balanceado (LP) e desbalanceado (TOC), há claras diferenças que impactam no comportamento de trabalho, reposição de material que caracterizam cada sistema produtivo.

De acordo com AGI (2010a), 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 (2010a), parece funcionar melhor em todos os ambientes.

A segunda discordância é referente aos métodos de trabalho. Os conceitos de ética do “Papa Léguas” e trabalho com o Tempo *Takt* são pontos divergentes entre os métodos, representados na Figura 25.

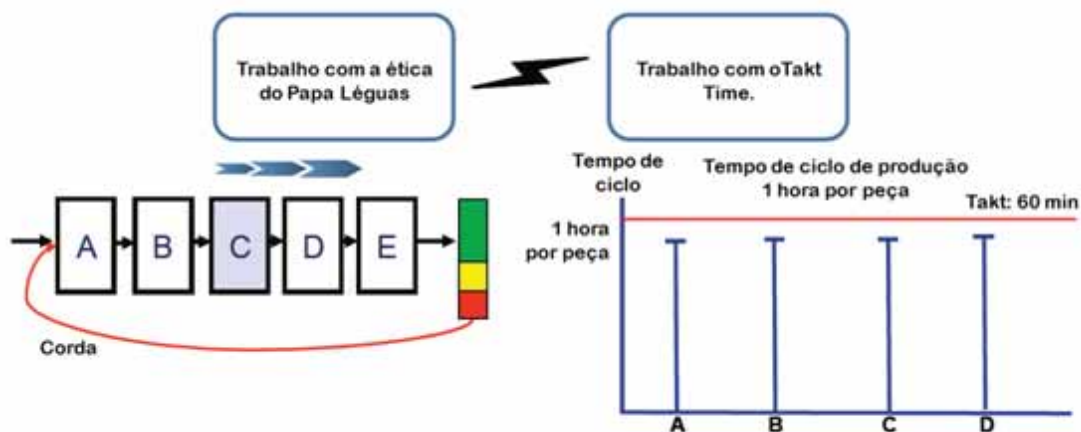


Figura 25: Ética do Papa Léguas x Takt Time
Fonte: Adaptado de AGI (2009a)

De acordo com Souza e Baptista (2010), no sistema TPC da Teoria das Restrições, a corda puxa a produção, emitindo o sinal para produzir e toda a linha possui um pulmão de tempo para finalizar a produção. Este pulmão equivale ao Tempo de Reabastecer com Segurança (TTR - *Time to Reliably Replenish*).

Segundo estes autores, uma característica do sistema TPC é que os recursos deverão trabalhar em sua velocidade normal (sem desacelerar) quando houver trabalho e, caso contrário, aguardar. O tempo que não é utilizado para produzir deve ser utilizado para atividades que melhorem a lucratividade da empresa, como ações preventivas e ações de melhorias. Havendo mais que uma ordem de produção aguardando por um recurso, a

prioridade é dada por um sistema de cores (verde, amarelo e vermelho) que reflete o consumo relativo seu pulmão (esta técnica é conhecida como Gerenciamento do Pulmão).

Para AGI (2010a) esta forma (ou ética) de trabalho evitaria que os recursos não restritivos reduzissem a velocidade para se adaptar a certo ritmo de referência. A Corda, como uma programação derivada do Tambor, dá o rimo de liberação de material para a fábrica, mas os recursos devem processar sem ter o Tambor como uma referência de ritmo.

Para AGI (2009a), no sistema de trabalho com o ritmo do tempo *Takt*, além de exigir operadores dedicados a tarefas específicas, incentiva o comportamento orientado a prazo, buscando sempre atingir ou manter o tempo *Takt*. Desta forma, o trabalho pode vir a preencher todo o tempo (*Takt* estabelecido), podendo “mascarar” as melhorias implantadas na linha.

Para Mendenhall (2011), o sistema de trabalho com tempo *Takt* requer demanda consistente e carga de trabalho repetitivo ao longo do tempo para remover variação (nivelamento da produção ou *heijunka*), sendo que a restrição ou foco do gerenciamento pode mudar de posição entre os recursos, aleatoriamente e sem previsibilidade.

A terceira discordância é referente ao sistema de sinal de produção. A TOC trabalha com o sinal da Corda do TPC e a LP com o sinal do *Kanban*, representados na Figura 26.

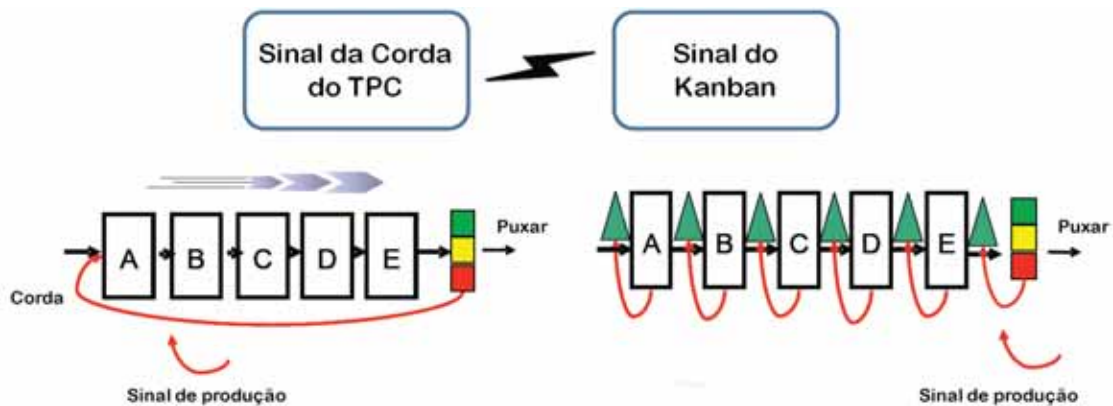


Figura 26: Sinal da Corda x Sinal do Kanban
Fonte: Adaptado de AGI (2009a)

Para AGI (2009a), a TOC por meio de seu sistema TPC, possui um mecanismo de liberação de materiais baseado no tempo denominado Corda, que irá sinalizar às operações iniciais do roteiro de fabricação para que elas ajustem suas taxas de liberação de matéria-prima ou componentes ao sistema produtivo ao ritmo estabelecido no Tambor. O sinal da Corda informa o que, quando e quanto de material deve ser processado pelas operações iniciais. Este sinal está ligado à demanda de clientes em tempo real, fazendo com que o trabalho não seja liberado antes do programado, mesmo se há recursos sem trabalho.

Para AGI (2010a), o sistema TPC minimiza a quantidade de material em processamento (WIP - *Work In Process*) no sistema, mantendo os níveis de WIP mínimos, sendo que a maioria do WIP acumula em frente do Tambor, protegendo-o de variação. Este sistema funciona bem em trabalho repetitivo, manutenção e ambientes orientados *job shop*.

Segundo Bergland e Bergland (2009), o *kanban* é um sistema de sinais visuais que desencadeia ou que controla o fluxo de material no sistema produtivo. Esse sistema sincroniza os processos de trabalho através de um sistema que limita WIP no sistema. Entretanto, o sistema *kanban* possui níveis de WIP normalmente mais elevados do que os do sistema TPC.

De acordo com Moura (1989), os cartões *kanban* normalmente possuem informação de o que, quando e quanto produzir e como transportar e armazenar o material. Para Mendenhall (2011), esse sistema funciona bem em ambientes de produção repetitiva, porém, não é muito adequado para ambientes de manutenção, reparo e revisão geral e em ambientes *job shop*. É também menos eficaz em ambientes com elevada variabilidade na demanda e oferta de produtos diversos.

De acordo com AGI (2010a), a LP recomenda que o processo puxador deve produzir no ritmo da demanda ou no *Takt Time*. Os processos anteriores ao processo puxador são puxados por *kanban* e os posteriores devem trabalhar em fluxo. Desta forma, o *Takt Time* passa a ser a referência de ritmo do processo puxador e conseqüentemente dos demais recursos da fábrica. Além disso, esforços de melhoria disparados no sentido de reestabelecer o fluxo de produção e remover variações podem ter custos significativos e despende muito tempo.

A quarta discordância é referente ao sistema de reposição de material. A TOC trabalha com reposição baseada no tempo enquanto na LP a reposição está baseada na quantidade, representada na Figura 27.

Segundo Mendenhall (2011), no sistema TPC a reposição das peças é baseada no tempo e, deste modo, existe menos dinheiro investido em estoques, proporcionando proteção consistente do ganho no sistema (*Throughput*). Segundo esta sistemática, os lotes de reposição têm tamanhos variáveis, sendo que o sistema reordena a quantidade consumida durante cada intervalo de tempo fixo, tornando o tempo de reposição limitado e conhecido.

Segundo AGI (2009a), a Corda sinaliza a liberação de materiais no sistema, baseado na demanda de cliente dentro de um intervalo de tempo especificado e o foco passa a ser o gerenciamento do fluxo de peças com base neste tempo.

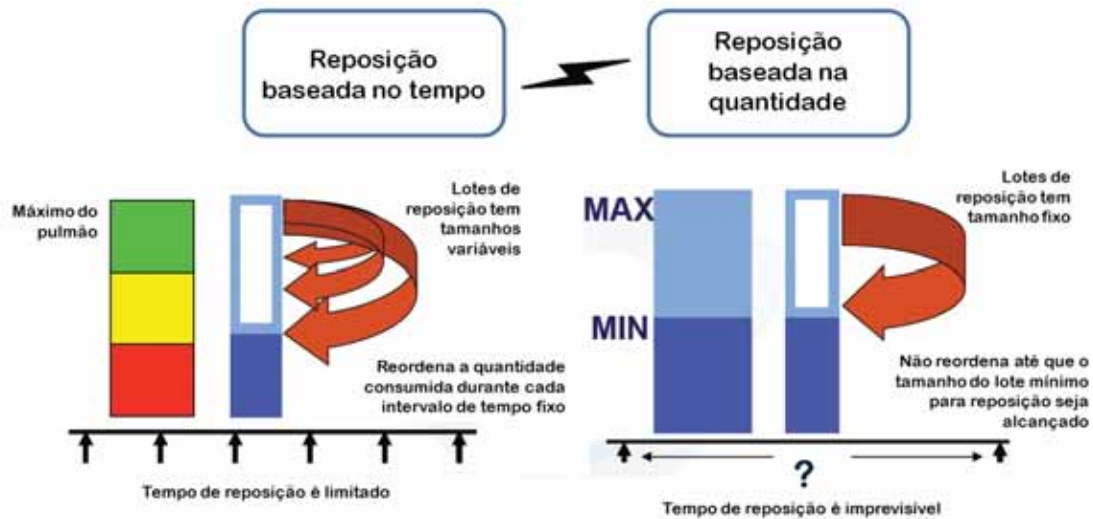


Figura 27: Reposição baseada no tempo x Reposição baseada na quantidade
 Fonte: Adaptado de AGI (2009a)

Vale destacar, contudo, que a aplicação do método TPC em sistemas de produção para estoque (MTS) fazem também uso de pulmões na forma de quantidade de itens estocados e o sistema de prioridades por cores está baseado em quantidades consumidas em relação às quantidades estabelecidas pelos pulmões. O uso do tempo neste tipo de ambiente é indireto, controlando a quantidade máxima de WIP no sistema (SCHRAGENHEIM; DETTMER; PATTERSON; 2009; SCHRAGENHEIM; 2010b).

A LP realiza a reposição das peças baseada na quantidade presente entre cada par de estação de trabalho. De acordo com a LP, os lotes de reposição têm tamanho fixo e os lotes de fabricação são acionados quando o tamanho do lote mínimo para reposição é alcançado, tornando o tempo de reposição imprevisível.

Ainda que poucos estoques sejam mantidos em cada local, a quantidade total mantida no sistema pode ser significativa, especialmente em ambientes com alta variação de produtos. Tais estoques proporcionam uma proteção contra a variação de disponibilidade de peças, porém, o desempenho do processo é menos previsível e o foco do sistema é no reabastecimento de peças nos supermercados (nomenclatura usada para denotar os estoques controlados entre cada estação de trabalho).

De acordo com AGI (2009a), para integrar os três métodos 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 à medida que uma nova variação ou restrição aparece. Entretanto, se a organização deseja

aplicar os cinco passos da TOC, devem optar pelo projeto de um sistema desbalanceado. Este caminho proporcionaria estabilidade ao sistema e melhoria do sistema global.

Além do efeito da complementaridade dos três métodos, Inozu (2012b) elenca 12 razões para integrar a TOC com o LSS, de modo a se obter uma força multiplicadora dos métodos. Dada a importância dessas razões, segundo Inozu (2012b), elas são aqui apresentadas 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 o método LSS no ponto de máxima alavancagem 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. A TOC pode ajudar o método LSS na melhoria contínua, aproveitando a capacidade de responder dinamicamente às mudanças de condições e evitar a estagnação;
5. Risco: o que pode dar errado vai dar errado. A TOC suporta o método 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 humano. A TOC oferece o pré-requisito essencial para significativas métricas e direcionadores para as organizações que usam LSS;
7. Conjunto de ferramentas: “quando se 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 e adaptadas a diversos ambientes, como a logística da cadeia de suprimentos, finanças, estratégia, marketing e outras;
8. Analítica: a maioria da capacidade está oculta porque há um erro na forma como normalmente pensamos. A TOC aplica técnicas de pensamento e de

análise gráfica para aproveitar a intuição, resolver problemas e construir roteiros de melhoria de desempenho, que têm como objetivo alcançar a estabilidade, o crescimento e a prosperidade - salvaguardando contra a lei das consequências imprevistas;

9. Execução: todas as iniciativas de melhoria de desempenho são projetos. Quando os projetos são mal executados, os benefícios são perdidos e são incorridas em penalidades, 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 perspectiva em relação ao sistema global fica no caminho. A TOC promove uma cultura humanística, científica, baseada em uma abordagem ganha-ganha para a resolução de conflitos, em que as partes interessadas se beneficiem e a 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. A TOC se esforça para reduzir a variabilidade, corrigir a causa raiz, aumentar o fluxo de valor, buscar a 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 LSS e TOC.

A tradução destas 12 razões para se integrar a TOC com LSS são representadas nas propostas de modelos de integração apresentados no próximo tópico.

2.5 MODELOS DE INTEGRAÇÃO TLS

As iniciativas de integrar o melhor dos três modelos em um modelo único de gestão foram traduzidas em propostas de modelos, que ficaram conhecidas como Modelos de Integração TLS (TOC, LP e SS). Esses modelos foram encontrados em pesquisas realizadas em websites, em publicações tipo *white papper* ou *unpublish papper*, ou artigos de congressos. Na sequencia serão descritos os modelos identificados na literatura.

2.5.1 Modelo Excelência 360^o®

O modelo desenvolvido por Moura (2010) é denominado Excelência 360^o®. A premissa para construção deste modelo é baseado na constatação de dois fatos:

- Gerenciar com base na experiência acumulada ou intuição pode não ser suficiente para gerir qualquer sistema de negócio de maneira efetiva, é necessário o uso de métodos para auxiliar a gestão para melhorar a competitividade de maneira lógica e eficaz;
- Utilizar apenas um método de melhoria não será suficiente por si só para sanar todos os problemas impostos pelo dinamismo do mercado, pois os benefícios quantitativos podem ser parciais e provavelmente temporários.

De acordo com Moura (2010), para obter resultados qualitativos radicais e duradouros, melhorando o sistema de negócio como um todo, é necessário uma intervenção coordenada em todos os processos de negócio, levando em conta todos os ângulos do problema. Deste modo, o modelo Excelência 360^o® busca integrar as contribuições dos quatro melhores métodos. As contribuições são descritas como:

- TOC: tem como foco a busca da identificação e tratamento dos problemas centrais (restrições) que limitam o desempenho do sistema.
- GPP (Gestão por Processos): ou BMP (*Business Management Process*) tem como foco central a padronização de toda a cadeia de processos de negócio, baseada em um modelo sistêmico que evita os males da administração departamentalizada a fim de evitar a formação de “ilhas de processos”.
- LP: tem como foco a busca pela eliminação de desperdícios que não agregam valor para o cliente.
- SS: tem como foco a redução da variabilidade de um processo que impactam na satisfação dos clientes.

Os benefícios de integrar os quatro métodos são expostos no Quadro 20.

Quadro 20: Benefícios dos quatro métodos

	TOC é ajudada:	Lean é ajudado:	Seis Sigma é ajudado:	BMP é ajudado:
TOC ajuda:		O Processo de Raciocínio e as Árvores de Estratégia e Táticas da TOC fornece prioridade (foco) para os projetos de implantação Lean. Os conceitos e ferramentas da TOC facilitam melhor o gerenciamento dos fluxos da restrição do sistema. A Corrente Crítica da TOC melhora o gerenciamento de projetos Lean complexos.	Fornece prioridade (foco) para os projetos Seis Sigma de melhoria ou inovação. As Árvores Lógicas da TOC pode ser usada para solução inovadora para problemas técnicos ou gerencial. A Corrente Crítica da TOC melhora o gerenciamento de projetos Seis Sigma complexos. A Contabilidade de Ganho fornece melhor contabilização do impacto financeiro dos projetos Seis Sigma de melhoria.	A Contabilidade de Ganhos da TOC fornece um guia para definir melhor os indicadores de performance financeira e no auxílio a tomada de decisões. A Corrente Crítica fornece um efetivo gerenciamento dos projetos de implantação de BMP. As soluções da TOC são padronizadas nos processos de negócio, tornando eles muito mais efetivos.
Lean ajuda:	Os conceitos e ferramentas do Lean facilitam a implantação das soluções da TOC, fornece maior controle visual, menos dependência de sistemas de computador na operação diária e maior envolvimento das pessoas.		Os conceitos e ferramentas do Lean ajuda o Seis Sigma a focar na redução da variação de processos e aumento da satisfação do cliente, atacando os desperdícios e fornecendo maior estabilidade no processo por meio de times de respostas rápidas.	Os conceitos e ferramentas do Lean ajudam fortemente a alcançar um simples, efetivo e visual processo de padronização. Os trabalhos diários dos times de Kaizen fornece um processo de melhoria contínua e padronização.
Seis Sigma ajuda:	A satisfação do cliente que é o valor central do Seis Sigma fornece o balanceamento e reforça a visão de longo prazo para a TOC enfatizar a performance financeira (Ganho).	O foco do Seis Sigma na redução da variação ajuda o Lean a alcançar maior estabilidade e confiabilidade no processo, por meio do estudo e otimização das variações do processo.		A estrutura do Seis Sigma de Black Belt e Green Belt fornece times altamente qualificados para atacar projetos de melhorias complexos e críticos.
BMP ajuda:	BMP constrói uma integrada e responsiva cadeia organizacional que melhora consideravelmente a maximização da eficiência na restrição do sistema. O fato é que o BMP padroniza o fluxo de informação e materiais e conecta os processos e departamentos facilitando a subordinação, identificando o que é crítico pra explorar e elevar a restrição. BMP quebra a "mentalidade de silo", mantendo uma visão holística de todo o sistema, de acordo com o pensamento da filosofia da TOC.	BMP ajuda o Lean abordando o tema de padronização de processos e melhoria contínua em toda a empresa, em forma de uma perspectiva integrada. O know-how e as melhorias do kaizen são sistematicamente capturadas e incorporada aos processos de negócio.	A estrutura de liderança, a identificação, seleção e gerenciamento da inovação e melhoria com o Seis Sigma é formalmente projetada e padronizada nos processos de negócios, que fornece sustentabilidade as iniciativas do Seis Sigma.	

Fonte: Moura (2012)

Segundo o autor, no modelo Excelência 360°[®], o processo se inicia a partir da realidade atual da empresa, onde a TOC é utilizada para identificar e priorizar os problemas centrais (restrição), que necessitam de tratamento imediato. A partir dessa identificação são direcionados os projetos de Seis Sigma, Lean ou ainda GPP (Gestão por Processos) pra tratamento das restrições.

Segundo Moura (2010) a GPP permite criar uma estrutura dinâmica de processos para desdobrar com maior eficácia as diretrizes estratégicas e táticas apontadas pela TOC. Com isto são incorporadas ao sistema de negócio as melhores contribuições dos demais métodos, padronizando seu uso nos processos. A LP envolve as pessoas com ferramentas simples e poderosas de melhoria contínua, proporcionando um ambiente participativo e uma cultura voltada à eficácia. O SS possui ferramentas e técnicas estatísticas para análise do processo que visam projetos de melhoria com o intuito de proporcionar estabilidade e confiabilidade aos processos dentro de uma cadeia de valor.

Moura (2011) destaca que estes quatro métodos fornecem o *know-how* necessário para a melhoria contínua do modelo Excelência 360°[®]. Entretanto, existem mais dois elementos no modelo para promover mudanças de alto impacto, sendo eles:

- *Know-why*: representa a ideologia empresarial, composta pelos valores, visão, missão e objetivo da empresa.
- *Know-what*: são os critérios de excelência que visam orientar a aplicação eficaz do *know-how*.

A junção das quatro métodos e os elementos do modelo Excelência 360°[®] são representados na Figura 28.



Figura 28: Modelo de integração Excelência
Fonte: MOURA (2011)

Para direcionar a implantação da Excelência 360[®], o autor também sugere um processo de implantação ilustrado na Figura 29.



Figura 29: Modelo de integração Excelência
Fonte: MOURA (2012)

2.5.2 Modelo iTLS[®]

Pirasteh (2007) apresenta um modelo de integração TLS, apresentado na Figura 30, tendo como base alguns princípios dos três métodos. Neste modelo, as etapas da TOC são aplicadas primeiramente para identificar e focar os esforços para obtenção de uma otimização global. Em seguida são aplicadas as etapas da LP e do SS com o intuito de reduzir as perdas e variações. A fase final do modelo termina com as etapas da TOC voltadas a elevar a restrição e aumentar os ganhos. Feito isto, há a possibilidade de uma nova restrição aparecer e, assim, devem ser concentrados novos esforços de melhoria para esta nova restrição do sistema, de modo que torne um ciclo contínuo de melhoria.

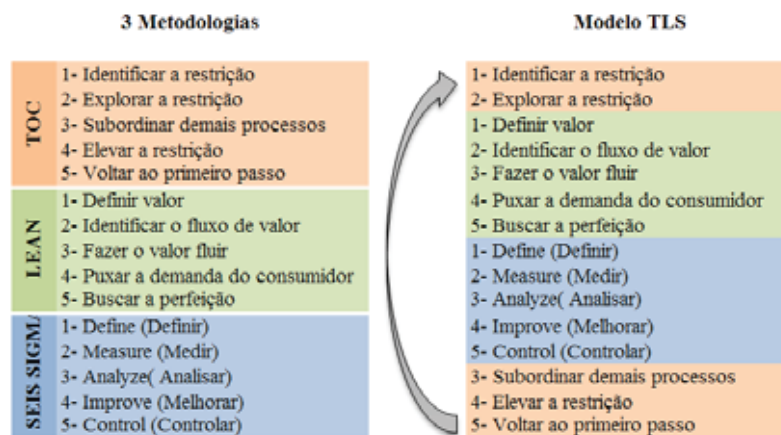


Figura 30: Junção dos 3 métodos no Modelo TLS
Fonte: Adaptado de Pirasteh(2007)

Em Pirasteh e Fox (2010) é apresentado o modelo iTLS[®], um modelo constituído de 7 passos que integram de forma sinérgica a LP, TOC e SS. A Figura 31 ilustra o modelo proposto.



Figura 31: Os sete passos do Modelo iTLS[®]
 Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

Figura 32 apresentam as 7 fases constituintes do modelo iTLS[®], que são detalhados nos parágrafos a seguir.

	1- Mobilizar e focar	2- Explorar a restrição	3- Eliminar as fontes de desperdícios	4- Controlar a variação do processo	5- Controlar as atividades de controle	6- Remover a restrição e estabilizar	7- Reavaliar o sistema
ToolBox	<ul style="list-style-type: none"> - Missão - Visão Global - Analisar estado atual - Identificar o problema - Identificar rede fluxos - Modificar os objetivos - Escopo do trabalho - Membros do time - Entregas - Benefícios, Retorno sobre os investimentos - Linha de tempo do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> - Focar na restrição - Identificar o valor - WCE - Mapeamento de fluxo de valor - Remover atividades que não agregam valor - QFD - Plano de contenção - Controle de fluxos - Métricas - causa Raiz - 5 S - Reinstaurar 	<ul style="list-style-type: none"> - Medir os processos - Analisar e verificar as fontes de desperdícios - Estabelecer pulmões - CE-CNX - FMEA - Implementar mudanças - Identificar os gaps da VOC/VOCP - Instruir 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar parâmetros de controle - Estabelecer plano de controle - controles de DPM (Defeitos por milhão) - Estabilizar a rede de fluxos - Implantar mudanças - Analisar a variância - Qualidade / Finanças / Ops / Controle de DDE - Novo fluxo de valor - Instruir 	<ul style="list-style-type: none"> - Subordinar atividades afluentes a restrição - Implementar e controlar as métricas - Revisar o SOP - Implantar auditorias - Eficiência Global das Métricas - Reinstaurar 	<ul style="list-style-type: none"> - Implantar poka yoke - Focar em sistemas de prevenção - Envolver colaboradores - Estabelecer indicadores de controle - MOR - Padronização - QBR - Padronização - Implementar TOS - Treinar e educar 	<ul style="list-style-type: none"> - Ir para o passo 1 - Identificar e priorizar a restrição do sistema
	TOC	LEAN	SEIS SIGMA	LEAN	TOC		

Figura 32: Os sete passos do Modelo iTLS[®]
 Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

As 7 fases descritas pelos autores são:

1. Mobilizar e focar: consiste em reunir esforços para encontrar o problema central por meio do uso de análise estruturada de causa e efeito mediante 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 LP;
3. Eliminar as fontes de desperdícios: nesta fase são utilizadas 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 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 à restrição. Nesta fase são usadas 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 consiste 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.

De uma forma geral, o modelo proposto por Pirasteh e Fox (2010) visa:

- Utilizar a TOC para fornecer “foco” e buscar a otimização global do sistema;
- Usar a LP para redução das Perdas;
- Usar o SS para redução da variação.

Essa visão geral do modelo iTLS[®] é representada na Figura 33.

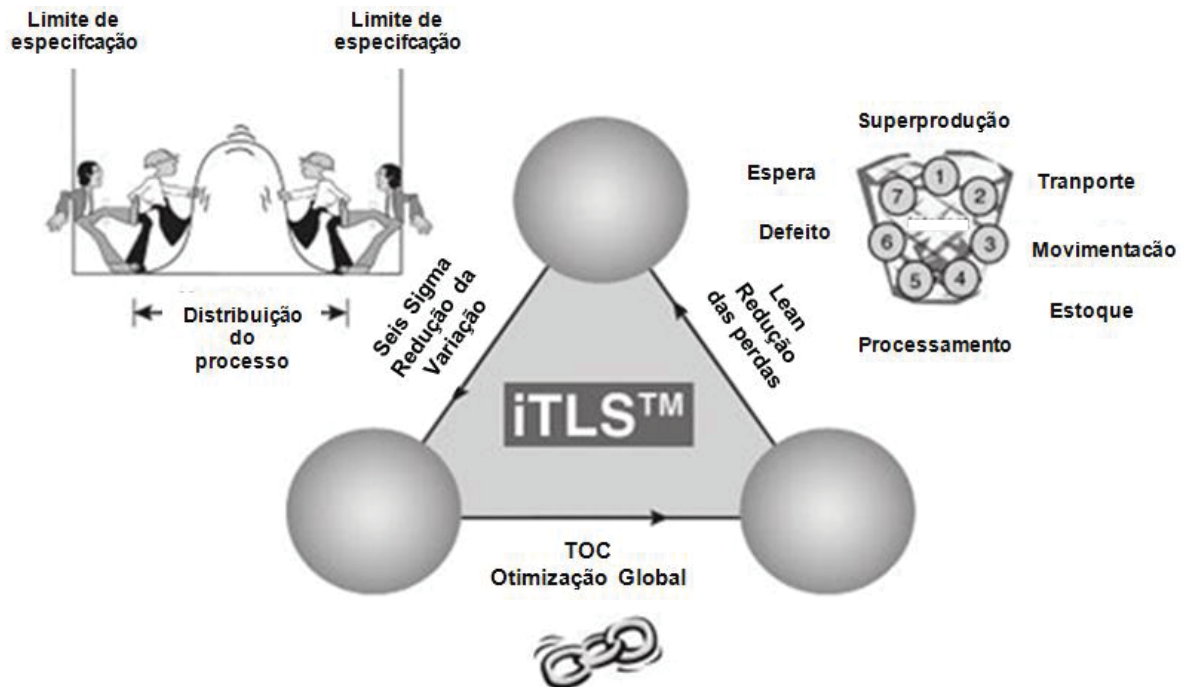


Figura 33: Modelo de integração iTLS[®]
 Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

2.5.3 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). Segundo o autor, este modelo combina o poder dos ciclos de melhoria da LP, SS e TOC para uma forma mais poderosa e rentável de estratégia de melhoria, e as estratégias, ferramentas, princípios, técnicas e métodos são sinergicamente integrados. Para 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 34.

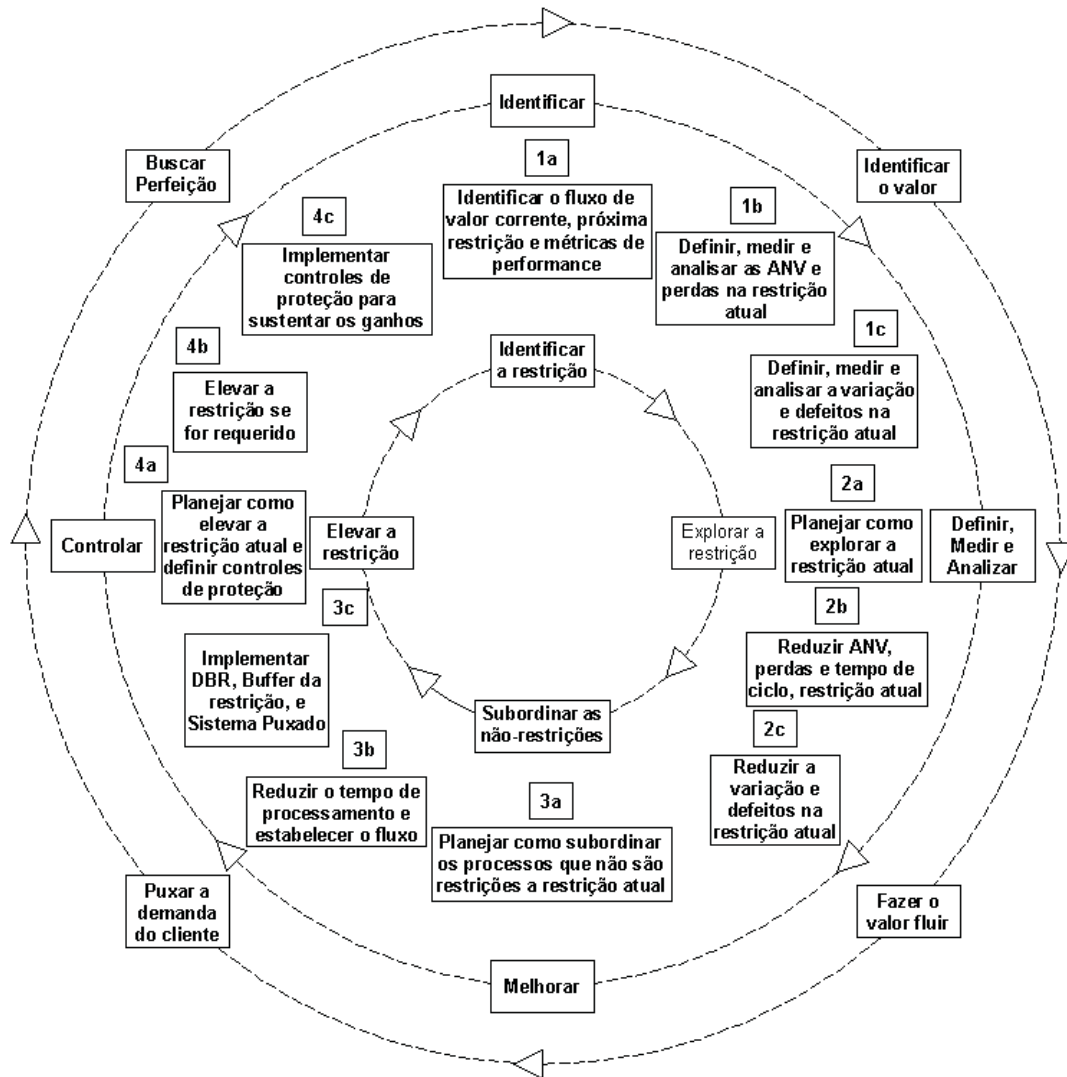


Figura 34: Modelo de integração UIC®
 Fonte: Adaptado de Sproull (2010)

Segundo Sproull (2012a), o modelo é desenvolvido em forma cíclica, possuindo três círculos concêntricos que representam os três ciclos de melhoria. O ciclo interior ou núcleo representa a Teoria das Restrições (TOC), que é destinado a proporcionar foco necessário que falta nas iniciativas LP e SS. O segundo círculo representa o SS com a aplicação do ciclo DMAIC para melhoria do processo. O círculo externo representa o ciclo de melhoria LP, com os passos para uma mentalidade enxuta.

Os passos referentes ao modelo cíclico são:

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.

2.5.4 Modelo TOCLSS®

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

Goldratt (2009a) afirma que o sistema TPC e o Sistema Just in Time da Produção Enxuta (assim como também o sistema proposto por Henry Ford), assumem os mesmos princípios para a gestão de cadeias de suprimentos, quais sejam:

- 1 Melhorar o fluxo é o objetivo principal das Operações;
- 2 Esse objetivo deve ser traduzido em um mecanismo prático que guia a operação quando não produzir (prevenindo a superprodução);
- 3 Eficiências locais devem ser abolidas;
- 4 Um processo focado para balancear o fluxo deve ser feito.

O modelo TOCLSS® possui uma estrutura modelada em duas arquiteturas: Arquitetura do Sistema Baseada na Restrição, que tem por objetivo produzir um sistema em que os processos de negócios são concebidos, alinhados e operados de uma maneira estável e previsível; e Arquitetura de Melhoria baseada no TOCLSS®, que utiliza a sinergia entre TOC, LP e SS para atingir uma melhoria de forma sistêmica, algo que não poderia ser alcançado pelos métodos isoladamente. A Figura 35 apresenta o *roadmap* do modelo TOCLSS®.

Velocity - Roadmap para o sucesso contínuo do negócio

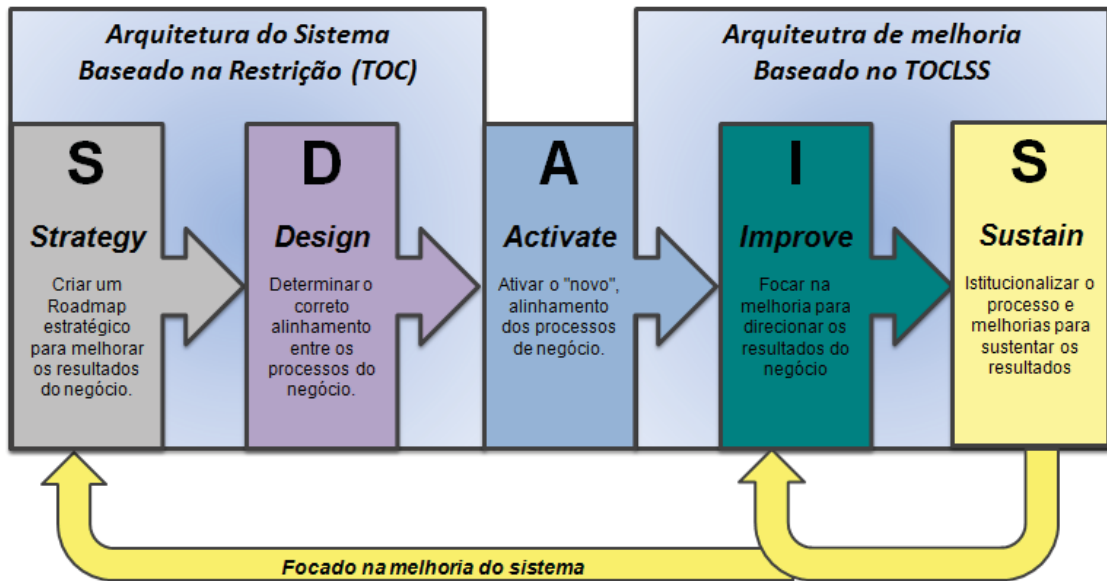


Figura 35: Modelo de integração TOCLSS®.
Fonte: Adaptado de AGI (2009a)

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

1. *Strategy* (Estratégia): esta fase é destinada a definir uma estratégia clara e coerente para escolher 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) e 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 da 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, e avaliar e instituir políticas, medidas e comportamentos voltados para garantir que os resultados são sustentados e não se degradam.

2.5.5 Modelo 7BG®

O modelo 7BG (*7 Behaviors to Goal* - 7 condutas para a meta) proposto por Gutierrez (2012) busca, segundo o autor, construir uma filosofia que identifica, explora e elimina as principais restrições do negócio, fazendo com que a meta organizacional seja rapidamente atingida por meio da integração das abordagens TOC, LP e SS. O modelo está estruturado em torno das chamadas sete condutas. Estas condutas representam os passos da aplicação do método, conforme ilustrado na Figura 36.

Entretanto é ressaltado que não foram encontradas outras fontes ou publicações do próprio autor sobre seu modelo. Assim, as informações coletadas sobre este modelo foram coletadas do próprio *web site* da empresa.

7 Behaviours → the Goal



Figura 36: Modelo de interação 7BG®
Fonte: Adaptado de Gutierrez (2012)

As sete condutas necessárias no modelo são denotadas como:

- 1 Primeira Conduta: Identificar as Restrições, aplicando a ferramenta TPC e Gerenciamento de Pulmões;
- 2 Segunda Conduta: Gerenciar as Restrições, implementando uma filosofia de trabalho baseada na melhoria contínua, por meio da designação do *sponsor* do projeto, líder do projeto, equipes de melhoria, auditor, equipes de apoio, comitê de comunicação e comitê diretivo. Nesta conduta são utilizadas técnicas como Regra do Jogo, Gerador de Ações, Reunião diária e Gerenciamento do TPC;
- 3 Terceira Conduta: Explorar as Oportunidades, orientando as pessoas envolvidas no trabalho a utilizar ferramentas com o objetivo de descobrir formas de encontrar capacidade oculta. Utiliza as ferramentas de Fluxo de processo, Diagrama de Causa e Efeito, FMEA e Pareto;
- 4 Quarta Conduta: Eliminar Fontes de Perdas aplicando ferramentas do LP, como: Pensamento Enxuto, Sete desperdícios, Mapeamento de Fluxo de Valor, Redução de Setup (SMED), 5S, Kaizen, entre outras;
- 5 Quinta Conduta: Controlar as Variabilidades mediante utilização de ferramentas estatísticas para entender melhor o processo e seu comportamento

ao longo do tempo e, com isto, gerar ações para reduzir e controlar as variabilidades;

- 6 Sexta Conduta: Padronizar, organizando-se para melhor controlar e conseqüentemente gerenciar, manter e atingir metas;
- 7 Sétima Conduta: Reavaliar o Sistema após entrega do trabalho das equipes e apuração dos resultados alcançados no projeto. Após, deve-se voltar a 1ª conduta, não deixando que a inércia se torne uma restrição ao sistema.

2.6 CASOS DE APLICAÇÃO DOS MODELOS DE INTEGRAÇÃO TLS

Foram identificados na literatura alguns casos de aplicação dos modelos de integração mencionados, os quais são resumidamente apresentados na sequência. Além de demonstrar algumas aplicações dos modelos, os casos permitem uma melhor compreensão dos modelos em si, ao ilustrar como foram utilizados em casos reais.

2.6.1 Casos de aplicação do Modelo Excelência 360^o®

Moura (2010) relata a aplicação do Modelo Excelência 360^o® na empresa Aglomerados Cotopaxi S.A (ACOSA), no Equador. A empresa foi fundada em 1978 e atua no ramo de fabricação de placas de MDF e placas aglomeradas de partículas de madeira, exportando seus produtos para vários países.

A empresa, desde 2002, iniciou vários projetos de melhoria na área de qualidade e iniciou trabalhos para tentar obter a certificação do seu sistema de gestão. Atualmente a empresa possui a certificação do seu sistema de gestão da qualidade ISO 9001 e está trabalhando para certificar seus sistemas de gestão ambiental e de segurança ISO 14001 e OHSAS 18001 saúde ocupacional.

Em 2008, a empresa consolidou sua posição como a maior floresta industrial do Equador, com produção anual superior a 140.000 metros cúbicos, sendo que possui uma propriedade florestal de 12.500 hectares, dos quais 11 mil hectares destinados à produção de matéria prima, e mais de 30% são destinados às áreas protegidas para a conservação dos ecossistemas característicos da área de conservação da floresta nativa, bacias hidrográficas e outros.

Mesmo com a iniciativa de projetos de melhoria da qualidade, a empresa obteve resultados limitados. Por este motivo, a empresa buscou métodos de melhoria de sistemas mais avançados, optando por implementar o modelo Excelência 360^o®.

Segundo o autor, a aplicação do modelo consistiu, em um primeiro momento, na construção da Árvore da Realidade Atual, visando identificar claramente os pontos de melhoria (restrições do negócio), nos quais a empresa deveria concentrar seus esforços de projetos de melhoria Seis Sigma.

Em seguida foi associado à Ideologia Empresarial da ACOSA ao elemento *Know-Why* do modelo Excelência 360°® e implantação da Gestão por Processos com o objetivo de melhorar a coordenação e comunicação.

Foram realizados quatro projetos de melhoria de Seis Sigma (primeira onda de projetos), sendo que um deles permitiu explorar a restrição da companhia através da otimização dos parâmetros da máquina que aplica os revestimentos às chapas de MDF. Após a elevação da restrição, a restrição do sistema mudou para outros recursos, os quais foram alvo de outros projetos (segunda onda de projetos).

Com o projeto foi identificado que um dos requisitos do cliente era a redução do *lead-time*, cuja solução resultou numa resposta mais rápida ao mercado.

A terceira onda de projetos de melhoria foi definida usando o método e as ferramentas LP, melhorando a logística de produção com uma radical mudança de produção por previsão para reposição de estoque de acordo com o demanda puxada do consumidor.

Após o primeiro ano de implementação do Modelo Excelência 360°®, a empresa obteve um retorno de 7:1 sobre o investimento e um aumento na margem bruta de 40%.

2.6.2 Casos de aplicação do Modelo iTLS®

O modelo proposto por Pirasteh apresenta alguns casos de utilização publicados, e também alguns depoimentos dos usuários do modelo em Goldratt Associados Brasil (2013). Os casos são detalhados nos tópicos a seguir.

- Sanmina-SCI Corporation

O estudo de caso realizado por Pirasteh (2005) e Pirasteh e Farah (2006a) evidenciam os relevantes resultados do uso integrado dos métodos. O estudo foi realizado na empresa Sanmina-SCI Corporation.

A Sanmina é reconhecida como líder em tecnologia e faz alguns dos produtos óticos, eletrônicos e mecânicos mais complexos e inovadores do mundo. A empresa fornece soluções de design, manufatura e logística, oferecendo elevada qualidade e apoio aos fabricantes de equipamentos, principalmente das áreas de redes de comunicação, computação e

armazenamento, médica, defesa e aeroespacial, industrial e semicondutores, multimídia, setores de tecnologia automotiva.

A empresa foi fundada em 1980 e obteve receita de US \$ 6.1 bilhões no ano fiscal de 2012. Ela possui cerca de 44 mil funcionários no mundo todo, operando em mais 25 países em seis continentes.

Segundo Pirasteh e Fox (2010), a realização do estudo teve um total de 21 plantas estudadas, sendo realizada uma comparação do desempenho das plantas, separadas por tipo de método de melhoria continua aplicado. Neste estudo, 11 plantas aplicaram SS nos projetos de melhoria, 4 plantas aplicaram os conceitos LP nos projetos e 6 plantas aplicaram o modelo iTLS[®], sugerido por Pirasteh.

O resultado desta comparação está resumido no Quadro 21. Segundo o autor, a aplicação da utilização do método iTLS[®] proporcionou uma relação de 4 por 1 de *savings* (economias) por projeto, resultando em maior número de iniciativas de projetos e número de pessoas treinadas.

Quadro 21: Comparação Lean, Seis Sigma e iTLS[®]

Comparação	Produção Enxuta	Seis Sigma	Modelo iTLS [®]
<i>Savings</i> (\$) / Projeto (múltiplo)	1	1	4
Nº de projetos iniciados	34	55	179
Nº de pessoas treinadas	251	435	512

Fonte: Pirasteh e Fox (2010)

Pirasteh e Calia (2010) informam que a análise estatística desses resultados indicou que LP e SS contribuíram com resultados financeiros significativos para suas organizações, porém semelhantes, pois um “*P-Value*” de 0,622 não indicou diferença significativa entre as duas abordagens. No entanto, a Integração TLS resultou em benefícios financeiros 4 vezes mais elevados do que qualquer uma dessas abordagens quando aplicadas isoladamente, com alto grau de significância (“*P-Value*” de 0,0000).

Um típico projeto TLS, segundo os autores, utiliza de 2 a 4 pessoas treinadas no método iTLS[®] e o número de membros do time de projeto varia de 3 a 8 membros, dependendo do escopo do projeto. Uma das vantagens enunciadas pelos autores é a utilização de menos esforço necessário em cada projeto, pois poucas pessoas precisam ser treinadas.

Além da comparação do Quadro 21, segundo os autores, a utilização do método iTLS[®] proporciona um resultado financeiro superior, sendo que o modelo proposto trouxe 89% de

reduções de custos (*savings*) para a organização, enquanto que as iniciativas dos projetos Lean representaram apenas 4% e os projetos Seis Sigma 7%.

- Yamana Gold Inc. – Brasil

Fonseca et al. (2009) relatam outro caso importante de aplicação do iTLS[®]. Trata-se da implementação na Usina de Beneficiamento da Jacobina Mineração e Comércio (JMC), empresa do grupo Yamana Gold Inc.

A Yamana Gold Inc. é uma mineradora, com sede no Canadá, que atua na exploração e em diversos estágios da cadeia produtiva do ouro. A Yamana conta com bases de captação no Brasil, Argentina, Chile, México e Colômbia.

Na busca por uma gestão mais eficaz, a empresa buscou implementar um sistema de gestão completo na Usina de Beneficiamento da JMC, decidindo por integrar o gerenciamento de processos e o gerenciamento de pessoas.

Na área de gerenciamento de pessoas, foi realizada uma avaliação da equipe de apoio gerencial, definindo o perfil e a quantidade adequada de pessoas para executar a busca por uma gestão mais eficaz, sendo necessária a transferência de conhecimento entre os envolvidos.

O gerenciamento de processos da empresa é suportado pelos conceitos de gerenciamento de qualidade total e pelo uso de ferramentas e metodologias da qualidade, sendo orientado por 12 pilares da empresa.

A aplicação do modelo iTLS[®] para redução de teor de rejeito do minério de ouro foi uma das oportunidades de melhoria identificadas na gerenciamento dos 12 pilares da empresa.

A utilização do modelo de Pirasteh foi realizada mediante a sequência de 7 passos propostos pelo autor, sendo elas:

- Passo 1 (TOC) - Mobilizar e focar: são identificadas as instabilidades do processo e definido o cronograma da fase de ajustes;
- Passo 2 (TOC) - Explorar as restrições – estabelecimento de redução de 0,14 para 0,12 gramas de teor de rejeito por tonelada, ajustando os parâmetros operacionais e realização de reuniões diárias para verificar o andamento do processo;
- Passo 3 (LP) - Eliminar as fontes de perda: acompanhamento detalhado do processo para identificar onde estavam as restrições da produção;

- Passo 4 (SS) - Controlar a variação do processo: estabelecimento de plano de ação para cada área que impactava no teor de rejeito, criação de cartas de controle e treinamento e capacitação da equipe.
- Passo 5 (SS) - Controlar as atividades de suporte ao Tambor: realização de inspeções sistemáticas para garantir a eficiência das cartas de controle;
- Passo 6 (LP) - Remover a restrição e estabilizar: reavaliação constante do sistema, com a padronização dos ambientes e das metodologias;
- Passo 7 (TOC) - Reavaliar o sistema: avaliação do resultado e identificação de melhores práticas. Definição de nova meta de redução de teor de rejeito de 0,12 para 0,10 gramas por tonelada.

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.

- Votorantim Metais – Brasil.

Outra aplicação do iTLS[®] no Brasil ocorreu na Votorantin Mineração, empresa do grupo Votorantin do Brasil. A empresa foi estabelecida em 1996, após reestruturação no modelo de gestão da organização, sendo responsável pelos negócios de zinco, níquel e alumínio, além de outros metais. A empresa possui 10 mil colaboradores em 17 unidades industriais, sendo onze no Brasil, quatro nos Estados Unidos, uma na China e uma no Peru. A empresa obteve faturamento líquido de R\$ 9,2 bilhões em 2012, sendo líder no mercado brasileiro de alumínio, maior produtor de níquel eletrolítico da América Latina, uma das cinco maiores produtoras mundiais de zinco, líder na produção de óxido de zinco e segundo maior em pó de zinco.

Segundo Pirasteh e Fox (2010) e Pirasteh e Calia (2010), a utilização do modelo iTLS[®] foi usada para sincronizar a produção com os níveis de capacidade disponíveis e estabilizar o processo em cinco plantas, para obter ritmo de entrega constante, foco nos elementos críticos do sistema, eliminação das perdas e redução da variabilidade. Para a construção deste cenário, foram seguidos os sete passos do modelo:

- Passo 1 (TOC) - Mobilizar e focar: organizar as pessoas em equipes funcionais focadas, alcançar um consenso sobre a raiz do problema e educar sobre os novos paradigmas. Obter consenso sobre qual operação deve ser o Tambor e qual deve ser o seu ritmo para todo o sistema;

- Passo 2 (TOC) - Identificar e Explorar as restrições: fornecer proteção para manter o ritmo do tambor e criar pulmões antes deles. Implementar uma rotina de gestão de kanban com regras para interpretar o estado do Pulmão;
- Passo 3 (LP) - Eliminar as fontes de perda: identificar as restrições nas operações cuja capacidade atual média é inferior a 110% da capacidade do Tambor e utilizar o Gerenciamento de Pulmão. Estabelecer equipes de *kaizen* para eliminar o desperdício em cada restrição e descobrir a "capacidade escondida" pela aplicação de Controle Estatístico de Processo, análise de causa-efeito, diagrama de Pareto etc;
- Passo 4 (SS) - Controlar a variação do processo: depois de eliminar essas restrições, reduzir a variabilidade do processo destas operações por meio da aplicação de técnicas SS;
- Passo 5 (SS) - Controlar as atividades de suporte ao Tambor: controlar a liberação de material para garantir que os materiais são liberados no ritmo do tambor;
- Passo 6 (LP) - Remover a restrição e estabilizar: estabilizar os processos e aumento da capacidade para permitir que as plantas reduzam os tempos de ciclo, expandam a produção e aumentem as receitas e ROI (*Return Over Investment* – Retorno Sobre o Investimento);
- Passo 7 (TOC) - Reavaliar o sistema: voltar ao passo 1.

Com o final da implantação do modelo, a empresa obteve um aumento do OEE de 93% para 95% e recuperação de resíduos de 86% para 90.5%. A produção melhorou em 10% para atender 100% da exigência do cliente, sem quaisquer investimentos adicionais de capital. Os lucros aumentaram em 5%, o período de *pay-back* foi de apenas alguns meses em cada planta (o menor período foi de 28 dias).

- Jonker Sailplanes – África do Sul

O trabalho de Tonder (2011) apresenta uma aplicação do TLS na Jonker Sailplanes, na África do Sul. A empresa foi fundada em 2004 e é um fabricante de planadores situada em Potchefstroom.

O autor detalha que foi elaborado um plano de implantação da Integração TLS na empresa, porém, o plano é adaptado para a empresa, pois o elemento Seis Sigma do TLS não

foi implementado naquele momento. O plano utilizado para a empresa foi constituído de 14 fases, sendo elas:

- 1 Especificar a filosofia de longo prazo da organização;
- 2 Identificar a restrição;
- 3 Explorar a restrição;
- 4 Subordinar outras atividades à restrição;
- 5 Elevar a restrição;
- 6 Evitar inércia negativa;
- 7 Especificar o valor;
- 8 Identificar o fluxo de valor;
- 9 Fazer o valor fluir sem interrupções;
- 10 Deixar o cliente puxar o valor do produtor;
- 11 Concentrar nas pessoas da organização e os parceiros fora da organização;
- 12 Implementar com agilidade;
- 13 Tornar-se uma organização de aprendizagem, e
- 14 Buscar a perfeição.

A TOC e a LP foram implementadas em Sailplanes Jonker em 2009 ao longo de 2011. Isso deu origem a um aumento muito acentuado no número de aeronaves fabricadas por ano. Segundo o autor, a TOC foi utilizada para identificar as restrições dentro da Jonker Sailplanes e a LP, por sua vez, teve como objetivo melhorar as restrições (e o resto da organização).

Em contraste com essas metodologias de melhoria contínua, para o autor, o objetivo do SS é manter as melhorias e evitar a tendência humana a desacelerar depois de um auge no rendimento foi alcançado. A Jonker Sailplanes ainda está na fase de projetos LP para agilizar o fluxo de trabalho, portanto, o autor declara que o SS só pode ser implementado uma vez que o rendimento chegou a uma taxa estável de pelo menos 18 aeronaves por ano. Prevê-se que o rendimento vai se estabilizar em 18 aeronaves por ano a partir de 2013. Somente quando o fluxo de trabalho tornar-se simplificado, a empresa irá mudar de implantação de projetos LP para implementação de projetos SS.

Como resultado, as despesas operacionais necessárias para fabricar uma única aeronave em Jonker Sailplanes diminuíram após 2009, quando TLS foi inicialmente implementada, aumentando o lucro da organização e atingindo a meta.

- Empresa de Manufatura de Componentes Eletrônicos

Pirasteh e Fox (2010) relatam o caso de aplicação do método iTLS[®] em uma empresa de manufatura de componentes eletrônicos, entretanto, a obra não revela o nome da empresa na qual foi realizado o estudo.

A fábrica operava com níveis de estoque de US\$ 15 milhões, após a introdução de fabricação de um lançamento de um novo produto, os níveis de estoques passaram para US\$ 28 milhões, ao longo de um período de sete meses. Esse aumento significativo de 86% no estoque representa um custo adicional de US\$ 3 milhões em custos de capital e outros custos de gestão de estoques.

Por meio desta razão foi escolhido o modelo iTLS[®] para reduzir estes aumentos de os estoques. A aplicação do iTLS[®] na sequencia correta rendeu mais de 50% na redução de inventário. Este resultado foi obtido por meio da aplicação dos sete passos do modelo, sendo:

- Passo 1 (TOC) - Mobilizar e focar: a equipe definiu o problema e mapeou o processo usando o mapeamento de fluxo de valor (VSM) e ferramentas LP, identificando o processo em que estava a restrição e que gerava o efeito indesejado de elevar significativamente os níveis de estoque;
- Passo 2 (LP) - Identificar e Explorar as restrições e Passo 3 (LP) - Eliminar as fontes de perda: a equipe aplicou as fases de *Measure* e *Analyze* do método DMAIC para explorar a restrição através da implementação de mudanças necessárias para elevá-la. Um processo de Planejamento de Vendas e Operações (S&OP – *Sales and Operation Planning*) foi implantado para gerenciar a demanda do cliente;
- Passo 4 (SS) - Controlar a variação do processo: nesta etapa foi aplicado um modelo de controle de nível de estoque com a intenção de minimizar a variabilidade do processo e controlar o processo dentro dos limites "normais";
- Passo 5 (SS) - Controlar as atividades de suporte ao Tambor: após a equipe identificar as restrições, foi assegurado que as atividades críticas fossem controladas de modo a manter a restrição explorada. Esta etapa é essencialmente necessária à subordinação das atividades ao Tambor;
- Passo 6 (LP) - Remover a restrição e estabilizar: a equipe foi capaz de identificar a natureza da restrição e as atividades que a intensificavam, o que lhes permitiram acelerar corretamente os processos de controle de estoque e compras. A equipe de apoio foi treinada e foram realizados os ciclos de S&OP,

reduzindo as falhas e melhorando o planejamento do horizonte de compra e, desta forma, a restrição foi quebrada;

- Passo 7 (TOC) - Reavaliar o sistema: com a redução de estoque e a redução de custo de capital, o processo foi melhorado e voltou-se ao passo 1.

- Montagem de Válvula

Em Pirasteh e Fox (2010) é apresentado um estudo de caso de um projeto de aplicação do método TLS para uma linha de montagem de válvula. Novamente, neste caso, não é referenciado o nome da empresa.

A empresa possui um produto chamado Válvula de Fenda 300MM, que é um subconjunto que pode ser vendido como peça de reposição ou usado como parte de um conjunto integrado da Montagem da Válvula 300MM. O tempo de montagem da válvula de fenda 300MM era imprevisível, sendo em média 35 minutos para um técnico especializado e 60 minutos para um não qualificado. Além disso, seu fluxo na área de montagem era complicado. Estas características da linha de montagem tornavam o processo ineficaz e incapaz de atender a demanda do cliente. Para melhorar esse cenário, os sete passos do método foram aplicados:

- Passo 1 (TOC) - Mobilizar e focar: nesta fase, a equipe definiu o problema da variação do tempo requerido para a montagem completa de uma válvula de fenda. Identificou-se que o processo de montagem é inconsistente e, portanto, cria-se um prazo de entrega imprevisível. O foco do projeto era reduzir o tempo de ciclo em 40%, reconfigurar a linha de montagem, desenvolver ciclo S&OP conciso, redefinir os componentes do *Kanban* e implementar 5S;
- Passo 2 (LP) - Identificar e Explorar as restrições: para reduzir o ciclo de montagem do subconjunto, a equipe realizou o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), em que foram identificadas melhorias a serem realizadas no *layout*, de modo a reduzir desperdícios de movimentação e melhorar a disposição de peças, desenhos, equipamentos e ferramentas;
- Passo 3 (LP) - Eliminar as fontes de perda: por meio de uma análise estatística, foi determinado que a existência de um ambiente de trabalho desorganizado, a falta de um ciclo S&OP efetivo e a falta de padronização por meio do 5S seriam os fatores principais que estavam afetando o tempo de ciclo de montagem;

- Passo 4 (SS) - Controlar a variação do processo: para acompanhar e controlar a redução do tempo de ciclo foi implantada uma placa informando o tempo *Takt*, para que os tempos reais fossem registrados e comparados com o padrão;
- Passo 5 (SS) - Controlar as atividades de suporte ao Tambor: após a implantação dos passos anteriores, buscou-se subordinar os demais processos à restrição do sistema, realinhando algumas melhorias, tais como: criação de local de embalagem; implantação de carrinho para segregação de material não conforme da linha; criação de linha de montagem linear; criação de ferramental dedicado; criação de área de retrabalho; implantação de um efetivo ciclo S&OP; implementação do *Kanban*;
- Passo 6 (LP) - Remover a restrição e estabilizar: o tempo de ciclo foi reavaliado com base nas mudanças para a área de montagem. Foi atingida a meta estabelecida na fase 1 do modelo e com isto a restrição do sistema foi removida, passando-se a estabilizar o processo;
- Passo 7 (TOC) - Reavaliar o sistema: com a obtenção de melhores resultados equipe retornou ao passo 1 do método.

Com a aplicação do modelo iTLS[®] para melhorar esta situação, a empresa obteve os seguintes resultados:

- Redução da probabilidade de uso de materiais não conformes, proporcionando maior qualidade;
- Redução média de 71,8% no tempo de ciclo de montagem;
- Redução de 50% no tempo de ordem de trabalho para *picking* (separação);
- Configuração de linha flexível;
- Inclusão do processo S&OP;
- Área de trabalho bem organizada;
- Eliminação de *muda* (desperdícios).

2.6.3 Casos de aplicação do Modelo UIC[®]

Foram encontrados dois casos de aplicação do modelo *Ultimate Improvement Cycle* na literatura. O primeiro caso é reportado por Sproull e Nelson (2012a) em um livro “*business novel*” baseado em uma história real, porém com nome fictícios para os personagens, e o

segundo caso é reportado por Sproull (2012a), com aplicação em uma fábrica de caminhões Truck.

- Epiphanized - Livro “business novel”

Escrito como um romance de negócios, o livro “*Epiphanized: Integrating Theory of Constraints, Lean and Six Sigma*” de Sproull e Nelson (2012a) é uma história que conta o processo acelerado de transformação da empresa Barton Enterprises, fabricante de tanques de combustível para a indústria de defesa e aviação. A trama da história conta com vários personagens que buscam melhorar o desempenho do sistema para cumprir as datas de entregas para os clientes e melhorar as margens de lucro da empresa.

O livro é diferente de outros romances de negócios, pois os autores buscaram incorporar um aspecto de *know how* mais técnico para os leitores, fornecendo detalhes várias ferramentas e princípios dos métodos de melhoria. O livro busca também demonstrar o poder de combinar as ferramentas de pensamento e ferramentas de melhoria para criar novas ferramentas de pensamento mais eficazes.

Apesar de não mencionar a aplicação do modelo UIC[®] - *Ultimate Improvement Cycle*, o livro é baseado no modelo e apresenta elementos que enfatizam os benefícios da utilização dos três métodos integrados.

Segundo Sproull e Nelson (2012a), a TOC deve ser aplicada inicialmente para analisar o sistema, demandando o tempo necessário para realizar esta etapa de maneira correta, para só então aplicar os métodos de melhoria LP para redução de desperdícios e SS para redução da variação para ajudar a explorar a restrição.

Ainda segundo os autores, as iniciativas LP e SS falham na entrega de melhores resultados por escolherem o ponto errado de melhoria durante a primeira etapa de foco. Este pressuposto falso é sustentado pela ideia que buscar melhorias locais levarão ao ótimo global do sistema. Por meio destas constatações, os autores reforçam a importância da TOC para identificação do foco correto na direção da melhoria do ganho (*throughput*) do sistema.

Para os autores, os três métodos possuem significativa importância e a combinação dos três métodos irão convergir em um “único consórcio de melhoria”, utilizando as melhores práticas de cada um para resolver a maioria dos problemas que envolvem implantação de melhorias. Esta combinação é apresentada na Figura 37.

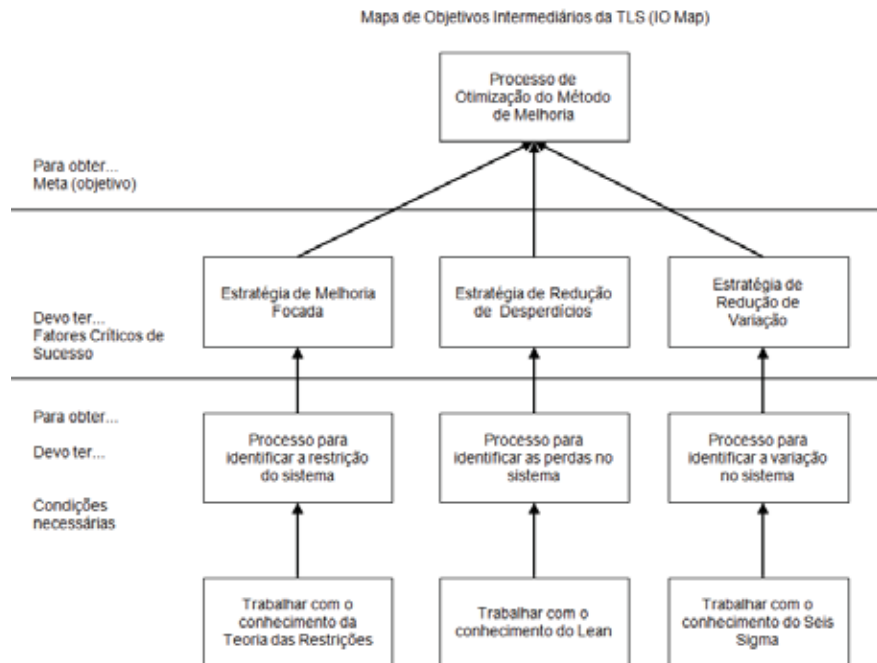


Figura 37: IO Map do TLS
 Fonte: Adaptado de Sproull e Nelson (2012a)

- Fabricante de carrocerias de caminhões

Sproull (2012a) apresenta um estudo de caso sobre uma empresa que fabrica carrocerias para o setor de transporte desde 1958 e foi reconhecido como um dos líderes desta área da indústria. Mais uma vez, o nome da empresa não é revelado no estudo.

A empresa estava perdendo quota de mercado e passava a ter datas de entrega não atendidas. Além disso, o moral dentro da engenharia estava baixo e o desempenho do setor estava ruim se comparado com o número de horas de trabalho em atraso.

O primeiro passo foi a identificação da restrição da área de Engenharia, pois o acúmulo de projetos subiu, passando de 300 horas para cerca de 1400 horas de atraso apenas nos dois meses anteriores. Foi realizado um Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) para entender melhor o que estava acontecendo. Ficou claro que a restrição era a entrada de pedidos no sistema. O processo de receber um pedido de cotação e entregá-lo de volta para o cliente estava consumindo mais de 40 dias, sendo que para produzir e montar uma carroceria do caminhão era gasto duas semanas.

O próximo passo foi desenvolver um gráfico de execução desta atividade para obter histórico do processo de cotação. Havia um aumento linear nos dados, sendo que boa parte da ascensão do tempo decorrido foi devido o cancelamento de horas extras. Ou seja, parte dos sintomas do problema era resolvida com utilização de horas extras.

Com os dados históricos, iniciou-se a fase de análise do problema, em que foi detectado que a origem do aumento do tempo de executar uma cotação e entregá-lo para o cliente havia aumentado devido uma reestruturação do setor, agrupando as equipes em uma única unidade.

Detectada a causa raiz do problema, houve uma nova reestruturação da equipe, voltando para a configuração anterior da área de engenharia, constituindo quatro grupos de trabalho para reduzir as horas da atividade. Com isto o atraso diminuiu de 1.200 horas para 131 horas, cerca de cinco semanas, e manteve-se dentro de um nível aceitável de manutenção depois disso. Além da reconfiguração do setor, houve uma grande redução nos desperdícios no processo de engenharia que reduziu o tempo necessário para processar os pedidos através de engenharia de 40 dias para apenas 48 horas.

Segundo o autor, a chave para o sucesso, neste caso, foi primeiramente identificar a restrição do sistema. Para decidir como explorar a restrição, foram aplicadas diversas ferramentas LP e SS. Por fim, seguiram-se as etapas de subordinar demais processos à restrição e de remover a restrição.

2.6.4 Casos de aplicação do Modelo TOCLSS®

Foi identificada na literatura a existência de cinco aplicações do modelo TOCLSS®, desenvolvido por AGI (2009a). Entre uma das aplicações está a utilização do modelo em um livro de romance de negócios, conforme serão apresentados nos tópicos a seguir.

- Na velocidade da luz – Livro “*business novel*”

O livro “Na velocidade da luz: Como integrar a manufatura Lean, o Six Sigma e a Teoria das Restrições para atingir uma performance extraordinária” de Jacob, Bergland e Cox (2010), também foi escrito na forma de romance empresarial. O livro conta a história de uma presidente de uma empresa que tem o desafio de implantar o LSS para melhoria da gestão da empresa, sob a pressão para atender um cliente importante.

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.

O livro foi escrito por um dos coautores do livro a Meta, baseando-se no mesmo princípio, o livro “Na velocidade da luz” procura aplicar os conceitos do modelo TOCLSS®

em um caso, baseado em romance empresarial. Entretanto na obra não é mencionado se foi escrito baseado em um uma história real.

- Republic Industries International.

AGI (2010d), AGI (2010e) e AGI (2010f) apresentam o estudo de caso do modelo TOCLSS[®] aplicado na empresa Republic Industries International. A empresa, fundada em 1911, com sede em Louisville, Kentucky, presta serviço de reparos e produção de componentes metálicos que suportam grandes clientes dos setores industriais e de mineração. A empresa oferece serviços de engenharia para desenvolver soluções exclusivas para atender às necessidades dos clientes. A empresa trabalha com sistema de produção *Make To Order* (MTO - fabricação sobre encomenda) e *Make To Stock* (MTS - fabricação para estoque), contando com um quadro de cerca de 100 funcionários.

A empresa passava por grandes obstáculos, tais como: mudar a mentalidade existente; medir a eficiência e os desvios em relação à meta; falta de procedimentos de comunicação estabelecidos e os meios para capturar decisões compartilhadas falta de definição dos requisitos dos clientes antes do início do trabalho, ou seja, o escopo e data de vencimento, materiais necessários, documentação precisa e etc; programação com base na situação do fluxo de caixa, e não no mix de trabalho ou sobre o impacto nos recursos.

Com estes obstáculos a empresa poderia passar por perdas potenciais, tais como: perda de credibilidade após repriorização de pedido; restrições de fluxo de caixa, não atendendo a demanda; desmotivação da equipe e excesso de trabalhos urgentes (combate a incêndios).

A escolha do método TOCLSS[®], com a aplicação dos passos do método SDAIS, possibilitou reverter o atual cenário. A aplicação dos passos da metodologia foi realizada mediante a aplicação dos seus cinco passos, sendo eles:

- *Strategy*: a primeira etapa consiste em elaborar a estratégia que será empregada. Por meio de uma coleta de uma quantidade substancial de dados e análise de como a empresa estava operando atualmente, foram detectados 25 obstáculos e 12 oportunidades de melhoria, que são entradas para a fase *Activate* do novo processo;
- *Design*: o ponto central da fase *Strategy* e conseqüentemente da fase de *Design* foram os conceitos da TOC aplicados ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, por meio do conceito de Demanda Puxada do Mercado e Gerenciamento do Pulmão. A Demanda Puxada do Mercado liga a saída do

sistema à demanda dos clientes nas janelas de tempo adequadas. O Gerenciamento de Pulmão protege a capacidade do sistema para atender a demanda, tanto no tempo quanto na quantidade;

- *Activate*: a empresa ainda devia superar dois dos maiores obstáculos, que era a falta de procedimentos de comunicação estabelecidos e falta de informação adequada, pois estes obstáculos impactavam na duração do tempo das atividades, realização de trabalho que não tinham prioridade, atrasos nos trabalhos que realmente tinham prioridade e atraso na entrega final. Além da implantação dos conceitos TOC no gerenciamento da cadeia de suprimentos, foi necessário resolver esses dois obstáculos, definindo uma data para as novas comunicações e regras de programação e comportamentos para estar em vigor. Determinando novas regras para liberar um novo trabalho, mesmo em situações quando alguém não tinha nada imediato para fazer (modelo de trabalho da regra Papa Léguas). Com a aplicação do modelo até a terceira fase, a empresa obteve redução de 60 para 20 o número de serviços atrasados, proporcionando uma redução de 40% no valor de WIP e aumento de 27% no valor dos produtos acabados;
- *Improve*: com a alteração do sistema de trabalho para a regra do Papa Léguas, o novo processo de gestão de operações logo entrou em conflito com alguns dos seus outros processos de negócio, em particular, os seus procedimentos contábeis e medidas de eficiência. Com isto a empresa teve que mudar o modo de enxergar a nova contabilidade de ganhos, que era conflitante com a tradicional contabilidade de custos. Este paradigma foi quebrado quando a empresa ganhou uma compreensão muito mais clara, ao trabalhar no sistema MTO. O sistema MTO trouxe maiores rendimentos, tornando a empresa mais rentável, pois as maiores receitas de vendas eram provenientes de produtos fabricados via MTO. Mesmo com a implantação deste novo sistema, que trouxe benefícios para a empresa, as condições de mercado e da economia como um todo passaram a mudar, de modo que a demanda MTO caiu drasticamente, pois a restrição passava de dentro da empresa para o mercado. Para melhorar esta situação, a empresa passou a aplicar os cinco passos de focalização, tendo como premissa a utilização do Sistema Tambor Pulmão Corda Simplificado, que considera que a restrição deve estar no mercado;

- *Sustain*: após a avaliação da nova restrição do sistema e realizada a aplicação dos cinco passos de focalização, os resultados da empresas (ganhos) voltaram a melhorar. Entretanto, esta fase do modelo consistia em sustentar os ganhos obtidos até o momento, pois a empresa ainda passava a enfrentar problemas no desempenho de suas entregas. Para melhorar este desempenho, a empresa passou usar o gerenciamento de pulmão para priorizar o trabalho, para saber quando acelerar, para identificar onde a capacidade é insuficiente e para ajustar o tamanho do pulmão.

Os resultados mostraram uma melhoria no gerenciamento dos processos operacionais, uma melhora na capacidade da empresa em atender a demanda dos clientes de forma mais ágil, tendo uma redução de 40% de estoque em processo, aumento de 27% em quantidade na produção de produtos acabados e aumento de aproximadamente 20% nas vendas.

- U.S. Navy and Marine Corps

AGI (2009b) traz a aplicação do modelo TOCLSS[®] na Marinha dos EUA e Corpo de Fuzileiros Navais. Segundo o autor, desde 2001, a Empresa Aviação Naval (NAE), que inclui o Corpo de Fuzileiros Navais, vem passando por grandes desafios, que inclui um aumento de pelo menos 10% de no número de missões voando ao redor do mundo, meta de redução de custos operacionais no planejamento de US\$ 1,5 bilhão e redução do quadro de 70.000 funcionários.

Além destes desafios, a empresa possuía muitas aeronaves obsoletas e muito utilizadas, exigindo muitas horas de manutenção. Além disso, a equipe de manutenção era composta de jovens, tornando o desafio ainda maior.

Visando alcançar maior prontidão para a entrega de serviços e reduzir as despesas operacionais e o inventário, a empresa resolveu melhorar o seu Processo de Melhoria Continua, para adicionar velocidade em seus processos. Desta forma, o método envolveria a composição de uma mistura integrada de práticas TOC, LP e SS. Esta melhoria do processo foi realizada com a parceria da AGI – Goldratt buscando um esforço para realização de uma integração coesa.

Desta forma, a adição da TOC fornece uma maneira de concentrar os esforços de LSS para as atividades mais importantes antes que as coisas se tornem urgentes. O estudo de AGI (2009b) detalha a implantação do novo modelo de melhoria de processo, mas não faz menção

à aplicação de cada fase das etapas SDAIS (*Strategy, Design, Activate, Improve e Sustain*) para a realização da implantação.

Na aplicação do novo modelo de melhoria contínua, o autor relata a resistência inerente ao processo de mudança do antigo processo de melhoria para o novo. Os resultados apontaram para uma redução de 10% a 46% de horas de trabalho direto, redução de 7% a 36% de custo para o cliente e redução de 62% a 92% no tempo de reposição de materiais.

- TIMCO - Aviation Services

A empresa TIMCO foi fundada em 1990 e é a maior provedora comercial de serviços independentes de Manutenção, Reparação e Revisão de Aeronaves (*Maintenance Repair and Overhaul - MRO*) dos Estados Unidos.

Segundo AGI (2010b), a empresa teve uma experiência bem sucedida com a aplicação das soluções da Teoria das Restrições (TOC) no processo de produção e na remanufatura. Assim, a liderança executiva da TIMCO decidiu aplicar o Gerenciamento de Projetos baseado na TOC (CCPM) às suas instalações da TIMCO, com o objetivo de melhorar o desempenho e responder ao aumento da demanda de manutenção, reparação e revisão de aeronaves.

Embora este trabalho não apresente os passos detalhados da aplicação do modelo TOCLSS[®] e os passos do SDAIS, o artigo ressalta a importância da fase Design do modelo proposto, que recomenda estabelecer um alinhamento estratégico inicial para condução dos processos de melhoria.

A empresa possui duas fábricas que realizam os serviços de MRO. A estratégia adotada baseou-se na formação de equipes de planejamento para estabelecer o núcleo de apoio para desenvolver a aplicação inicial em uma das instalações que atendia vários clientes e vários tipos de aeronaves que exigiam vários níveis diferentes de serviço. A estratégia consistiu em projetar uma solução para reduzir a competição por recursos escassos qualificados, relacionando com o sistema de liberação de trabalho. Isso permitiu uma melhor priorização e sincronização de trabalho, resultando em um aumento no número de projetos completados e redução do tempo gasto necessário para cada aeronave.

O modelo TOCLSS[®] enfatiza a importância de se estabelecer a estratégia (*Strategy*) em primeiro lugar para orientar a organização e a liderança na tomada de decisões de *Design* das operações.

- Process Equipment Company (PECo)

A empresa Process Equipment Company (PECo) foi fundada em 1946 e está localizada em Tipp City, Ohio, nos Estados Unidos. A empresa presta serviço de usinagem, solda, marcação e rastreabilidade, montagem, fabricação de engrenagem, inspeção, automação e serviços de ferramentaria, atendendo os mercados de energia alternativa, automotiva, de defesa, de transmissão de energia, aeroespacial, industrial, comercial e produtos para indústrias transformadoras.

Nos últimos anos a empresa passou a ter uma queda no lucro líquido e, para solucionar este problema, foi adotada a integração dos métodos de melhoria, aplicando o modelo SDAIS. Entretanto, o estudo de caso apresentado em Zahora e Zahora (2009) não revela muitos detalhes sobre o processo de implantação de cada passo do modelo. Os passos de aplicação segundo os autores foram:

- *Strategy*: nesta etapa foi realizada a criação de um roteiro estratégico com foco em otimizar o desempenho do sistema global ao invés de melhorar apenas pontos isolados do sistema. Para tal, as ferramentas de Processo de Raciocínio foram aplicadas para entender a relação de causa e efeito, isoladamente. Neste roteiro foram definidas as atividades, sequência de atividades, políticas, indicadores e normas para migrar do status atual (*as is*) para o status futuro (*to be*);
- *Design*: nesta etapa houve a definição do status futuro com um sistema operacional que amarra a demanda do cliente com a capacidade da restrição (sistema Tambor Pulmão Corda), implantando Pulmões de tempo e monitoramento diário para garantir que não haja interrupções no Tambor. Houve também uma mudança na forma de medição do desempenho do sistema, que migrou para a contabilidade de ganhos;
- *Activate*: esta etapa consistiu na implantação de novas políticas, indicadores, papéis e responsabilidades, sistemas de informação, ferramentas de gerenciamento de execução e aplicação de treinamento necessário para os funcionários. Ao fim desta etapa, houve aumento da taxa de geração de ganho, redução de WIP e melhoria nos prazos de entrega;
- *Improve*: esta etapa foi destinada a aumentar a capacidade da restrição. Coube à equipe examinar o que e onde as mudanças adicionais seriam necessárias, tomando como premissa quais projetos teriam maior impacto, que poderiam

reduzir o *gap* do desempenho atual com o desempenho desejado. Desta forma, por meio das técnicas LSS, foram determinados alguns projetos de melhoria que poderiam trazer alterações significativas no desempenho do sistema, tendo como foco principal o aumento de capacidade. Um dos projetos mais significativos foi o de redução de tempos de *setup* nos recursos gargalos;

- *Sustain*: nesta etapa foi determinado um procedimento para controle de desempenho do sistema, de modo a avaliar a eficácia do projeto e resultados das melhorias, finalizando com o registro das melhores práticas de todas as etapas do modelo TOCLSS[®].

2.6.5 Casos de aplicação do Modelo 7BG[®]

Em relação ao modelo 7BG[®], não foram encontradas publicações referentes ao uso do modelo. Entretanto, foi possível identificar, por meio de consulta no *website* da empresa, que as empresas Vulkan do Brasil, Trio Alimentos, Votorantim Cimentos, Votorantim Metais e Yamana Gold são empresas usuárias do modelo 7BG[®]. Entretanto apenas a empresa Vulkan do Brasil utiliza o modelo 7BG[®] integralmente, as demais empresas foram mencionadas devido elas utilizarem o modelo iTLS[®], ao qual foi implantado em parceria com a Goldratt Associados.

2.7 RESUMO DAS INICIATIVAS DE INTEGRAÇÃO TLS

O Quadro 22 apresenta um resumo dos modelos de Integração TLS, com os respectivos autores, as empresas que fornecem apoio para implantação dos modelos e em quais empresas os modelos já são utilizados.

Muitas das empresas que utilizam algum modelo de integração TLS (última coluna do Quadro 22) não possuem relatos publicados. Os nomes das empresas são referenciados apenas no website das empresas responsáveis pela implantação do modelo.

Quadro 22: Autores, modelos e utilização da Integração TLS

Modelo de Integração	Autor do Modelo	Publicações do autor	Empresa responsável pela integração	Empresas que utilizam o modelo
iTLS [®]	Reza M. Pirasteh	Pirasteh (2005); Pirasteh e Farah (2006a); Pirasteh e Farah (2006b); Pirasteh e Horn (2009); Pirasteh e Calia (2010); Pirasteh e Fox (2010); Pirasteh (2011); Pirasteh (2012);	iTLS-ISO Group www.itls-iso.com/ Goldratt Associados www.goldratt.com.br	Stephen Gould Corporation; New Beginning; Sanmina-SCI; Alcon – (Brazil); Senco Colombiana: bathroom appliances; Eurocerâmica: Tiles (Colombia); Salamanca: Catering services (Colombia); Arroz Caribe: Rice mill (Colombia); L3 Communications; Northrop-Grumman; Huntsman Cancer Institute; Dyplast Products; NavAir; PECO; Knight Industries; Eli Lilly; AzulK (Colombia); Votorantim (Brazil); Jonker Sailplanes; Alcon;
UIC [®]	Bob Sproull	Sproull (2010); Sproull (2012a); Sproull (2012b)	Novaces www.novaces.com/	Fabricante de carrocerias de caminhões
TOCLSS [®]	AGI Goldratt Institute	AGI (2009); AGI (2010a); Jacob, Bergland e Cox (2010)	AGI Goldratt Institute www.goldratt.com	U.S. Navy and Marine Corps; TIMCO - Aviation Services; Corning Display Technologies; Republic Industries International, State of Hawaii
Excelência 360 [®]	Eduardo Moura	Moura (2010); Moura (2011); Moura (2012)	Qualiplus www.qualiplus.com.br	Aglomerados Cotopaxi S.A - ACOSA (Equador)
7BG [®]	Sandro Battazza Gutierrez	Sem publicações referentes ao modelo	7BG www.7bg.com.br	Vulkan do Brasil; Trio Alimentos; Votorantim Cimentos; Votorantim Metais; Yamana Gold

Fonte: Proposto pelo autor

A pesquisa também identificou outras aplicações da Integração TLS em empresas. Entretanto, nesses estudos não é detalhado qual modelo de Integração TLS foi utilizado, ou mesmo se houve uso de algum modelo formal de Integração TLS. Apesar disto, segundo as fontes consultadas, a integração trouxe benefícios para as seguintes organizações:

- Boeing Company, fabricante de aeronaves: Bournigal e Daniels (2005) informam os seguintes ganhos obtidos pela empresa: criação de uma nova filosofia de gestão, desenvolvendo uma manufatura híbrida com sistema de puxar e empurrar a produção; inventário apenas do que é necessário; presença de pequenos lotes de segurança (pulmão); implantação de sistemas *Kanban*; comunicação funcional; células de suporte; envolvimento dos funcionários nas equipes; junção dos *layouts*; redução de 50% do tempo final de montagem do Boeing 737[®], passando de 22 dias de fluxo para 11 dias de fluxo; redução de WIP em 55% e de produtos acabados em 59%;
- Intel Corporation, fabricante de microprocessadores: Lindsay e Edwards (2008) apresentam os seguintes resultados obtidos em oito implantações em seis países: redução do tempo de ciclo médio em 75% e de mais de 75% do desvio padrão; redução de mais de 65% em WIP; entrega rápida de dados de

operações (de 3 semanas para 1 hora); nova capacidade de modelagem; US\$ 15 milhões na economia de estoque; aumento da segurança dos funcionários; nenhum aumento de despesas operacionais; nenhum investimento necessário;

- Verreries Brosse, fábrica francesa produtora de embalagens de vidro para perfumes de grife: Marris (2012b) apresenta os resultados: redução de 20% de WIP e produtos acabados no primeiro ano; redução significativa no tempo de *setup* no recurso gargalo; melhorias na qualidade, vendas e lucros; aumento de 31% nas vendas; redução de 55% nos lotes refugados identificados pelos clientes;
- Autoliv, empresa sueca líder na fabricação de equipamentos de segurança para automóvel: Marris (2013b) relata que, com a aplicação da Integração TLS, a empresa passou a ter um aumento de 70% nas entregas de peças por semana;
- Caso em uma Metalúrgica (nome não identificado): de acordo com Marris (2013b), a empresa obteve uma significativa redução no tempo de preparação, uma grande redução da variação e geração de refugos e uma redução de estoque WIP de mais de 50% com a aplicação da Integração TLS.

3 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Silva e Menezes (2005), pesquisa é um conjunto de ações, baseadas em procedimentos racionais e sistemáticos, direcionadas para encontrar a solução para um problema. Para Gil (1991), o objetivo da pesquisa é descobrir respostas para problemas, através de um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico.

Para Iarosinski e Leite (2010), a Engenharia de Produção apresenta certas particularidades que a distinguem das outras Engenharias. O que a difere das demais é a inclusão de sistemas humanos e a utilização de conhecimentos das ciências sociais no rol de suas ações. Dadas estas características, aumenta significativamente a complexidade dos problemas tratados pela Engenharia de Produção.

Fleury (2010) afirma que a pesquisa na área de Engenharia de Produção é um tanto mais complicada se comparada às demais áreas de conhecimento, por ser esta uma área reconhecidamente interdisciplinar. Sobretudo, os autores salientam que a interdisciplinaridade não deve ser confundida com indisciplina, pois a Engenharia de Produção tem temas e métodos de pesquisa que são próprios.

Neste capítulo, são apresentadas as escolhas metodológicas pertinentes para a realização da pesquisa. Este capítulo descreve e justifica o método científico usado na pesquisa, apresenta a definição do universo da pesquisa, as estratégias de coleta, tratamento e análise de dados e as etapas que compõem sua condução.

3.1 ESCOLHA METODOLÓGICA

Miguel (2007) ressalta a importância metodológica de um trabalho. Para o autor, uma fundamentação científica adequada pode gerar o desenvolvimento de trabalhos melhor estruturados, que busquem o desenvolvimento da teoria por meio de sua extensão ou refinamento ou, em última instância, a proposição de novas teorias, contribuindo assim para a geração de conhecimento.

O autor afirma que é necessário a busca da melhor abordagem de pesquisa a ser utilizada para endereçar as questões da pesquisa, bem como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução.

Enfatizando a necessidade de empenho científico neste trabalho de pesquisa, foi escolhido o método de pesquisa qualitativo para a exploração de novos conhecimentos da Integração TLS. A justificativa para esta decisão está fundamentada nos seguintes fatos: quantidade e localização de empresas praticantes de algum modelo TLS, pois tais empresas

estão distribuídas em diversas localizações do globo, o que inviabiliza a realização de visitas *in loco* para realização de estudo de caso na grande maioria delas; e a quantidade da amostra é insuficiente para a realização de uma pesquisa quantitativa; muitas das publicações referentes à Integração TLS não foram publicadas em base de dados científicas.

De acordo com Silva e Menezes (2005), na pesquisa qualitativa há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, o que de certa forma não pode ser traduzido em números. A pesquisa qualitativa refere-se à interpretação dos fenômenos e à atribuição de significados ao objeto estudado, assumindo característica de pesquisa exploratória.

Para Silva e Menezes (2005), a pesquisa exploratória tem por objetivo permitir uma maior familiaridade com o fenômeno, obter uma nova percepção deste fenômeno ou ainda descobrir novas ideias. Entende-se que este trabalho de mestrado assume caráter de pesquisa exploratória, com objetivo de levantar informações a respeito da Integração TLS.

Metodologicamente, este trabalho é de cunho teórico-conceitual, caracterizado por uma análise e discussão proveniente da pesquisa na literatura, resultando em um levantamento de uma série de pontos relevantes sobre a Integração TLS.

De acordo com Berto e Nakano (1998), desenvolvimento teórico-conceitual é um produto de reflexões a partir de um fenômeno observado ou relatado pela literatura, gerado a partir de uma compilação de ideias e opiniões de diferentes autores, simulação ou modelagem teórica.

Segundo Miguel (2007), apesar de o desenvolvimento teórico-conceitual poder advir de discussões conceituais da literatura, seu escopo principal envolve, sobretudo, modelagens conceituais que resultam em novas teorias.

Monteiro (2010) destaca que pesquisa teórico-conceitual é uma prática para construção de conceitos que fornece um alicerce ao conhecimento necessário para produção de novos modelos e teorias. Segundo o autor, neste tipo de trabalho a arguição ou o argumento fundamentado, ressaltando os prós e contras em uma discussão, é de suma importância, pois é ela que remeterá o pesquisador a conclusões sugeridas, para defender uma ideia ou provar algo.

Baseado em Miguel et al. (2009) e Miguel et al. (2010), uma das funções deste trabalho é identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento de trabalhos sobre Integração TLS, buscando analisar, sob uma perspectiva crítica e positiva, todo o material coletado sobre o objeto de estudo, procurando identificar também perspectivas para pesquisas futuras.

Embora o trabalho apresente elementos que caracterizam uma revisão da literatura, o mesmo não deve ter essa classificação, pois não se trata especificamente apenas de contribuir com uma revisão da literatura existente. Segundo Miguel et al. (2009) e Miguel et al. (2010), uma das características da aplicação desse método é permitir uma cobertura de uma gama de fenômenos maior do que aquela que poderia ser pesquisada diretamente.

Miguel et al. (2010) e Nakano (2010) ressaltam que a pesquisa de desenvolvimento teórico conceitual possui sua relevância no meio acadêmico da área de Engenharia de Produção.

De acordo com a classificação de Noronha e Ferreira (2000), a pesquisa teórica deve ser classificada conforme seu propósito, abrangência, função e tipo de análise desenvolvida (abordagem). Seguindo as orientações dos autores, é desenvolvido o Quadro 23 para apresentar a classificação do presente trabalho.

Quadro 23: Classificação da pesquisa

Classificação	Tipo	Razões para enquadramento
Propósito	Analítico	Trata de uma revisão sobre o tema Integração TLS, fornecendo um panorama geral sobre o tema.
Escopo	Temático	O trabalho é centrado no tema de Integração TLS, não aborda outras possibilidades de integrações.
Função	1) Atualização 2) Análise e proposição de novos estudos	O trabalho possui duas funções, sendo elas: atualização, pois cita diversos estudos publicados recentemente pelo tema; análise proposição de novos estudos, pois consiste em realizar uma análise crítica dos trabalhos mais relevantes sobre o tema, podendo servir de base para novos estudos.
Abordagem	Bibliográfica	Busca levantar um conjunto de fontes de referências sobre o tema, extrapolando os limites de publicações científicas, considerando outras publicações (<i>white paper</i> , <i>unpublish paper</i>), oferecendo uma seleção de trabalhos sobre o tema Integração TLS.

Fonte: construído a partir de Noronha e Ferreira (2000)

O presente trabalho possui propósito analítico, enfatizando o escopo temático, tendo foco na Integração TLS, contribuindo com uma atualização sobre o assunto, bem como possibilitando uma análise das publicações encontradas e proposição de novos estudos a partir de uma abordagem bibliográfica.

Para a confecção desta pesquisa, foram utilizadas diversas bases de dados de materiais científicos, tais como: Scopus, Science Direct, Compendex, HUB-SciVerse, Engineering Village, Scirus, MathSciNet, Isi Web of Knowledge, Scielo.

Também foi realizada pesquisa nos banco de teses e dissertações das principais Universidades, entre elas: UNESP; UNICAMP; USP; UFRJ; UFSCAR; UNISINOS;

UNIMEP; UFSC; MIT; ITA; HARVARD, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. O período de realização da pesquisa foi concentrado de Fevereiro de 2011 a Junho de 2013, utilizando diversas combinações de palavras chaves *Theory Of Constraints; Lean Production; Lean Manufacturing, Six Sigma; models; integration; Lean and TOC; Lean and Six Sigma; TOC and Six Sigma; TOC, Lean and Six Sigma*. A pesquisa identificou alguns modelos de Integração TLS como iTLS[®], TOCLSS, UIC, 7BG e *Excellence 360°*, os quais também foram utilizados como palavras-chave para novas buscas.

Além da pesquisa nas principais bases de dados científicas, buscou-se também pesquisar por trabalhos publicados por empresas privadas (*white papper, unpublished papper*). Apesar de sua menor relevância acadêmica, estes trabalhos são uma fonte de informação, pois tratam de experiências de empresas e especialistas da área.

Para direcionar a pesquisa de maneira a ser corretamente executada, foi elaborado um roteiro para sua realização, contendo as sequências de suas fases. As fases foram arranjadas em fluxo de condução conforme as recomendações anteriores, as delimitações da pesquisa e as dificuldades em sua realização. O roteiro de realização da pesquisa está descrito no Quadro 24.

O primeiro capítulo deste trabalho é destinado a realização da fase 1 do roteiro de pesquisa, o capítulo de revisão de literatura é destinado à construção das fases 4 e 5. O de método científico é destinado à realização das fases 2 e 3, os questionários presentes na seção de anexos são produtos da fase 6, a fase 7 compreende a coleta de dados da pesquisa complementar e os capítulos de análise e considerações finais são reservados para as fases 8 e 9.

Quadro 24: Fases de realização da pesquisa

Fases de realização da pesquisa
<p>Fase 1) Definição e contextualização do Problema de Pesquisa</p> <p>Definição do problema, objetivo da pesquisa, justificativa para sua realização, delimitação da pesquisa, resultados esperados, sua originalidade, valor e contribuição (compreende capítulo 1 da dissertação).</p>
<p>Fase 2) Definição do método científico</p> <p>Definição e justificativa para o método de pesquisa adequado, estratégia de desenvolvimento, definição das ferramentas e técnicas para coleta e análise de dados (compreende o capítulo 3 da dissertação).</p>
<p>Fase 3) Desenvolvimento do modelo conceitual da pesquisa</p> <p>Desenvolvimento e definição de modelo conceitual para construção do protocolo de pesquisa, e direcionamento da definição das questões centrais para execução da pesquisa a serem constituídas nos questionários (compreende o capítulo 3 da dissertação).</p>
<p>Fase 4) Pesquisa teórica</p> <p>Desenvolvimento da pesquisa bibliográfica, investigando:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fundamentos, Ferramentas e Técnicas dos modelos TOC, LP e SS. - Comparações, Sinergias, Antagonismos, Motivadores, Modelos de Integração, Casos de aplicação da Integração TLS (compreende o capítulo 2 da dissertação).
<p>Fase 5) Mapeamento da realização da pesquisa complementar</p> <p>Identificação dos autores dos Modelos de Integração TLS; Identificação das empresas prestadoras de serviços de implantação dos modelos de integração; Identificação das empresas que utilizam a Integração TLS (compreende a seção 2.7 do capítulo 2 da dissertação).</p>
<p>Fase 6) Elaboração dos instrumentos de coleta de dados (questionários)</p> <p>Por meio do mapeamento realizado na fase 5, desenvolver três questionários, sendo eles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Questionário para os autores dos Modelos de Integração TLS. - Questionário para as empresas prestadoras de serviços de implantação dos modelos de integração. - Questionário para as empresas que utilizam a Integração TLS. <p>(Compreende os Apêndices 1, 2 e 3 da seção de Anexos).</p>
<p>Fase7) Coleta de dados</p> <p>Envio dos questionários para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autores dos Modelos de Integração TLS. - Empresas prestadoras de serviços de implantação dos modelos de integração. - Empresas que utilizam a Integração TLS <p>Obs: o número de amostra de autores e empresas prestadoras de serviços é correspondente ao resultado da Fase 5)</p> <p>Mapeamento da realização da pesquisa.</p> <p>Obs: como muitos nomes de empresas usuárias não são revelados, as amostras de empresas usuárias foram definidas pelos responsáveis das empresas prestadoras de serviços de implantação dos modelos.</p>
<p>Fase 8) Processamento dos dados</p> <p>Estrutura e análise dos dados coletados na pesquisa teórica e na pesquisa complementar.</p>
<p>Fase 9) Análise e considerações finais</p> <p>Análise das informações, considerações finais sobre a pesquisa, construção das entregas dos resultados previstos na seção 1.3 do capítulo 1.</p>

Fonte: Proposto pelo autor.

3.2 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA

Webster e Watson (2002) apresentam pontos importantes para identificação das literaturas relevantes e modo para estruturação da revisão. Uma consideração importante que os autores fazem é atentar para realização de uma revisão de literatura construtiva, ou seja, de fato ela deve informar o leitor o que foi aprendido. Em contraste, comentários específicos e

críticas aos trabalhos devem se remeter aos elementos encontrados na literatura, devendo-se evitar cair na armadilha de ser excessivamente crítico.

Whetten (1989) e Whetten (2003) apresentam um trabalho de discussão sobre o que constitui uma contribuição teórica. O autor identifica que, segundo Dubin (1978), uma teoria completa deve ser construída por quatro elementos essenciais, que são compreendidas por:

- 1 O quê (conceitualizar): identificar fatores, variáveis, constructos, ou conceitos que devem ser considerados na explicação do fenômeno social ou individual em questão.
- 2 Como (causalidade): identificar como estes elementos estão relacionados, ou seja, buscar conexões que teçam a causalidade. Os elementos 1 e 2 constituem o domínio ou conteúdo da teoria.
- 3 Por quê (justificativa): quais são as dinâmicas que justificam a seleção de fatores e relação de causalidade. Quais são as proposições que fazem sentido e impactam na pesquisa, sendo que durante o processo de desenvolvimento da teoria, a lógica substitui os dados como base para avaliação.
- 4 Quem, onde e quando (variabilidade): considerar se os efeitos teóricos variam com o passar do tempo, seja por variáveis dependentes do tempo, ou se são instáveis por alguma razão.

Segundo Whetten (2003), o objetivo de uma pesquisa de desenvolvimento teórico é desafiar e estender o conhecimento existente, e não apenas reescrevê-lo. Para o autor, “o quê” e “como” são elementos descritivos, e somente o “por quê” explica. Deste modo, a pesquisa deve fornecer justificativas lógicas e convincentes para as visões diferentes, explicando “o porquê” com base no “o quê” e “como”, considerando se esses dois elementos sofrem variação ou se são instáveis por alguma razão.

Dadas estas considerações para obter uma contribuição teórica, e com o propósito de assegurar a qualidade da pesquisa, bem como sua validade e confiabilidade, é realizada a construção de um modelo conceitual para orientação da pesquisa, bem como a construção do protocolo de pesquisa. O modelo conceitual é apresentado na Figura 38.

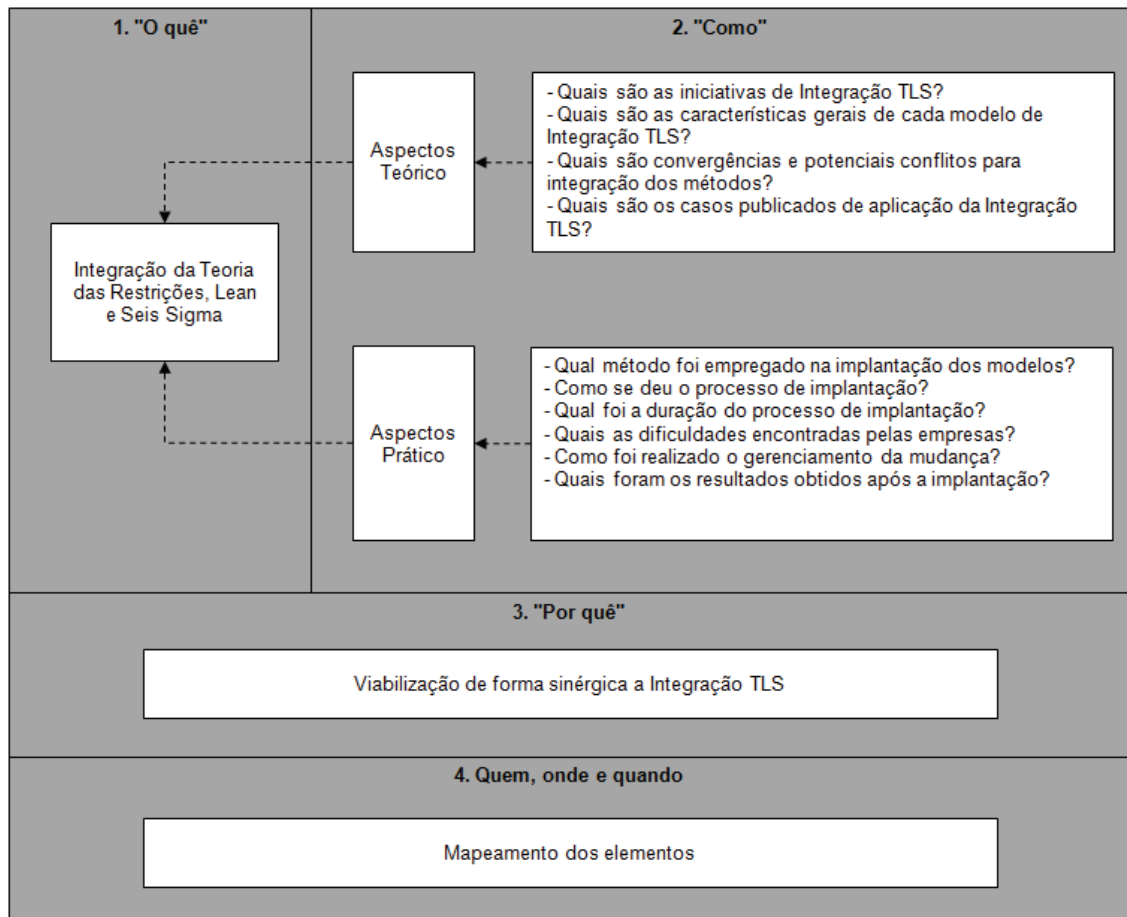


Figura 38: Modelo conceitual da pesquisa
 Fonte: Proposto pelo autor.

O modelo conceitual orienta a pesquisa para a busca de resposta à questão central de pesquisa, determinando o “por quê” da “viabilização de forma sinérgica a Integração TLS”, tendo como base o “o quê” e o “como” da pesquisa teórica. Para verificar o “como” é realizada a Integração TLS, foram investigados dois aspectos: aspectos teóricos, investigados pela pesquisa na literatura; e aspectos práticos, investigados na pesquisa complementar de campo.

Desta forma, sob sua perspectiva teórica a pesquisa visa investigar: as iniciativas integração dos modelos; características de cada Modelo de Integração TLS existente; premissas necessárias para integração dos métodos; convergências entre os métodos; discordâncias entre os métodos; motivações para tais iniciativas; casos publicados de aplicação da Integração TLS.

3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

A pesquisa teórica foi complementada por uma investigação em campo com o objetivo de investigar: como algumas empresas utilizam a integração dos métodos; como se deu o processo de implantação; qual a duração do processo de implantação; quais as dificuldades encontradas pelas empresas; como seu deu gerenciamento da mudança; quais foram os resultados obtidos com a implantação.

Para a realização da coleta de dados da pesquisa complementar, é importante salientar que os instrumentos devem ser coerentes com o modelo conceitual. De acordo com Silva e Menezes (2005), a definição do instrumento de coleta de dados depende dos objetivos que se pretende alcançar com a pesquisa e do universo a ser investigado. A Figura 39 apresenta uma síntese da estratégia de coleta de dados para a pesquisa.

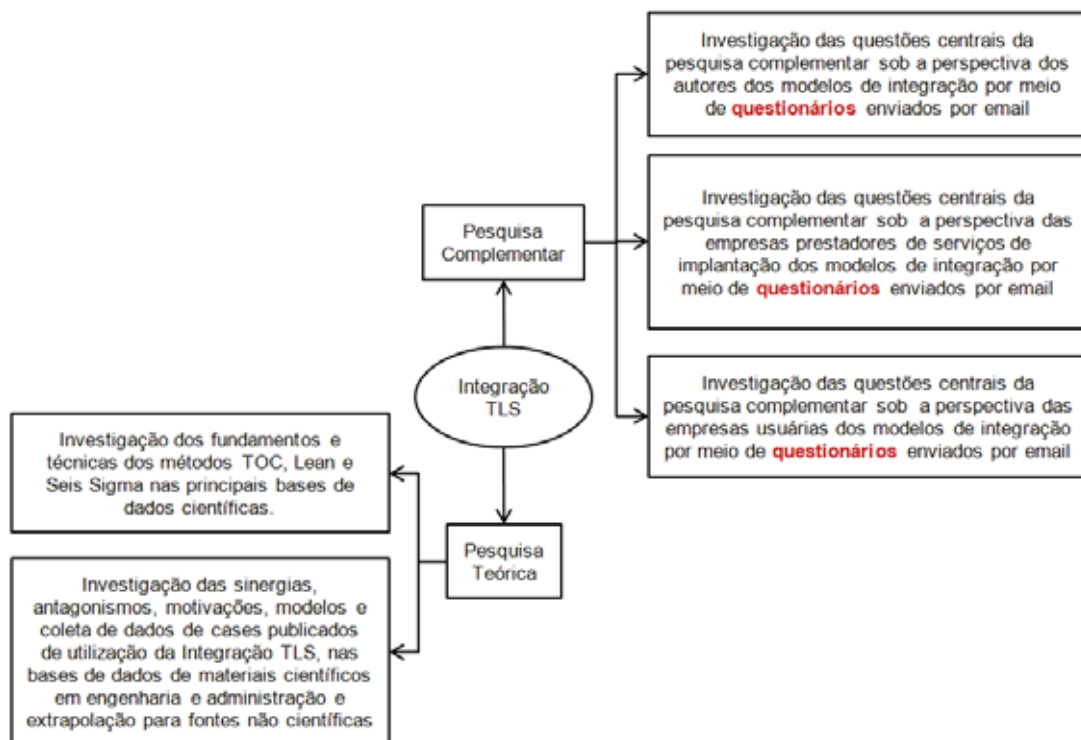


Figura 39: Instrumentos de coleta de dados utilizados
Fonte: Proposto pelo autor.

A pesquisa teórica realizada foi utilizada no processo de elaboração dos questionários. Desta forma, a fundamentação teórica auxiliou na correta direção dos objetivos de pesquisa, permitindo nortear as questões utilizadas nos questionários. Para a construção dos questionários utilizados nesta pesquisa, não foram utilizadas fontes de adaptação, pois não foram encontradas pesquisas semelhantes que pudessem fornecer os respectivos questionários. Os questionários em português e inglês estão presentes nos apêndices desta dissertação.

Uma das dificuldades encontrada no desenvolvimento dos questionários é o fato de que os mesmos não foram baseados em questionários existentes de alguma pesquisa similar, pois não foram encontradas pesquisas semelhantes, tendo sido construído com base nos constructos identificados na pesquisa teórica.

Foram aplicados três tipos de questionários enviados por email a três diferentes destinatários:

- O primeiro tipo foi endereçado aos especialistas em integração TLS. O propósito deste questionário é buscar opiniões relevantes perante as propostas de integração, modelos e casos de aplicação, ou seja, coletar informações que não estão disponíveis na literatura já publicada por estes.
- O segundo questionário foi destinado aos representantes de empresas de consultoria de implantação de integração dos modelos TLS. Tal questionário procura identificar características do processo de implantação dos modelos. Este questionário foi direcionado aos consultores de projetos de implantação, sendo que em alguns modelos existem mais de uma empresa de consultoria que realiza a implantação.
- O terceiro questionário foi direcionado às empresas usuárias dos modelos de integração. Entretanto, como os nomes de empresas e de seus funcionários são dados sigilosos (exceções são os casos publicados pela literatura, mas em que também não são mencionados as informações para contatos) e de conhecimento apenas da empresa prestadora de serviços, os questionários foram enviados a estas empresas de consultoria, solicitando que os mesmos repassassem a alguns de seus clientes.

O envio, aceite e participação dos respondentes do terceiro questionário caracterizou uma dificuldade e limitação inerente a esta pesquisa. Para esta amostragem foi solicitado que estes questionários fossem direcionados ao patrocinador, ao gerente de projetos ou ao membro da equipe de implantação da Integração TLS na empresa.

Com o objetivo de aplicar os três questionários foram construídos o Quadro 25, que contém a quantidade de amostras para cada elemento a ser investigado.

Quadro 25: Composição da amostra inicial

Modelo	Autor do modelo	Empresa de consultoria que realiza implantação	Empresas usuárias do método
TOCLSS®	1 questionário enviado	1 questionário enviado	Conforme envio pela empresa de consultoria
UIC®	1 questionário enviado	2 questionários enviados	Conforme envio pela empresa de consultoria
iTLS®	1 questionário enviado	2 questionários enviados	Conforme envio pela empresa de consultoria
Excelência 360®	1 questionário enviado	1 questionário enviado	Conforme envio pela empresa de consultoria
7BG®	1 questionário enviado	1 questionário enviado	Conforme envio pela empresa de consultoria

Fonte: Proposto pelo autor.

A quantidade de amostra para aplicação de questionários às empresas prestadoras de serviço para implantação dos modelos ficou estabelecida em 7 questionários enviados, pois há casos em que há mais de uma empresa que realiza a implantação do mesmo modelo.

Os contatos iniciais para envio dos questionários foram estabelecidos no ano de 2013. Entretanto, o retorno da coleta de dados dos questionários não foi exatamente como o esperado. Embora o assunto Integração TLS seja relativamente novo e tenha sido salientada, para as pessoas que receberam o questionário, sua importância para a pesquisa, a taxa de retorno dos questionários foi considerada baixa.

A amostra coletada, conforme a quantidade de questionários respondidos está representada no Quadro 26. Este quadro é o resultado da coleta de dados da amostra representada no Quadro 25.

Quadro 26: Identificação dos respondentes dos questionários

Modelo	Autor do modelo	Empresa de consultoria que realiza implantação	Empresas usuárias do método
TOCLSS®	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
UIC®	1 questionário respondido	1 questionário respondido	02 empresas responderam, mas declinaram em publicar informações, pois eram empresas que prestavam serviço ao governo.
iTLS®	1 questionário respondido	1 questionário respondido	1 questionário respondido
Excelência 360®	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
7BG®	1 questionário respondido	1 questionário respondido	1 questionário respondido

Fonte: Proposto pelo autor.

Apenas duas empresas que se afirmam usuárias dos modelos de integração iTLS[®] e 7BG[®] aceitaram participar da pesquisa. Duas empresas usuárias do modelo UIC[®] responderam o questionário e os enviaram para a empresa de consultoria do modelo UIC[®]. Entretanto, as empresas não autorizaram a publicação dos dados da empresa, mesmo sob a garantia de sigilo dos nomes dos respondentes e das empresas. Foram realizadas duas tentativas adicionais para autorização de utilização desses dados, porém as empresas mantiveram a posição de declinar a pesquisa.

Em relação aos modelos Excelência 360^o[®] e TOCLSS[®], foram realizados envios de emails aos destinatários solicitando participação na pesquisa, mas não houve manifestação de interesse em participar. Os representantes do modelo TOCLSS[®] aceitaram participar da pesquisa, porém, não retornaram com todos os questionários respondidos.

Uma das dificuldades inerentes à pesquisa foi à aceitação e participação das empresas usuárias dos modelos TLS para responderem a pesquisa. Conforme apresentado no Quadro 26, apenas duas empresas usuárias dos modelos TLS aceitaram participar da pesquisa, e a conclusão sobre os resultados dos questionários não podem ser generalizado.

Parte da pesquisa teórica buscou procurar casos de aplicação dos métodos de Integração TLS. O resultado mostrou que há poucos casos publicados sobre empresas utilizando a Integração TLS. Embora muitas fontes mencionassem nomes de empresas que utilizam seus modelos, há pouca publicação detalhando processo de implantação ou real utilização da integração.

Este levantamento foi inicialmente apresentado no Quadro 22, em que foram elencados os nomes das empresas que constam nos *websites* das empresas que prestam serviço de implantação da Integração TLS. O Quadro 27 apresenta os casos que possuem publicação, classificando-os sobre a utilização dos modelos no Brasil e no exterior.

Baseado nesses dados é possível identificar que há pouca utilização da Integração TLS nas empresas brasileiras, e não há presença de todos os modelos de Integração no país.

Quadro 27: Documentos de publicações de cases de utilização do método integrado

Método	Case publicado de utilização no Brasil	Case publicado de utilização no exterior
TOCLSS®	Não há publicação de utilização em empresas brasileiras.	Republic Industries International Fonte: AGI (2010d), AGI (2010e) e AGI (2010f) U.S. Navy and Marine Corps Fonte: AGI (2009b) TIMCO - Aviation Services Fonte: AGI (2010b) Process Equipment Company (PECo) Fonte: Zahora e Zahora (2009)
UIC®	Não há publicação de utilização em empresas brasileiras.	Fabricante de carrocerias de caminhões Fonte: Sproull (2012a)
iTLS®	Votorantim Metais Fonte: Pirasteh e Calia (2010) Yamana Gold Inc Fonte: Fonseca et al. (2009)	Sanmina-SCI Corporation Fonte: Pirasteh (2005) e Pirasteh e Farah (2006a), Jonker Sailplanes na África do Sul Fonte: Tonder (2011) Fabricante de Componentes Eletrônicos Fonte: Pirasteh e Fox (2010) Fabricante de Válvula Fonte: Pirasteh e Fox (2010)
Excelência 360°®	Não há publicação de utilização em empresas brasileiras.	Cotopaxi S.A (ACOSA) no Equador Fonte: Moura (2010)
7BG®	Não há publicação de utilização em empresas brasileiras.	Não há publicação de utilização em empresas no exterior.

Fonte: Proposto pelo autor.

Uma das dificuldades desse estudo teórico é analisar os dados coletados e tentar estender o conhecimento existente, não se limitando a apenas reescrevê-lo. Outro fato importante é a questão da objetividade do texto discursivo, uma vez que os dados são descritivos e não quantitativos, o que exige que o pesquisador, a partir dos dados coletados, dê sentido ao que foi estudado, comprovando a veracidade das informações publicadas.

Nesse sentido, é necessário um esforço do pesquisador para fornecer justificativas lógicas e convincentes que expliquem “porquê” da “viabilidade de se integrar de forma sinérgica a TOC, LP e SS”, fundamentado nas análises dos elementos “o que” e “como” identificados na pesquisa teórica e na pesquisa de campo complementar.

Para garantir a qualidade desta pesquisa, a análise do “o que” e “como” se dará por três fases: a primeira é constituída pelo resumo e agrupamento dos dados; a segunda etapa consiste em identificar temas e tendências do conjunto de dados, reagrupando e agregando os dados; e o terceiro passo é dedicado à desenvolvimento de proposições e elaboração da síntese dos dados, integrando-os em uma seção explicativa.

O capítulo 1 deste trabalho é destinado à análise do elemento “o que” da contribuição da pesquisa teórica; a análise do elemento “como” será realizado por meio do capítulo 2 de pesquisa na literatura e com a aplicação da pesquisa de campo complementar. A construção do elemento “por que” e “quem, onde e quando” se dará por meio dos capítulos 4 e 5 deste trabalho.

Assim, para corroborar com a pesquisa teórica e com sua etapa complementar formada pela investigação em campo, foi elaborado um protocolo de pesquisa apresentado no Quadro 28. Segundo Yin (2005), o protocolo é mais do que um instrumento, pois contém as regras gerais que devem ser seguidas em sua utilização, tais como: visão geral do projeto; procedimentos de campo; questões de estudo; e guia para relatório final. O autor afirma que a construção do protocolo deve assegurar: a validade do constructo; a validade interna; a validade externa; e a confiabilidade.

Quadro 28: Protocolo de Pesquisa

Protocolo de Pesquisa	
Tema	Integração da Teoria das Restrições, Lean e Seis Sigma.
Questões principais de pesquisa	Como é viabilizada de forma sinérgica a Integração TLS?
Unidades de análise	Aderência da utilização dos métodos TOC, Lean e Seis Sigma de forma integrada sob o ponto de vista teórico e prático.
Limites de tempo	A pesquisa teórica está delimitada em termos temporais na revisão bibliográfica com datas de publicação a partir de 1980. A realização da pesquisa de campo está delimitada a apenas envio de questionários por email aos autores dos modelos, as empresas de consultoria de implantação de modelos e as empresas usuárias de Integração TLS.
Local	Pesquisa teórica: Bases de dados científicas, banco de teses e dissertações das principais universidades, documentos não publicados (white paper e unpublsh paper). Pesquisa de campo complementar: - 05 autores dos modelos, 07 empresas de consultoria, empresas usuárias dos modelos de Integração TLS (definidos pelas empresas de consultoria).
Validade dos constructos	Realização da pesquisa teórica para definição dos constructos da pesquisa que compõem o modelo conceitual proposto na definição do método de pesquisa. Construção da pesquisa com base em trabalhos referentes à contribuição teórica. Desenvolvimento de questionários para autores, empresas de consultoria e empresas usuárias com base na pesquisa teórica. Uma limitação da pesquisa é que dos cinco modelos encontrados de Integração TLS, apenas um modelo foi testado e sobre aspectos metodológicos científicos (modelo iTLS® de Pirasteh (2005)).
Validade interna	Os questionários para autores dos modelos, questionários para as empresas prestadoras de serviço de implantação dos modelos de Integração, questionários para as empresas usuárias dos modelos foram aplicados na língua portuguesa e inglesa, estando disponíveis para replicação em pesquisas futuras. Uma das dificuldades em validar os questionários é que os mesmos não foram baseados em questionários existentes de alguma pesquisa similar, tendo sido construído com base nos constructos identificados na pesquisa teórica.
Validade externa	Os resultados da pesquisa de campo sobre as empresas usuárias não podem ser generalizados. Uma das dificuldades encontrada nesta pesquisa foi a participação da empresas usuárias dos modelos TLS para responderem a pesquisa. Sendo que apenas duas empresas aceitar participar da pesquisa, e a conclusão sobre os resultados dos questionários não podem ser generalizado.
Confiabilidade	Assegurar a confiabilidade da pesquisa por meio do desenvolvimento de um banco de dados e disponibilização das ferramentas de coleta de dados nas seções de apêndice.
Questões centrais da pesquisa	<p>A serem investigados na pesquisa teórica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Quais são as iniciativas de integração dos modelos? 1.2. Quais são as características de cada Modelo de Integração TLS? 1.3. Quais são as premissas necessárias para integração dos métodos? 1.4. Quais são os princípios que sustentam a Integração TLS? 1.5. Quais são as Convergências, Discordâncias e Motivações? 1.6. Quais são os casos publicados de aplicação da Integração TLS? <p>A serem investigadas na pesquisa de campo complementar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Como as empresas realizaram a integração dos métodos? 2.2. Como é o método de processo de implantação? 2.3. Qual a duração do processo de implantação? 2.4. Quais as dificuldades encontradas pelas empresas? 2.5. Quantas empresas utilizam a integração dos métodos? 2.6. Como é realizado o gerenciamento da mudança? 2.7. Quais foram os resultados obtidos após a implantação?

Fonte: Proposto pelo autor.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção é dedicada à realização da análise dos dados coletados na pesquisa teórica e em sua etapa complementar com dados de campo. Para tanto, este capítulo é dividido em duas seções: 1. análise dos dados coletados na pesquisa teórica; 2. análise dos dados coletados dos questionários enviados na pesquisa de campo complementar.

As análises foram divididas conforme o modelo conceitual construído na definição da pesquisa (Figura 38). As análises de dados serão utilizadas para confecção das considerações finais e identificação de possíveis trabalhos futuros, que serão apresentados nos capítulo 5.

4.1 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NA PESQUISA TEÓRICA

Para realizar a análise dos dados coletados na pesquisa teórica, esta seção foi dividida em 5 partes, buscando atender os objetivos da pesquisa e os resultados esperados.

4.1.1 Iniciativas de integração dos modelos

Durante a realização da pesquisa teórica procurou-se enfatizar a busca por trabalhos nas principais bases de dados mencionadas no capítulo de Método Científico. Buscou-se também realizar pesquisas em *websites* de empresas que pudessem ter iniciativas de Integração TLS, além de acompanhar debates em redes sociais profissionais nos fóruns sobre Integração TLS.

No andamento da pesquisa foi detectado que o assunto Integração TLS é algo muito abordado nas redes sociais profissionais nos fóruns específicos de Integração TLS e existem diversas empresas que fornecem palestras sobre os benefícios de se utilizar os três métodos de forma integrada.

Poucos trabalhos com maior relevância acadêmica foram encontrados nas bases pesquisadas. Os resultados obtidos dos portais acadêmicos foi apresentado no Quadro 1 e na Figura 6 do primeiro capítulo.

Contudo, com a extrapolação além das bases de dados acadêmicas, foi possível identificar outras publicações (*white papper*, *unpublish papper* e *websites*) sobre o tema. Estas publicações foram destacadas no Quadro 13.

Por meio das literaturas presentes nos Quadro 1 e Quadro 13, foi possível identificar a existência de cinco modelos de Integração TLS apresentados no Quadro 22: TOCLSS[®]; iTLS[®]; UIC[®]; Excelência 360[°][®]; 7BG[®].

Sendo que dos modelos de Integração TLS encontrados, apenas o modelo iTLS[®] de Pirasteh (2005) foi testado sobre aspectos metodológicos científicos. Outra informação importante é identificada no trabalho de Pirasteh e Calia (2010), onde de fato este modelo foi o único modelo que apresentou uma comparação dos resultados obtidos com o iTLS[®] com utilização dos métodos isolados.

Entretanto, é ressaltado novamente que os estudos de Pirasteh (2005) sobre o desenvolvimento do modelo não estão disponíveis para o público para averiguação. Esta constatação foi verificada com a limitação de encontrar uma cópia deste trabalho, mesmo após ter sido realizado contato com o autor do trabalho e contato com a instituição que realizou a publicação.

O modelo TOCLSS[®] apresenta algumas publicações do tipo *white paper*, apresentando os conceitos sobre o modelo e alguns casos de utilização do modelo, tais como: AGI (2009a); AGI (2009b); AGI (2010b); AGI (2010c); AGI (2010d); AGI (2010e); AGI (2010f). Outra publicação sobre o modelo TOCLSS pode ser encontrada em capítulo do livro de AGI (2010a).

O modelo UIC[®] apresenta duas publicações de livros, sendo: em Sproull (20010) com o a definição e conceituação do modelo; e em Sproull (2012b), um livro de romance de negócios narrando a utilização do modelo UIC. Outra publicação sobre o modelo é encontrada em Sproull (2012a), onde é mencionado um caso de aplicação, porém não é informado o método científico sobre sua condução.

O modelo Excelência 360[®] apresenta as publicações de Moura (2010) e Moura (2012) em *TOCICO Conference*, destacando a conceituação do modelo proposto.

O modelo 7BG[®] não apresenta publicações sobre sua conceituação ou casos de aplicação, caracterizando um modelo com características comerciais.

4.1.2 Características gerais de cada modelo de Integração TLS

A seção 2.5 traz a explicação detalhada de cada modelo de integração TLS. Nesta seção, são apresentadas algumas características importantes dos modelos, os quais posteriormente são analisados também em relação às premissas, convergências e discordâncias.

- Modelo TOCLSS[®]: foi desenvolvido pelo AGI (Avraham Y. Goldratt Institute), mas não pelo criador da TOC, Eliyahu M. Goldratt. O modelo do AGI busca combinar velocidade com direção, de modo a utilizar a TOC no desenvolvimento da arquitetura do sistema e a

combinação TOC, LP e SS é focada na melhoria do processo. Para implantar esse novo sistema, o modelo compreende a utilização de 5 passos do SDAIS (*Strategy, Designe, Activate, Improve e Sustain*) para implantação. Entranto nas publicações sobre a conceituação deste modelo não é detalhada cada um dos 5 passos do SDAIS, caracterizando estas informações como algo que deva ser adquirido com a contratação de consultoria. Outra característica importante neste modelo pode ser identificada na Figura 35 adaptada de AGI (2009a), onde é possível identificar que este modelo apresenta predominância da TOC no desenvolvimento das etapas de *Strategy e Design* da arquitetura do sistema do sistema, e as etapas de *Improve e Sustain* são direcionadas pelo “foco” da TOC.

- Modelo iTLS[®]: desenvolvido por Reza M. Pirasteh, este modelo foi o primeiro a apresentar, por meio de um estudo de caso envolvendo uma análise quantitativa e estatística dos resultados obtidos, reais contribuições da integração TLS. Por meio de parceria com Celso Calia, da Goldratt Associados Brasil, este modelo foi o pioneiro na introdução da Integração TLS nas empresas do Brasil. O modelo constitui de sete fases para sua implantação e recomenda um conjunto de ferramentas dos três métodos para melhoria do sistema, apresentadas na Figura 32 adaptada de Pirasteh e Fox (2010). O desenvolvimento deste modelo está baseado no estudo comparativo desenvolvido por Pirasteh (2005) e Pirasteh e Calia (2010), e na tentativa de combinar as etapas de melhoria dos três modelos identificados na Figura 30 adaptado de Pirasteh (2007).

- Modelo UIC[®]: desenvolvido por Bob Sproull, o modelo *Ultimate Improvement Cycle* possui uma característica importante: ele enfatiza a importância dos três métodos de melhoria, mas, procura utilizar a TOC como elemento central para proporcionar foco. Sproull (2012a) salienta a importância da presença dos métodos LP e SS, mas não ressalta onde e quando aplicá-los, devido à justificativa de seu criador ter utilizado a combinação dos três métodos de forma cíclica. Tais combinação de estratégias, conceitos, ferramentas e técnicas segundo Sproull (2010) podem proporcionar uma estratégia de manufatura viável, capaz de gerar maior retorno sobre o investimento.

- Modelo 7BG[®]: o modelo 7BG[®] (*7 Behaviors to Goal*), desenvolvido por Sandro Battazza Gutierrez, é um modelo brasileiro de iniciativa de integração TLS. Segundo Gutierrez (2012) o modelo busca construir uma filosofia que identifica, gerencia, explora e elimina as principais restrições do negócio, com o intuito que a meta seja rapidamente atingida por meio da integração dos três métodos, sendo orientado por sete condutas para alcançar a meta do

negócio. Um dos pontos negativos deste modelo é não apresentar publicações referentes ao seu conceito ou utilização por alguma empresa.

- Excelência 360[®]: este modelo foi desenvolvido por Eduardo Moura e é o único modelo que além de tentar incorporar a integração dos três métodos, adiciona a Gestão Por Processos como elemento potencializador dos resultados, pois Moura (2010) fornece uma estrutura de processos para desdobrar as diretrizes estratégicas e táticas. O modelo apresentado na Figura 28 também destaca três elementos importantes: a identificação da ideologia empresarial, ou seja, a visão estratégica da empresa; e os indicadores ou critérios de excelências que devem ser identificados. Entretanto o modelo não apresenta detalhes da integração dos quatro elementos.

Com a realização da pesquisa na literatura, foi possível identificar as iniciativas de integração e as propostas existentes (modelos) e apresentadas resumidamente nas duas seções anteriores. Entretanto, os autores dos modelos não fazem menção aos requisitos de implantação dos métodos integrados, ou seja, os não limitam a empregá-los a determinado tipo, porte ou setor de empresa, nível de maturidade da empresa, método de gestão anteriormente empregado, forma de interação com o mercado (MTO, MTS, ATO, ETO e etc), variabilidade de demanda, número de SKUs etc.

Embora não haja requisitos necessários para adoção dos métodos propostos pelos autores, é importante ressaltar que o tipo, porte ou setor de empresa podem impactar no tempo de implantação do uso dos modelos integrados ou até mesmo serem fatores limitantes sejam eles físicos, políticos ou financeiros para a adoção dos modelos TLS.

4.1.3 Convergências e potenciais conflitos entre os modelos

A escolha e utilização dos três métodos para ser realizar a integração em único modelo estão baseadas no efeito de complementaridade de cada método (apresentadas na seção 2.4.4), exceto para o caso do modelo Excelência 360[®], que adiciona o quarto elemento (Gestão Por Processos). Este é o aspecto fundamental que une os métodos em termos de convergência de propósitos.

Esta seção investiga também se os modelos de Integração TLS, assim como os métodos que os compõem, estão fundamentados em princípios para sua sustentação. Os princípios de cada método são sumarizados no Quadro 29, assim como a fonte de informação delineada na última coluna. Os princípios da TOC foram primeiramente apresentados em Goldratt (2008). Foram adotados como princípios LP aqueles que sustentam o Sistema Toyota

de Produção e estão apresentados no documento “The Toyota Way” (TOYOTA, 2013a; TOYOTA, 2013b). A literatura não oferece propriamente princípios SS e, por esta razão, eles foram deduzidos a partir de Werkema (2002), Mccarty et al (2004) e Shcroeder et al. (2008).

Quadro 29: Princípios que cada método se apoia

Método	Princípios que se apoia	Fonte de informação
TOC	1) Simplicidade inerente: poucos elementos – chamados Restrições – governam e determinam o desempenho do sistema como um todo; 2) Harmonia: soluções ganha-ganha são sempre possíveis; 3) Respeito: Diante de comportamentos indesejáveis, desvie o foco para as razões subjacentes a este comportamento (premissas errôneas); 4) Potencial inerente: acomodação e otimização podem bloquear um processo de melhoria contínua.	Goldratt (2008) Almeida et al. (2010) Goldratt (2010)
Lean	Pilares expressos no documento “Toyota Way 2001”. 1) Melhoria Contínua: Potencial de desenvolvimento e aperfeiçoamento dos indivíduos e na melhoria do negócio, alicerçados pelos pilares Desafio, <i>Kaizen</i> e <i>Genchi Genbutsu</i> . 2) Respeito pelas Pessoas: respeitar todas as pessoas que entram em contato com a Toyota. Princípio suportado pelo Respeito e Trabalho em equipe.	Toyota (2013a) Toyota (2013b)
Seis Sigma	Alguns autores consideram que o SS como uma filosofia, estratégia, visão, meta, medida, estatística, escala e benchmark. Entretanto nas literaturas pesquisadas não foram encontradas definição explícita dos princípios do SS, para fins deste trabalho, considera-se como princípio básico SS que: A satisfação dos clientes e dos acionistas pode ser fortemente e positivamente impactada por um processo contínuo de identificação e mitigação das variabilidades dos processos, buscando obter padrões de qualidade desejados em termos de competitividade e excelência operacional com nível de 6 desvios padrão.	Werkema (2002) Mccarty et al. (2004) Schroeder et al. (2008)

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao se analisar cada modelo individualmente, a partir das literaturas que os explicam, nota-se que tais princípios não são explicitamente considerados, ainda que parte deles parece estar presente na composição dos modelos. Por exemplo, “respeito pelas pessoas” que é um dos princípios da LP e “repeito” que é um dos axiomas da TOC identificados no Quadro 29 não são explicitamente informados nos passos dos modelos de Integração. Assim, parece evidente que, se por um lado existe uma convergência de propósitos entre os métodos, os modelos não são capazes de harmonizá-los – ou não se preocupam com este aspecto - em termos de seus princípios fundamentais, convergindo-os em torno de novos princípios comuns a todos eles.

Ao se relacionar os princípios da TOC, LP e SS (Quadro 29) de forma isolada com os passos dos cinco modelos de integração, é possível observar que nem todos os princípios estão presentes nos modelos de integração, assim como parte das técnicas e ferramentas acabaram sendo suprimidas. Essa constatação é representada na Figura 40. A integração dos métodos permite, por outro lado, que as lacunas existentes em cada um sejam supridas, dando origem aos modelos de Integração TLS. Desta forma, tais modelos constituem o que há de melhor em cada método, mas não representam uma soma dos três.

Os cinco modelos buscam obter sinergias entre cada método para poder alavancar os ganhos do sistema em um processo de melhoria contínua. Desta forma, estes modelos estão

fundamentalmente alicerçados em uma combinação de processos de melhoria contínua presentes em cada abordagem, como os cinco passos de focalização da TOC apresentados em Goldratt e Cox (1984), os passos do pensamento enxuto da LP de Womack e Jones (1996) e os passos do ciclo DMAIC da abordagem SS apresentados em Werkema (2002).

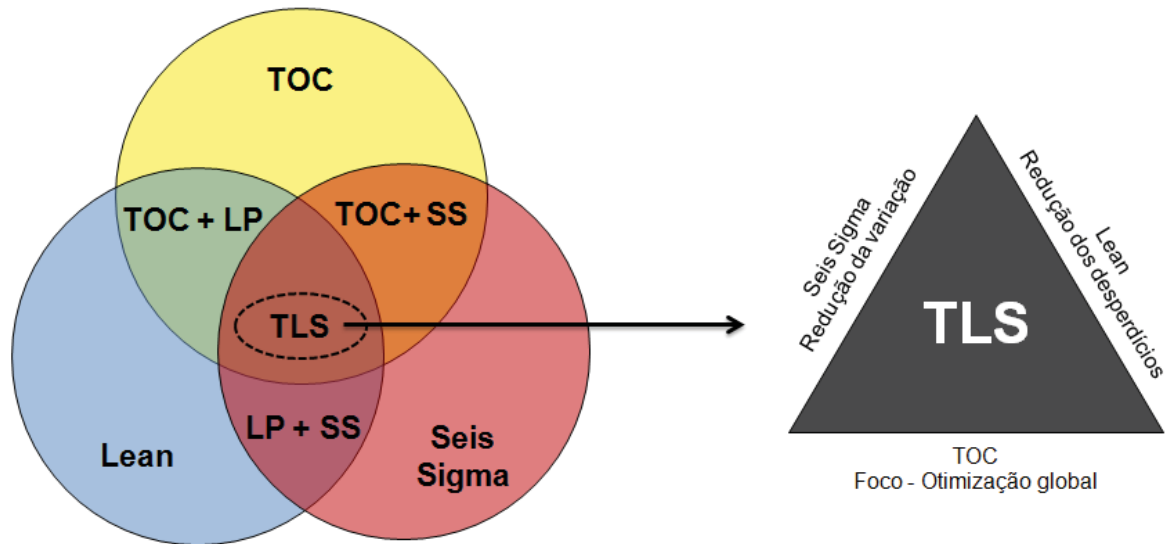


Figura 40: Integração dos métodos
Fonte: Proposto pelo autor.

Os passos dos modelos de integração TLS são apresentados em resumo no Quadro 30.

Quadro 30: Passos de cada modelos de integração TLS

Método	Passos de cada modelo	Fonte de informação
TOCLSS [®]	1) <i>Strategy</i> , definir uma estratégia; 2) <i>Design</i> , definir o processo de reconfiguração; 3) <i>Activate</i> , aplicação e ativação da fase anterior definida. 4) <i>Improve</i> , dedicar esforços de melhoria para atingir os objetivos estratégicos identificados na fase de estratégia; 5) <i>Sustain</i> , garantir que os resultados são sustentados e não se degradam.	AGI (2009a)
UIC [®]	1a) Identificar o fluxo de valor corrente, próxima restrição e métricas de performance; 1b) Definir, medir e analisar as atividades que não agregam valor e perdas nas restrição atual; 1c) Definir, medir e analisar a variação e defeitos na restrição atual; 2a) Planejar como explorar a restrição atual; 2b) Reduzir as atividades que não agregam valor, perdas e tempos de ciclo na restrição atual; 2c) Reduzir a variação e defeitos na restrição atual; 3a) Planejar como subordinar os processos que não são restrições a restrição atual; 3b) Reduzir o tempo de processamento e estabelecer o fluxo; 3c) Implantar o sistema Tambor Pulmão Corda, Gerenciamento de Pulmões e Sistema Puxado; 4a) Planejar como elevar a restrição atual e definir controles de proteção; 4b) Elevar a restrição se for requerido; 4c) Implantar controles de proteção para sustentar os ganhos.	Sproull (2010)
iTLS [®]	1) Mobilizar e focar; 2) Explorar a restrição; 3) Eliminar as fontes de desperdícios; 4) Controlar a variação do processo; 5) Controlar as atividades de suporte; 6) Remover a restrição e estabilizar; 7) Reavaliar o sistema.	Pirasteh e Fox (2010)
Excelência 360 [®]	Utilizar a TOC na busca da identificação e tratamento dos problemas centrais (restrições) que limitam o desempenho do sistema; Utilizar a Gestão por Processos para a padronização de toda a cadeia de processos de negócio; Utilizar o Lean para a busca da eliminação de desperdícios que não agregam valor para o cliente. Utilizar o SS na redução da variabilidade do processo que impactam na satisfação dos clientes.	Moura (2012)
7BG [®]	1) Identificar as Restrições; 2) Gerenciar as Restrições; 3) Explorar as Oportunidades; 4) Eliminar Fontes de Perdas; 5) Controlar as Variabilidades; 6) Padronizar; 7) Reavaliar o Sistema.	7BG (2012)

Fonte: Dados da pesquisa.

De um modo geral, os modelos utilizam a TOC como forma de obter foco, identificando os pontos críticos ou restrições do sistema. A partir da identificação da restrição, o LP contribui com a redução dos desperdícios para explorar e elevar a restrição. Cabe ao SS reduzir a variabilidade do processo, garantindo a estabilidade e confiabilidade do sistema para sustentar os ganhos obtidos com as melhorias.

Outro aspecto coincidente entre os modelos está na ausência de fatores limitantes para a sua aplicação. Nenhum dos cinco modelos identificados faz menção a requisitos de implantação, ou seja, não limita seu emprego a certas características ambientais.

Uma possível explicação para esta ausência de limites para aplicação que os modelos apresentam talvez esteja no seu caráter generalista, pois ferramentas ou métodos específicos não são declaradamente recomendados pelos modelos. Por exemplo, com exceção do modelo 7BG, nenhum outro recomenda à empresa usuária se deve fazer uso de um sistema kanban ou TPC para coordenar as ordens de produção. Ao se configurarem, em última instância, como modelos de suporte para um processo de melhoria, é de se supor que empresas as mais variadas estariam aptas a fazer uso destes modelos.

Se existem convergências, há também potenciais conflitos entre os métodos que os modelos deveriam levar em consideração. Por meio da revisão da literatura, foi possível notar que apenas o autor do modelo TOCLSS[®] faz menção a potenciais conflitos entre as técnicas. De acordo com o modelo, tais conflitos ou contradições são levados em consideração na etapa inicial de aplicação do modelo. Estas informações foram sumarizadas no Quadro 31.

Quadro 31: Contradições existentes na integração TLS

Modelo	Contradições
TOCLSS [®]	Existência de quatro antagonismos: - Linha desbalanceada x Linha Balanceada - Ética do "Papa Léguas" x Trabalho com o Takt - Sinal da Corda x Sinal do Kanban - Reposição baseada no tempo x Reposição baseada na quantidade Segundo AGI (2009a), há a existência de contradições, porém as mesmas são verificadas e solucionadas na fase de <i>Design</i> do modelo TOCLSS [®] .
UIC [®]	Não faz referência a existência de antagonismos.
iTLS [®]	Não faz referência a existência de antagonismos.
UIC [®]	Não faz referência a existência de antagonismos.
Excelência 360°	Não faz referência a existência de antagonismos.
7BG [®]	Não faz referência a existência de antagonismos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Cada modelo exclui propostas completas de cada método, fazendo uso parcial de cada um. Ademais, na presença de conflitos entre premissas ou técnicas, tais sinergias exigem escolhas e os modelos identificados parecem optar por não explicitá-las nos modelos,

deixando a cargo do usuário que certas escolhas sejam feitas. Além dos pontos mencionados no Quadro 31, nenhum dos modelos explicitamente recomenda um passo de subordinação de todo o sistema à restrição, aspecto fundamental da TOC. O foco no fluxo contínuo e unitário, objetivo último da LP e da TOC, mas não do SS, também não fica evidenciado em nenhum modelo. Mesmo os passos do DMAIC, ou os critérios para seleção de projetos SS, estão apenas parcialmente presentes nos modelos. O usuário do modelo deverá escolher também entre usar o Gerenciamento do Pulmão da TOC para estabelecer prioridades às ordens de produção ou algum outro método.

Mesmo a opção pelo foco no processo de melhoria, aspecto comum aos modelos de Integração, pode conflitar diretamente com a prática do *Kaizen* voltada a melhorar tudo e sempre. Uma vez que o *Kaizen* é um importante princípio da LP, ao darmos foco pela TOC, como podemos dizer que este importante princípio da LP foi respeitado? Ainda que tais características confirmem aos modelos elevada flexibilidade de aplicação, exigem dos usuários escolhas que afetarão diretamente o desempenho do sistema produtivo. Na ausência de gestores com aprofundado conhecimento em cada uma das técnicas, tal flexibilidade pode resultar em uma possível indesejável dependência de consultores externos.

Na seção 2.4.4 foram detalhadas também algumas motivações para a integração dos métodos. Durante a revisão da literatura, observou-se que vários autores reforçam os benefícios de se integrar os três métodos e, em alguns casos, apresentam publicações de resultados de empresas que conseguiram obter melhorias significativas aplicação da Integração TLS. Contudo, apenas Pirasteh e Farah (2006a) comparam os resultados obtidos com a Integração TLS com os resultados advindos dos métodos isolados. A importância deste estudo fica evidenciada pelas diversas vezes em que este trabalho é citado por outros autores. A próxima seção sintetiza os casos publicados relativos à Integração TLS.

4.1.4 Casos publicados de aplicação da Integração TLS

A seção 2.7 traz detalhes de alguns casos publicados e o Quadro 22 sumariza as empresas identificadas como usuárias da integração dos métodos. No Quadro 27 da seção 3.5 há um sumário dos casos publicados no Brasil e no exterior. No Quadro 32 tais casos são reapresentados, mas agora organizados por tipo de publicação.

Quadro 32: Casos publicados de Integração TLS

Categoria	Case publicado
<i>White Paper</i>	Republic Industries International Fonte: AGI (2010d), AGI (2010e) e AGI (2010f) U.S. Navy and Marine Corps Fonte: AGI (2009b) TIMCO - Aviation Services Fonte: AGI (2010b) Process Equipment Company (PECo) Fonte: Zahora e Zahora (2009)
Revistas fora da comunidade acadêmica de engenharia	Fabricante de carrocerias de caminhões Fonte: Sproull (2012a) Yamana Gold Inc Fonte: Fonseca et al. (2009) Sanmina-SCI Corporation Fonte: Pirasteh e Farah (2006a)
<i>Website</i>	Cotopaxi S.A (ACOSA) no Equador Fonte: Moura (2010)
Teses e Dissertações	Jonker Sailplanes na África do Sul Fonte: Tonder (2011) Sanmina-SCI Corporation Fonte: Pirasteh (2005)
Livros	Fabricante de Componentes Eletrônicos Fonte: Pirasteh e Fox (2010) Fabricante de Válvula Fonte: Pirasteh e Fox (2010) Votorantim Metais Fonte: Pirasteh e Calia (2010)

Fonte: Dados da pesquisa.

Foram identificados na pesquisa dez casos publicados de aplicação de TLS, desta feita com menção dos modelos de integração utilizados: Pirasteh (2005); Pirasteh e Farah (2006a); AGI (2009b); Fonseca et al. (2009); Zahora e Zahora (2009); AGI (2010c); AGI (2010d), AGI (2010e) e AGI (2010f); Moura (2010); Pirasteh e Fox (2010); Pirasteh e Calia (2010); Tonder (2011); Sproull (2012b). Entretanto, alguns destes trabalhos foram publicados em revistas fora da área acadêmica, *web sites* ou livros, e sua relevância e confiabilidade devem ser, por esta razão, relativizadas.

Esta característica de confiabilidade destes estudos caracterizam uma das limitações desta pesquisa, pois tais publicações não utilizaram método científico em sua condução. Outra fato que deve ser considerado é que apenas o estudo de Pirasteh e Farah (2006a) e Pirasteh e Calia (2010) realizam uma comparação entre os resultados obtidos com o uso integrado com os resultados dos métodos isolados, entretanto, os dados não estão disponíveis para realização de uma análise estatística.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS DOS QUESTIONÁRIOS ENVIADOS

Esta seção é destinada à análise dos dados coletados nos questionários enviados aos autores dos modelos, aos representantes das empresas de consultoria e aos representantes das empresas usuárias dos modelos. Para realizar esta análise, esta seção foi dividida em seis tópicos, conforme o modelo conceitual construído na definição da pesquisa (Figura 38).

4.2.1 Método empregado na implementação dos modelos

Para uma empresa realizar a implantação da Integração TLS, ela terá opção de escolher entre os cinco modelos existentes já apresentados, ou combinar os métodos de forma própria, não seguindo nenhum modelo de integração, como foi visto na seção 2.7. Alguns dos modelos apresentam casos de implantação conforme foram apresentados na seção 2.6 da revisão da literatura.

As empresas que optam por realizar a implantação por meio da utilização de empresas prestadoras de serviço de implantação usufruem das vantagens de se utilizar um modelo que já foi previamente testado, com sequência de passos de aplicação, conjunto de ferramentas selecionadas e apoio de consultoria para orientação e realização da implantação.

Outra vantagem que é ressaltada é o tempo de experiência de cada autor com a integração TLS (Quadro 33). Os autores dos modelos UIC e iTLS[®] afirmam possuir 10 anos de experiência, e este *know how* adquirido ao longo do tempo pode contribuir positivamente durante o processo de implementação.

Quadro 33: Tempo de experiência dos autores de TLS

Método	Tempo que trabalha com método
TOCLSS [®]	Não retornou questionário.
UIC [®]	Trabalha com o modelo há aproximadamente 10 anos.
iTLS [®]	Trabalha com o modelo há aproximadamente 10 anos (desde 2003).
Excelência 360 [®]	Não retornou questionário.
7BG [®]	Trabalha com o modelo desde 2009 (4 anos).

Fonte: Dados da pesquisa.

Embora os autores possuam certo período de experiência, é importante ressaltar que a quantidade de publicações encontradas referentes a Integração TLS é relativamente baixa, seja ela de origem dos autores dos modelos ou derivadas de outras pesquisas.

Outra característica importante levantada nos questionários respondidos pelos autores dos modelos é que o processo de implantação deve seguir uma estratégia *top-down*, ou seja, para que a implantação tenha sucesso, é necessário apoio da alta gerência. Um resumo das respostas dos autores é apresentado no Quadro 34.

Quadro 34: Estratégia de implantação

Modelo	Estratégia de implantação
TOCLSS [®]	Não retornou questionário.
UIC [®]	Top-Down
iTLS [®]	Top-Down
Excelência 360 [®]	Não retornou questionário.
7BG [®]	Top-Down

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação à aplicação dos modelos aos tipos de empresas, os autores ressaltam que seus modelos são aplicáveis a qualquer tipo de empresa, não ressaltando que é destinado a determinado tipo de processo de produção, estratégia de manufatura, tamanho, nível de estoque, ou tipo de demanda.

Apesar desta constatação dos autores dos modelos, é importante observar que os casos publicados mencionados no Quadro 32 não se referem à micro ou pequenas empresas. Outro fato importante é que as empresas que mencionam utilizar a Integração TLS utilizaram serviços de consultoria, o que nem sempre é um serviço ao alcance de uma micro empresa.

Nos casos publicados sobre o uso da Integração TLS, foi observado que as características das empresas estudadas são de empresas de manufatura de médio ou grande porte. Nas publicações de casos de aplicação não foram encontradas casos de implantação em empresas de serviços.

Em relação aos resultados esperados com a implantação de seu respectivo modelo, os autores ressaltam grandes benefícios com a utilização de cada modelo, não comentando nenhum resultado negativo que possa advir com a integração TLS.

Embora as afirmações dos autores sobre os resultados obtidos pelas empresas demonstram serem resultados tangíveis sem impactos negativos, sobretudo, esta constatação deve ser investigada, devido à incipência de publicações de estudo de casos sob método científico que demonstrem resultados quantitativos. Na ausência de impactos negativos, deve ser investigado as dificuldades inerentes ao processo de mudança e implantação do TLS.

Os dados coletados em relação à aplicação e resultados esperados da Integração TLS são apresentados no Quadro 35.

Quadro 35: Aplicação e resultados esperados do TLS

Método	Aplicação em qualquer tipo ou tamanho de empresa	Resultados esperados
TOCLSS [®]	Não retornou o questionário.	Não retornou o questionário.
UIC [®]	É aplicável em qualquer organização.	Os resultados esperados são aumento significativo na produtividade, com menos inventário no sistema, o que possibilita maiores taxas de entrega no prazo. A razão da Integração TLS ser superior é porque, usando este método integrado, os resultados positivos vêm em um ritmo muito mais rápido.
iTLS [®]	Qualquer organização com fins lucrativos	Os resultados mínimos observados inicialmente, foram 4x comparado à execução de qualquer um desses sistemas sozinho. Atualmente, existem relatos de resultados em 24x +. A razão é simples - é o efeito de interação que cria resultados muito maiores do que a simples soma dos três.
Excelência 360 [®]	Não retornou o questionário.	Não retornou o questionário.
7BG [®]	A aplicação do modelo é para processo de qualquer natureza (físicos ou transacionais), porte ou setor.	A junção dos três métodos potencializa os resultados e reduz o tempo para sua obtenção. Dentre os resultados o autor destaca: Melhora dos resultados financeiros da empresa; Aumento na capacidade produtiva sem investimentos; Redução de custos; Melhora significativa na pontualidade de entrega; Gerenciamento dos estoques garantindo baixo capital de giro sem rupturas; Maior integração entre as áreas; Garantia do foco e disciplina nas verdadeiras restrições do negócio;

Fonte: Dados da pesquisa.

Para os autores, os resultados mais importantes são observados quando a rentabilidade é alcançada. Segundo o autor do modelo UIC[®], existem duas maneiras de se medir e como se tornar mais rentável: por meio da Contabilidade de Custos, que acredita que a chave para a rentabilidade é poupar dinheiro; e por meio da Contabilidade de Ganhos, que acredita que a chave para a rentabilidade é fazer dinheiro.

Ainda de acordo com o autor do modelo UIC[®], a Integração TLS tenta conduzir a geração de ganhos (ou seja, as vendas menos os custos totalmente variáveis, baseado na contabilidade de ganhos). Conquanto cada uma das três iniciativas por si só pode melhorar a rentabilidade de uma empresa, segundo o autor, é o foco e o conceito de alavancagem da TOC que faz a maior diferença.

Segundo o autor do modelo iTLS[®] os resultados obtidos com a Integração TLS podem proporcionar ganhos de até quatro vezes maiores se comparado aos métodos isolados, esta informação foi coletada no questionário enviado e no Quadro 22 de Pirasteh e Fox (2010).

Entretanto, apesar das informações coletadas dos autores e da literatura sobre os benefícios do TLS, observou-se na pesquisa teórica que a utilização da Integração TLS parece

não ocorrer na mesma velocidade que a utilização dos outros métodos, quando utilizados de forma isolada.

Para averiguar esta hipótese, foi abordada essa questão no questionário enviado para os autores dos métodos. Para eles, o uso integrado TLS não está sendo aceito com a mesma velocidade que os três métodos isolados por diversas razões, conforme síntese apresentada no Quadro 36.

Quadro 36: Utilização dos modelos TLS

Modelo	Utilização dos modelos TLS
TOCLSS [®]	Não retornou questionário.
UIC [®]	Os modelos TLS não estão sendo aderidos na mesma velocidade do que adesão dos métodos isolados. Em sua visão, a LP e SS estão dominando as adoções, pois parte desta aceitação está em um bom trabalho de marketing de "vender" os seus métodos.
iTLS [®]	Para o autor existem alguns efeitos políticos que impedem que a Integração TLS seja mais acessível. Uma das principais causas para que a Integração TLS não seja tão utilizada é que as organizações investem em qualquer um dos três métodos acreditando ser "uma solução para todos os problemas". Outro fator é o marketing desenvolvido em torno de cada método.
Excelência 360 [®]	Não retornou questionário.
7BG [®]	Para o autor o modismo atual é a LP e SS, pois as empresas buscam implementar as ferramentas LP ou SS isoladamente e, em alguns casos, a TOC. Desta forma o autor destaca que o TLS não está sendo aderido com muita velocidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

Embora os autores afirmem que a Integração TLS podem gerar melhores resultados, as empresas parecem não estar adotando o TLS na mesma velocidade que outros métodos. Uma das limitações desta pesquisa é validar esta hipótese, pois a mesma não pode ser generalizada, o que demanda necessidade para realização de um estudo quantitativo.

Os autores também informam alguns motivos para que os métodos isolados sejam mais utilizados, entretanto uma justificativa que não foi considerada pelos autores é hipótese da real credibilidade, e usabilidade da Integração TLS.

4.2.2 Processo de implantação

Na revisão bibliográfica dos modelos de integração foi verificada a inexistência de exigência de requisitos necessários para a implantação dos modelos. Com a utilização dos questionários foram levantadas informações das premissas ou requisitos necessários para a implantação dos modelos de integração TLS, informadas pelos autores dos modelos. Estas informações são apresentadas no Quadro 37.

Quadro 37: Premissas ou requisitos necessários para a integração TLS

Modelo	Premissas ou requisitos necessários para as empresas fazerem o uso dos modelos
TOCLSS [®]	Não respondeu o questionário.
UIC [®]	Para o autor, caso a empresa queira definitivamente implantar o TLS, além de ter um profissional qualificado, ela precisa abandonar a contabilidade de custos tradicional para tomadas de decisão.
iTLS [®]	Para o autor, em qualquer sistema que é feito de mais de um processo, pode-se beneficiar da implementação do modelo iTLS [®] . Segundo ele, o modelo é simples de aplicar e a implementação é pragmática com sequência de passos de aplicação, de modo que se a organização estiver perdendo dinheiro em atividades intangíveis, a implantação do iTLS [®] estará diretamente ligada à busca de maior rentabilidade do sistema.
Excelência 360 [®]	Não respondeu o questionário.
7BG [®]	Para o autor, o método se adequa à realidade da empresa, não exigindo requisitos necessários para sua implantação. A primeira etapa consiste na realização de análise de aderência na empresa para identificar a causa raiz ou as poucas causas raiz e também para direcionar a aplicação do método conforme necessidade do negócio do cliente.

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme dados do Quadro 37, apenas o autor do modelo UIC[®] informa que um dos requisitos para a implantação da integração TLS é a mudança da tradicional contabilidade de custo para a contabilidade de ganhos da TOC. O autor do modelo iTLS[®] não informa a existência de requisitos necessários para implantação de seu modelo, e o autor do modelo 7BG[®] informa que o modelo é adaptável à realidade de qualquer empresa.

Embora não sejam apontados requisitos pelos autores, é importante ressaltar que em caso de uma adoção de um método de Integração TLS, podem ser gerados conflitos e resistência quanto à implantação do modelo, necessitando de uma gestão de mudança.

Na revisão da literatura, foi observado que alguns autores ressaltam a existência de conflitos inerentes à utilização dos três métodos de forma integrada. Na realização da pesquisa de campo, os dados coletados dos questionários enviados para os autores dos modelos abordaram tal questão, que potencialmente poderia levar ao surgimento de barreiras para a integração dos modelos. De acordo com as respostas dos autores, apenas o autor do modelo UIC[®] denota as contradições em relação ao sistema de trabalho balanceado com o uso do kanban e o sistema de trabalho desbalanceado utilizando o TPC, embora o autor afirme que os resultados do TPC são superiores ao kanban. Para o autor do modelo iTLS[®], não existe contradições entre os métodos, ressaltando a sua complementaridade. O autor do modelo 7BG[®] destaca que, embora ao se analisar isoladamente cada método possa se observar a existência de conflitos, estes podem ser superados pela escolha do que há de melhor em um método em detrimento de outro. O resumo dos conflitos apresentado pelos autores está apresentado no Quadro 38.

Quadro 38: Conflitos inrentes a integração TLS

Modelo	Contradições
TOCLSS®	Não respondeu o questionário.
UIC®	Antagonismos em relação ao método <i>Kanban</i> (LP) e o método Tambor Pulmão Corda (TOC). Segundo o autor, embora existam diferenças entre a LP - utiliza o sistema balanceado - e a TOC - utiliza o sistema desbalanceado, o método TPC mostra resultados superiores ao sistema <i>Kanban</i> .
iTLS®	Para o autor, não há nenhum conflito. Os três métodos possuem pontos fortes que são necessários para a melhoria de todo o sistema. Eles se complementam para criar um sistema perfeito que é rentável ao longo do tempo.
Excelência 360®	Não respondeu o questionário.
7BG®	De acordo com o autor, sob a perspectiva de visão isolada dos métodos e na sua plenitude, existem conflitos, mas que podem ser facilmente superados quando se integra e se escolhe o que tem de melhor em cada um dos métodos. Um exemplo de conflito é referenciado à LP, que não considera estoques intermediários, enquanto a TOC trabalha com Pulmões que devem ser gerenciados.

Fonte: Dados da pesquisa.

Entretanto, conforme identificado em AGI (2009a), Bergland e Bergland (2009) e Mendenhall (2011), existem quatro discordâncias entre os métodos.

Uma característica importante do Lean é que o método está baseado no uso do cálculo do tempo *Takt*, ou seja, o tempo necessário para se produzir uma unidade do produto segundo o ritmo ditado pela demanda do cliente; em seguida tenta equilibrar a capacidade dos recursos e equipamentos com esta taxa e, desta forma, todos os recursos devem possuir capacidade de trabalho balanceada. Por outro lado, na TOC a premissa é que sempre existe uma restrição em cada sistema, sendo o fator limitante de capacidade de produção, e que no sistema haverá componentes com capacidade protetiva para garantir que a restrição seja explorada ao máximo.

No processo de implantação dos modelos de integração, é necessária a formação da equipe que irá atuar no projeto e aplicação de treinamento para o desenvolvimento do conhecimento desses membros da equipe. Essas informações foram coletadas nos questionários enviados para as empresas que prestam serviço de implantação dos modelos.

Conforme informações das empresas de consultoria, não é necessário para a implantação que as pessoas dominem conhecimento nos três modelos. Como estratégia de implantação, a empresa de consultoria que implanta o modelo UIC® recomenda a formação de um escritório de melhoria contínua para direcionamento dos esforços de melhoria.

Para a consultoria do modelo iTLS®, a implantação normalmente é conduzida por três membros chave, sendo eles, o gerente de projeto, um consultor implementador e um consultor técnico, que trabalham juntamente com a equipe da empresa do cliente. A implantação ocorre de maneira similar na empresa de consultoria do modelo 7BG®.

Em relação à capacitação dos membros da equipe, a consultoria do modelo UIC[®] recomenda que se trabalhe de forma *Just-In-Time* na passagem de conhecimento, ou seja, os treinamentos são aplicados mediante a necessidade do cliente em aplicar a ferramenta, técnica ou conceito para solucionar determinado problema encontrado na fase de implantação do projeto. A empresa de consultoria do modelo iTLS[®] não revela muitos detalhes do processo de treinamento e apenas a empresa de consultoria do modelo 7BG[®] informa que a carga horária para realização dos treinamentos é de cerca de 40 horas.

Os dados referentes à formação de equipe e treinamento dos membros de acordo com cada empresa de consultoria são apresentados no Quadro 39.

Quadro 39: Formação de equipe e treinamento

Modelo	Formação de Equipe	Treinamento
TOCLSS [®]	Não retornou o questionário.	Não retornou o questionário.
UIC [®]	A empresa de consultoria recomenda a criação de um escritório de Melhoria Contínua, para que os esforços de melhoria possam ser coordenados. As equipes de melhoria devem incluir os membros que atuam no recurso restrição do sistema.	O método não exige que as empresas conheçam a fundo os três métodos, mas o ideal é que as empresas possam ter um mínimo de conhecimento em TOC, como os 5 passos de focalização da Goldratt. Os treinamentos são conduzidos da forma Just-In-Time, ou seja, é treinado somente na necessidade de determinado conceito, ferramenta ou técnica. Inicialmente são passadas noções básicas de TOC para demonstrar por que é tão importante o uso de 5 passos de focalização de Goldratt, e posteriormente conjunto de conhecimentos em LP e SS. A liderança da empresa recebe treinamento em Contabilidade Ganhos e nos processos de raciocínio da TOC.
iTLS [®]	Normalmente a equipe é formada por: um consultor implementador que geralmente é um Green Belt, com conhecimento em LP, SS e TOC; um consultor técnico especialista na área de atuação de TOC, LP ou SS; e um gerente de projeto: responsável pela orientação técnica e pelo respaldo político para a equipe. Esta equipe trabalha juntamente com a equipe do cliente, formada pelo <i>sponsor</i> , líderes e membros.	O modelo iTLS [®] também não requer que as empresas dominem os três modelos. O método exige que os implementadores sejam treinados com os materiais necessários e suficientes, a fim de ser capaz de se concentrar onde há uma necessidade de melhoria que afeta diretamente o rendimento do processo. Devem-se reconhecer atividades sem valor agregado e usar as ferramentas necessárias para removê-las. Em seguida, colocar em prática sistemas que minimizem a variabilidade do processo para a sustentabilidade e confiabilidade.
Excelência 360 [®]	Não retornou o questionário.	Não retornou o questionário.
7BG [®]	Para implantação é necessária a formação de duas equipes: <ul style="list-style-type: none"> Equipe do Cliente composta pelo <i>sponsor</i> do projeto, líder do projeto e grupos de melhoria com líderes. Equipe de Consultoria: gerente do projeto, um ou dois consultores técnicos ou implementadores. 	Para a formação da equipe não é necessária que as pessoas dominem os três métodos. Durante a implementação as pessoas recebem capacitação e, então, não é pré-requisito entender as metodologias previamente. Treinamentos são realizados conforme a etapa que se encontra o projeto (total de 40 horas) e aplicação prática das ferramentas, sob orientação dos consultores.

Fonte: Dados da pesquisa.

Com os dados coletados pelos questionários é possível constatar que os treinamentos realizados para as equipes de trabalho são diferentes dos cursos de formação tradicionais oferecidos por empresas especializadas, pois os programas de formação em SS, TOC e LP possuem significativa carga horária.

4.2.3 Duração do processo de implantação

Na literatura pesquisada não há informações sobre a duração do processo de implantação dos modelos de integração. Devido a isto, tal aspecto foi também questionado na pesquisa complementar e as respostas estão sumarizadas no Quadro 40.

Quadro 40: Tempo de implantação dos modelos de Integração TLS

Modelo	Tempo médio de implantação
TOCLSS [®]	Não retornou questionário.
UIC [®]	Em média 2 meses se tiver recurso já treinado; do contrário mais de 2 meses.
iTLS [®]	Em média 6 meses, podendo chegar a 18 meses
Excelência 360 [®]	Não retornou questionário.
7BG [®]	Entre 6 a 9 meses.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o autor do modelo UIC[®], o período de tempo é dependente da organização e de sua perspectiva sobre melhoria contínua. Se a empresa tem recursos treinados, o trabalho pode começar imediatamente e resultados significativos podem vir dentro do primeiro ou segundo mês. Se a empresa não tem recursos formados, então os resultados deverão vir dentro de semanas.

Para o modelo iTLS[®], o tempo de implantação é em média 6 meses se for focado apenas no processo produtivo, podendo chegar a 18 meses caso o escopo do projeto contemplar governança e distribuição.

Para o modelo 7BG[®], o tempo de implantação depende do escopo e/ou do tipo do negócio do cliente, sendo qual duração do processo pode durar de 6 a 9 meses para realizar a implementação.

A média dos processos de implantação dos modelos, de uma forma geral é de seis meses, entretanto é um tempo relativamente curto para uma empresa aprender, compreender e usar os conceitos, ferramentas e técnicas da TOC, Lean e Seis Sigma.

Outro ponto importante, é que os projetos Seis Sigma necessitam de dados históricos e os projetos podem ter duração considerável.

4.2.4 Dificuldades encontradas pelas empresas

Como em qualquer processo de mudança, existem dificuldades referentes ao processo de implantação. No caso da integração TLS, são introduzidos simultaneamente três métodos de forma integrada, o que pode potencializar as dificuldades.

Na realização da pesquisa teórica não foi possível identificar quais são as dificuldades encontradas pelas empresas que aderiram aos modelos integrados, bem como os fatores que podem influenciar positivamente na integração. Desta forma, nesta etapa da pesquisa foram questionadas quais são as dificuldades nos processos de implantação, na perspectiva da empresa de consultoria. Os dados levantados sobre as dificuldades no processo de implantação são resumidos no Quadro 41.

Quadro 41: Dificuldades de implantação dos modelos na perspectiva das empresas de consultoria

Modelo	Dificuldades na implantação
TOCLSS [®]	Não retornou questionário.
UIC [®]	Uma das principais dificuldades é a resistência à mudança, mas a dificuldade mais importante são os efeitos negativos das métricas da contabilidade de custos.
iTLS [®]	A principal dificuldade está relacionada ao choque cultural que o cliente sofre, que tende a querer se manter na zona de conforto. Além disso, existe a dificuldade em se conseguir a dedicação de tempo necessário do cliente.
Excelência 360 [®]	Não retornou questionário.
7BG [®]	A dificuldade reside na quebra de antigos paradigmas e aceitação nas mudança das regras de convívio (principalmente as restrições políticas).

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o autor do modelo UIC[®], em termos mais simplistas, a dificuldade está associada também à implantação da TOC, que é usada para identificar a restrição do sistema e depois explorá-la, concentrando os esforços de LP e SS na melhorias da restrição do sistema. O passo mais difícil na implementação é o passo de subordinação dos elementos do sistema à restrição. Isto se deve ao fato do uso das métricas de desempenho que estão em vigor na empresa (normalmente contabilidade de custos), as quais induzem um comportamento de busca pela máxima eficiência em qualquer elemento do sistema, seja restrição ou não restrição do sistema. Ao contrário, segundo a TOC, em uma implantação bem sucedida é necessário que os processos sejam subordinados à restrição, o que acaba por levar a uma subotimização de suas eficiências. Para o autor, a Contabilidade de Ganhos (*Throughput Accounting* - TA), não deve substituir a Contabilidade de Custos (que continua sendo necessária para fins fiscais), mas sim, ser utilizada para as decisões operacionais e gerenciais diárias. Sem este tipo de ação as implantações de TLS irão falhar.

Para a empresa de consultoria de iTLS[®], a TOC é mais difícil de ser aceita, pois propõe um método diferenciado do usual, tendo que ser trabalhada com mais intensidade que os outros métodos.

Para a empresa de consultoria do modelo 7BG[®], a TOC não é tão difundida mundialmente e, desta forma, não existe muita demanda por TOC, ou seja, há uma dificuldade maior em “vendê-la”. Para a empresa, a LP é mais conhecida e é “mais fácil de vender”, além de ser um método mais fácil de ser aceito e implantado. Entretanto, a empresa ressalta que projetos isolados de LP normalmente levam muito tempo para gerar resultados. Outra consideração feita pelo autor é sobre o SS que, embora possua maior aceitação pelo mercado, requer mais análises estatísticas, sendo o mais difícil de ser implementado devido à necessidade de pessoas com bom nível para utilizar suas ferramentas analíticas.

Embora os autores ressaltam dificuldades inerentes a implantação dos modelos integrados, não são mencionados por eles ou pela literatura pesquisa, as dificuldades na introdução dos princípios da TOC, Lean e Seis Sigma (mencionados no Quadro 29).

Publicações referentes à utilização da Integração TLS nas empresas foram mapeadas na pesquisa teórica, entretanto, foi detectada a existência de poucas publicações. Deste modo um dos questionamentos aos autores e às empresas de consultoria refere-se à determinação de quantidade de empresas que fazem o uso de seus modelos de Integração TLS.

Conforme os dados apresentados no Quadro 42, a informação de quantidade de empresas, assim como seus nomes, é tratada como dado sigiloso pelos autores e empresas de consultoria. Apenas a empresa de consultoria de implantação do modelo iTLS[®] no Brasil informa que a empresa já realizou processo de implantação em 15 empresas, enquanto a empresa de consultoria do modelo 7BG[®] informa que realizou a implantação de seu modelo em uma empresa no Brasil.

O autor do modelo UIC[®] e iTLS[®] não revelam a quantidade de empresas que realizaram a adesão a seus modelos de integração TLS.

Quadro 42: Caracterização dos métodos de integração TLS

Modelo	Utilização do método pelas empresas
TOCLSS [®]	Não retornou questionário.
UIC [®]	O autor do modelo não cita a quantidade de empresas que utilizam o UIC [®] . Entretanto, ressalta que o modelo já foi implantado em diversas empresas das áreas de <i>healthcare</i> , manufatura, empresas de reparação, manutenção e revisão de aviões, empresas governamentais.
iTLS [®]	O autor do modelo não cita a quantidade de empresas que utilizam o iTLS [®] . Entretanto, segundo o autor, houve implantação em diversas empresas com um total de mais de 1.000 projetos. A empresa de que presta serviço de implantação no Brasil informa que já fez implantação do modelo em 15 empresas.
Excelência 360 [®]	Não retornou questionário.
7BG [®]	A empresa de consultoria informa que já participou de 10 projetos de implantação em parceria com outra empresa de consultoria. Entretanto, em relação ao modelo 7BG [®] , a implantação do modelo ocorreu em apenas uma empresa no Brasil.

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2.5 Gerenciamento da mudança

O processo de mudança cultural na empresa deve ser realizado para que as implantações dos modelos TLS obtenham sucesso. Por meio de questionários enviados às empresas de consultoria, buscou-se identificar a maneira pela qual é realizado o processo de transição de cultura na empresa. Os dados coletados estão sumarizados apresentados no Quadro 43.

Quadro 43: Processo de mudança

Modelo de Integração	Processo de mudança cultural na empresa
TOCLSS [®]	Não retornou o questionário.
UIC [®]	Considera que as pessoas resistem à mudança e, para conduzir esta mudança, é utilizado o conceito das 6 camadas de resistência da TOC.
iTLS [®]	Para a empresa de consultoria, o processo de mudança cultural é um fator muito importante para o sucesso do projeto. Para tanto, na implantação, é fundamental o apoio direto e claro da alta gestão da empresa, com a condução de reuniões constantes e o comprometimento dos gestores.
Excelência 360 ^o [®]	Não retornou o questionário.
7BG [®]	Utiliza o conceito das 6 camadas de resistência da TOC.

Fonte: Dados da pesquisa.

O processo de gestão de mudança mencionado pelas empresas de consultoria dos modelos UIC[®] e 7BG[®] referem-se ao conceito de superar as camadas de resistência (Quadro 44). As seis camadas consistem em: 1) obter consenso sobre a existência do problema; 2) obter consenso sobre a direção da solução; 3) complementar a solução; 4) superar os efeitos colaterais que a solução pode gerar; 5) superar os obstáculos que podem existir para implementar a ideia; 6) Montar um plano de implementação.

Quadro 44: Seis camadas de resistência à mudança

Estado da mudança	Camadas de resistência à mudança
O que mudar?	1: Concordância sobre o problema
Para o que mudar?	2: Concordância com a direção da solução 3: Concordância com os detalhes da solução 4: "Sim, mas ..." (possíveis consequências)
Como implementar a mudança?	5: Lidando com o obstáculo 6: Medo não verbalizado

Fonte: Manhaes e Carvalho (2012)

Uma das dificuldades em se realizar a gestão de mudança, que pode ser observada nas respostas dos questionários, está na migração do método anteriormente em uso na empresa para a Integração TLS. Para a empresa de consultoria do modelo UIC[®], na maioria das vezes, antes de implantar o TLS, havia uma mistura de LP e SS na empresa, mas eles não estavam vendo melhora em seus indicadores. No entanto, logo após a introdução do conceito de foco e

alavancagem (isto é, identificar e explorar a restrição pela TOC), uma melhoria significativa nos indicadores foi alcançada.

Conforme relatos da empresa de consultoria de iTLS[®] no Brasil, na maior parte das 15 empresas que implementaram TLS, o método LP já estava em uso. Segundo experiências da empresa de consultoria da 7BG[®], em algumas empresas em que foram implantados o TLS por meio de parceria com a empresa de consultoria de iTLS[®] no Brasil, havia empresas que utilizam parcialmente ferramentas da LP e SS, e em alguns casos empresas que utilizam parcialmente o software de programação da produção com base na capacidade finita dos recursos (conceito da TOC).

Uma oportunidade de pesquisa é identificar se a partir de qual método utilizado (TOC, LP ou SS) pode proporcionar maior facilidade na migração de um método isolado para o método integrado.

4.2.6 Resultados obtidos após a implantação

Foram levantadas, por meio dos questionários direcionados às empresas usuárias dos modelos, questões que verificassem os resultados obtidos com a implantação do TLS. Entretanto, conforme dificuldade já relatada na seção de método científico, foram coletadas apenas dados de duas empresas que fazem o uso da integração TLS. Esta coleta ficou limitada pela impossibilidade de estabelecer um contato direto com a empresa usuária do modelo, sendo necessária a presença da empresa de consultoria para intermediar o processo de coleta de dados. Apenas duas empresas responderam os questionários, cujos dados estão sintetizados no Quadro 45.

Quadro 45: Caracterização das empresas

Empresa	Características
Empresa A	<ul style="list-style-type: none"> - Método de integração TLS utilizado: iTLS[®] - Número de funcionários: 500 pessoas - Método utilizado antes da implantação da integração TLS: Kanban customizado. - Forma que a empresa interage com o mercado: MTS - <i>Make To Stock</i> (Manufatura Para Estoque) - Respondente do questionário: Gerente do projeto
Empresa B	<ul style="list-style-type: none"> - Método de integração TLS utilizado: 7BG[®] - Número de funcionários: 245 pessoas - Método utilizado antes da implantação da integração TLS: Teoria das Restrições - Forma que a empresa interage com o mercado: a empresa interage com o mercado sob as formas MTS - <i>Make To Stock</i> (Manufatura Para Estoque), MTO - <i>Make To Order</i> (Manufatura Por Pedido), ATO - <i>Assembly To Order</i> (Montar por Pedido), ETO - <i>Engineering to Order</i> (Projetos sob Pedidos). - Respondente do questionário: <i>Sponsor</i> (patrocinado)

Fonte: Dados da pesquisa.

A Empresa A decidiu adotar a Integração TLS para melhorar seus índices de produtividade e de entrega ao cliente. Para tal, a empresa não teve exigência de requisitos por meio da consultoria, entretanto, teve que treinar toda a equipe nos métodos e nas ferramentas TLS, além reforçar um dos setores da empresa com adição de funcionários. As resistências às mudanças foram quebradas no dia a dia com os grupos de trabalho, pois estes tiveram papel fundamental na implantação, bem como o Sponsor ter o nível mais alto no quadro executivo da planta. O processo de implantação foi concretizado com um cronograma de 18 meses de trabalho. Na percepção do gerente de projetos, o nível de conhecimento atual da equipe em relação aos três métodos é considerado médio.

Em relação às ferramentas que passaram a ser utilizadas na empresa após a adoção do TLS, podem-se citar: TPC; Gerenciamento do Pulmão; Contabilidade de Ganhos; kaizen; 5S; SMED – Redução de tempo de *setup*; Layout Celular; Balanceamento de Trabalho; Poka Yoke; Cinco Por quê; Project Charter e FMEA.

Na opinião do gerente de projetos, acredita-se não haver conflitos entre os três métodos. Em sua visão, são três métodos que são complementares, ou seja, permitem definir as restrições (TOC), eliminar os desperdícios (LP) e aprimorar o sistema (SS).

Em relação aos principais resultados obtidos até o momento com a Integração TLS, o gerente de projeto reconhece que houve um aumento do índice de entrega de 85% para 98%, além de outros benefícios, tais como: organização da produção, realinhamento do *layout*, melhora na produtividade das linhas, padronização dos trabalhos, melhora do clima organizacional e melhora do ambiente de trabalho. Entretanto, o gerente do projeto destaca que houve impactos negativos na implantação, pois as pessoas que não se adaptaram ao novo modelo de gestão tiveram que ser desligadas da empresa.

A Empresa B optou por implantar o TLS, pois, embora possuísse um software APS (*Advanced Planning Schedule*) baseado nos conceitos da TOC, não utiliza este conceito na prática. Em relação aos requisitos necessários para a implantação, o sponsor do projeto afirma não terem sido exigidos requisitos por parte da consultoria. Entretanto, foi realizado um diagnóstico para avaliação de oportunidades, formação de uma estrutura na empresa para suportar o projeto e criação de grupos de trabalho para encontrar oportunidades e implementar as melhorias.

Na implantação do projeto, foi observada a existência de uma resistência grande na gerência da fábrica, que só foi superada após a gerência entender que a implantação do projeto poderia trazer benefícios às operações, tais como quadros de gestão à vista e melhor

priorização de recursos em equipamentos restritivos. O processo de implantação teve duração de 7 meses de trabalho e na percepção do sponsor do projeto, após a implantação do TLS, o conhecimento atual da equipe em TOC é considerado alto, e em relação à LP e ao SS foi considerado médio.

Após a implantação TLS, a empresa passou a utilizar um conjunto de ferramentas, tais como: TPC, Gerenciamento do Pulmão Fluxo contínuo, *Andon*, Balanceamento de Trabalho, *Ishikawa*, *Project Charter* e FMEA. Sob o ponto de vista do sponsor do projeto, o método 7BG[®] utiliza os métodos de forma complementar e não como elementos conflitantes, de forma que a TOC dá o Foco ao que é restritivo, a LP reduz os desperdícios do que foi determinado como restritivo e o SS reduz a variabilidade dos processos.

O principal resultado obtido pela empresa foi atingir a meta de entrega no prazo acima de 80%, conforme determinava a matriz na Alemanha. Além deste resultado, o projeto gerou vários outros benefícios, tais como: maior integração entre as áreas (grupos de trabalho multidisciplinar); melhora na gestão do processo através dos quadros e canchotos; melhor identificação dos gargalos no processo, possibilitando uma gestão focada nas restrições; melhor gestão das capacidades do processo, para garantir o bom andamento do fluxo, reduzindo drasticamente as suas flutuações; redução de perdas devido ao critério de aceitação de porosidade; determinação e gerenciamento dos itens para estoque; reestruturação do PCP, mudando o conceito de puxada na empresa; agilidade no processo de liberação de retorno de serviço externo; simplificação das estruturas através dos itens “fantasmas”; e melhor comunicação entre as áreas buscando o ótimo global.

O respondente relata, porém, alguns impactos negativos com a implantação. Ele cita que, embora tenha havido um aumento do fluxo das entregas, a entrada de pedidos ficou aquém do esperado, ou seja, a empresa está atualmente com a carteira de pedidos baixa.

Embora tenha sido coletado dados de duas empresas usuárias dos modelos integrados TLS, que informam terem obtidos resultados positivos com a integração, os resultados da pesquisa não podem ser generalizados, chegando a uma conclusão de que a partir desses dois resultados qualquer implantação TLS poderá obter melhores resultados.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa teórica nas diversas bases de dados identificadas na seção de método científico identificou algumas publicações referentes à iniciativa de integração dos métodos TOC, LP e SS, com proposição de modelos de Integração TLS. Foram analisadas, com base neste e em outras bases, cinco iniciativas de Integração TLS, as quais foram caracterizadas e fatores estimulantes e inibidores à integração identificados. Além disso, casos de implementação relatados na literatura foram também apresentados.

Com a aplicação dos questionários na pesquisa complementar, foi possível coletar os seguintes dados: opiniões dos especialistas em integração TLS, identificando informações relevantes perante as propostas de integração, modelos e casos de aplicação; informações sobre o processo de implantação de modelos de Integração TLS sob o ponto de vista das empresas de consultoria; e informações dos participantes do processo de implantação do TLS nas empresas usuárias.

A partir destas informações, as seções a seguir discutem e apresentam as principais conclusões do trabalho, vis-à-vis a seus objetivos, suas limitações e recomendam temas para continuidade desta pesquisa.

5.1 QUANTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA

Para responder a questão principal de pesquisa - “como é viabilizada de forma sinérgica a Integração TLS?” -, foi realizada uma investigação por meio de uma pesquisa teórica e de uma pesquisa de campo complementar.

Este trabalho investigou como os métodos TOC, LP e SS podem ser aplicadas de forma unificada a partir de modelos de integração voltados a complementar suas virtudes e ao mesmo tempo compatibilizar diferenças e antagonismos. Cinco modelos de Integração TLS foram identificados, todos pouco investigados por trabalhos de campo.

Conforme comentado ao longo do trabalho, estes modelos parecem possuir características que estabelecem importantes diferenças, mas todos se assemelham em pelo menos três aspectos: i) constituem-se basicamente em modelos de melhoria contínua, estabelecendo as etapas que devem ser cumpridas e qual é o papel de cada um dos três métodos neste processo; ii) têm a TOC como método de fundo, que aponta onde as melhorias deveriam ser focalizadas, inicialmente estabilizando o sistema produtivo, enquanto à LP e a SS cumprem fundamentalmente o papel de identificar e eliminar desperdícios e reduzir as

variabilidades; iii) não delimitam seu uso em função de diferentes estratégias organizacionais, características de sistemas produtivos ou formas de atendimento da demanda.

É destacado também que, na tentativa de harmonizar os métodos, nenhum dos três métodos é plenamente atendido pelos modelos. Além de possuírem princípios próprios nem sempre totalmente convergentes (Quadro 29), em nenhum deles, por exemplo, são claramente identificados aspectos chaves que caracterizam cada método. Conforme já comentado, certos princípios ou práticas TOC, LP e SS são apenas parcialmente explicitados pelos modelos, deixando dúvidas se seus usos incompletos não poderiam comprometer seus potenciais benefícios.

Além de serem apenas parcialmente atendidos, os modelos não recomendam abertamente que métodos ou técnicas devam ser utilizadas em cada passo. Com exceção do modelo 7BG, não há escolhas explicitamente declaradas sobre qual sistema de coordenação de ordens de produção fazer uso, por exemplo. Também, aplicações de ferramentas simples da qualidade ou LP podem entrar em conflito com o uso mais estruturado de técnicas SS. Diferenças entre as abordagens exigem do usuário escolhas que muitas vezes não estão definidas pelos modelos, causando a impressão de que as decisões são tomadas em uma base caso a caso.

Por outro lado, são vários os relatos de casos práticos de implementação da Integração TLS que indicam serem promissores os resultados esperados com seu uso. Com o intuito de sintetizar tais resultados, o Quadro 46 resume os dados obtidos com a pesquisa teórica, enquanto o Quadro 47 resume os dados provenientes da pesquisa complementar. Os detalhes de cada pesquisa estão abordados nas seções 4.1 e 4.2 deste trabalho.

Os constructos apresentados no Quadro 46 são originados a partir da pesquisa teórica, e os constructos do Quadro 47 foram verificados na pesquisa por meio dos questionários enviados. Os dois quadros constituem o atendimento dos objetivos específicos definidos na pesquisa.

Uma das dificuldades em construir o Quadro 46, foi o fato de que o trabalho de Pirasteh (2005) sobre o desenvolvimento da Integração TLS não estar disponível para acesso a leitura.

Quadro 46: Sumário pesquisa teórica

Sumário dos resultados da pesquisa teórica	
1) Quais são as iniciativas de integração dos modelos?	Foram encontrados 5 modelos de Integração TLS <ul style="list-style-type: none"> • Modelo TOCLSS[®] • Modelo UIC[®] • Modelo 7BG[®] • Modelo iTLS[®] • Excelência 360^o[®]
2) Quais são as características gerais de cada modelo de Integração TLS?	TOCLSS [®] : modelo estruturado em 5 fases, utiliza a TOC no desenvolvimento da arquitetura do sistema, e a combinação da TOC, LP e SS focada na melhoria do processo. iTLS [®] : modelo constituído de 7 passos para sua aplicação, foi construído a partir de um estudo de caso qualitativo e quantitativo dos benefícios de se integrar os três métodos. UIC [®] : modelo combina os três métodos de forma cíclica, contendo três círculos concêntricos, onde a TOC é o elemento central, seguido do SS e LP, entretanto no modelo é enfatizada a importância dos três métodos de melhoria, devido esta característica cíclica não é possível identificar onde e quando aplicar cada método ou ferramenta. Excelência 360 ^o [®] : este modelo é o único que tenta combinar os três métodos com a junção da Gestão Por Processos. 7BG [®] : o modelo é constituído de 7 condutas que devem ser seguidas para atingir a meta, o modelo aparentemente possui similaridades com o modelo iTLS [®] .
3) Quais são convergências e potenciais conflitos para integração dos métodos?	Os modelos são alicerçados nos passos de melhoria de cada método (Passos de Focalização da TOC, Passos do Pensamento Enxuto, Passos do DMAIC), entretanto ao se verificar a composição dos modelos, é possível identificar a existência de alguns dos princípios dos três métodos (TOC, LP ou SS). Isto se deve ao fato de que os modelos foram gerados a partir das convergências dos métodos. Os modelos utilizam a TOC para ter “foco” identificando os pontos críticos do processo, que são as restrições que podem alavancar os resultados do sistema, a partir da identificação da restrição o LP contribui com a redução dos desperdícios para elevar a restrição, e o SS para reduzir a variação do processo, garantindo a estabilidade e confiabilidade do sistema para sustentar os ganhos obtidos com as melhorias. Em relação às convergências dos métodos, é possível destacar que a TOC possibilita a constituição de foco com o seu processo de 5 passos de focalização. O foco consiste em identificar em um sistema desbalanceado, onde é a parte do sistema que restringe o desempenho, identificando o que deve ser feito e o que não deve ser feito. Na visão do Lean do sistema balanceado, praticamente todos os recursos devem ser gerenciados, e na visão do SS o problema deve ser mensurado por meio de históricos, sendo que nem sempre o problema a ser tratado é o que irá trazer a melhoria global do sistema. Desta forma a convergência dos métodos consiste em identificar o foco por meio da TOC, e direcionar as melhorias com o uso do LP e SS. Apenas um modelo de Integração TLS aborda a existência de quatro discordâncias entre os métodos, sendo elas: Linha desbalanceada x Linha Balanceada; Ética do "Papa Léguas" x Trabalho com o Takt; Sinal da Corda x Sinal do Kanban; Reposição baseada no tempo x Reposição baseada na quantidade.
4) Quais são os casos publicados de aplicação da Integração TLS?	Foram identificados na pesquisa dez casos publicados de aplicação de TLS, desta feita com menção dos modelos de integração utilizados: Pirasteh (2005); Pirasteh e Farah (2006a); AGI (2009b); Fonseca et al. (2009); Zahora e Zahora (2009); AGI (2010c); AGI (2010d), AGI (2010e) e AGI (2010f); Moura (2010); Pirasteh e Fox (2010); Pirasteh e Calia (2010); Tonder (2011); Sproull (2012b).

Fonte: Dados da pesquisa.

Muitas das publicações utilizadas para a construção do Quadro 46 foram publicados em revistas fora da área acadêmica, *web sites* ou livros, e sua relevância e confiabilidade são relativizadas, caracterizando uma das limitações desta pesquisa, pois tais publicações não utilizaram método científico em sua condução.

Em relação à construção do Quadro 47 uma das dificuldades encontradas foi a quantidade de questionários respondidos que retornaram. Do total de 17 questionários enviados, apenas 8 questionários retornaram para análise de dados (Quadro 26).

Quadro 47: Sumário pesquisa de campo

Sumário dos resultados da pesquisa prática	
1) Qual método foi empregado na implantação dos modelos?	Para uma empresa realizar a implantação da Integração TLS, ela terá opção de escolher entre os cinco modelos existentes já apresentados, além dos modelos sugeridos na literatura, existe a opção da empresa combinar os métodos de forma própria, não seguindo nenhum modelo de integração. As empresas que optam por realizar a implantação por meio da utilização de empresas prestadoras de serviço de implantação, usufruem das vantagens de se utilizar um modelo que já foi previamente estudado e elaborado, com sequência de passos de aplicação, conjunto de ferramentas selecionadas e apoio de consultoria para orientação e realização da implantação.
2) Como é o método de processo de implantação?	Formação de duas equipes: uma por parte da empresa contendo sponsor, gerente de projeto, líderes e grupos; outra equipe por parte da consultoria contendo consultor implementador e consultor técnico. E aplicação de treinamento sobre os três métodos para a equipe, entretanto a carga de treinamento em uma consultoria é relativamente baixa, e outra apenas realiza treinamento conforme necessidade da empresa ou fase de aplicação no projeto.
3) Qual a duração do processo de implantação?	Em média 6 meses.
4) Quais as dificuldades encontradas pelas empresas?	Resistência a mudanças, choque cultural, dificuldade na dedicação de tempo ao projeto por parte da empresa, e quebra de paradigmas (contabilidade de ganhos e subordinação).
5) Quantas empresas utilizam a integração dos métodos?	- Consultoria do iTLS®: A consultoria brasileira informou a quantidade de 15 empresas, a consultoria americana não informou a quantidade. - Consultoria do UIC®: Não informou a quantidade. - Consultoria do 7BG®: Informou a quantidade de uma empresa.
6) Como é realizado o gerenciamento da mudança?	Duas empresas do total de três empresas de consultoria que responderam o questionário afirmam utilizar o conceito de 6 camadas de resistência a mudança da TOC.
7) Quais foram os resultados obtidos após a implantação?	Com os dados coletados em duas empresas, os resultados obtidos foram: - Na Empresa A: aumento do índice de entrega de 85% para 98%. - Na Empresa B: atingiu a meta de entrega no prazo acima de 80% conforme determinava a matriz na Alemanha.

Fonte: Dados da pesquisa.

Uma das dificuldades e limitação para a construção do Quadro 47 foi a coleta de dados por meio dos questionários, principalmente em relação aos questionários enviados para as empresas usuárias dos modelos, pois o envio, aceite e participação dos respondentes do terceiro questionário dependiam da intermediação da empresa de consultoria.

Sobre a utilização da Integração TLS sobre o aspecto prático, em resumo, conquanto integrar os métodos TOC, LP e SS parece fazer sentido pelas características complementares que apresentam, somado aos resultados bastante promissores relatados tanto pelos trabalhos identificados na revisão teórica quanto pelas respostas aos questionários enviados pela pesquisa complementar, trata-se de um tema recente que necessita de muita pesquisa – especialmente na forma de estudos de casos – para validação de seus reais benefícios.

Ainda que existam relevantes oportunidades de complementação entre os métodos, a pesquisa teórica evidenciou também a existência de significativos potenciais conflitos entre eles. Tais conflitos não foram, ao menos não explicitamente, endereçados pelos modelos, que aparentemente optaram por selecionar partes dos métodos – consequentemente excluindo outras - que melhor se adaptavam. Assim, embora os modelos de Integração TLS tenham sido

capazes de harmonizar o uso simultâneo dos métodos, a forma parcial e limitada com que cada método é contemplado pelos modelos, deixa dúvidas sobre sua real efetividade. Afinal, ao limitar a aplicação de cada método, seria mesmo possível afirmar que os métodos TOC, LP e SS estão efetivamente sendo utilizados pelas empresas usuárias de modelos de Integração TLS?

Uma hipótese que não conseguiu ser confirmada, é que embora a Integração TLS possam gerar melhores resultados, as empresas parecem não estar adotando o TLS na mesma velocidade que outros métodos. Uma das limitações desta pesquisa é validar esta hipótese, pois a mesma não pode ser generalizada, o que demanda necessidade para realização de um estudo quantitativo.

5.2 PROPOSTA DE MODELO DE INTEGRAÇÃO TLS

Parte deste trabalho de acordo com o método de pesquisa, busca a proposição de novas teorias segundo a orientação de Miguel (2007) sobre o desenvolvimento teórico conceitual. Esta etapa foi desenvolvida após a realização da pesquisa teórica e da pesquisa de campo complementar.

O modelo proposto por este trabalho de pesquisa está fundamentado na exploração da pesquisa teórica e da pesquisa de campo, das análises e conclusões realizadas até o momento.

Uma limitação do modelo proposto é que o mesmo não foi testado, não podendo ser validado como um método robusto, entretanto surge como uma oportunidade de continuidade de pesquisas futuras.

O modelo proposto foi desenvolvido com base na utilização dos seguintes elementos:

- Modelo de integração entre TOC e LP de Guild (2012) apresentado na Figura 16, pois apresenta uma proposta de integração ao nível estratégico e tático, levando em consideração os objetivos e os direcionadores para as ações.
- Modelo Escelência 360°, pois apresenta uma estrutura para organização da ideologia empresarial (filosofia) e os critérios de excelência.
- Princípios em comum aos três métodos, sendo eles identificados no trabalho de Almeida et al. (2010): melhoria contínua, respeito às pessoas, identificação e solução de conflitos para a busca de soluções que quebram paradigmas e que sejam ganha-ganha e a crença que tudo pode ser melhorado significativamente.
- Premissa de que o Seis Sigma se coaduna com a ideia de melhoria de contínua, pois os projetos SS visam reduzir a variabilidade.

- Os quatro princípios de gestão da cadeia de suprimentos citados por Goldratt (2009^a): Melhorar o fluxo; prevenir a superprodução; abolição das eficiências locais; balancear o fluxo.
- Crescimento e estabilidade, que é a visão comum identificada em Almeida et. al (2010) que devem servir de norte estratégico da empresa usuária do modelo e o objetivo final de tudo. Sendo que na TOC são representadas pelas curvas verde e vermelha (Figura 8) - quanto para o Lean são representadas pelas forças de integração e de expansão identificadas em Osono et al. (2008).
- Utilização de um processo de melhoria continua para atingir crescimento com estabilidade.
- Modelo iTLS® para condução de melhoria continua, pois Pirasteh (2005) e Pirasteh e Calia (2010) apresentam o modelo como o único a demonstrar sua validade por meio de estudo científico. Declara ter mais empresas usuárias de seu modelo como visto na seções de pesquisa teórica, e seu modelo está baseado na junção dos três métodos de melhoria, conforme apresentado na figura Figura 30.
- Conjunto de ferramentas e técnicas podem ser aplicados a medida do grau de necessidade da empresa.
- Treinamentos devem ser proporcionados de modo que os membros da equipe entendam os conceitos, fundamentos, ferramentas e técnicas dos três métodos.
- Deve ser realizada uma confrontação dos princípios dos três métodos com filosofia empresarial, com objetivo de identificar os gaps e propor adequação da empresa.
- Deve ser escolhido entre o Sistema de Produção Balanceado (Kanban / Takt) ou Sistema de Produção Desbalanceado (TPC), sendo definido pelas características e filosofia da empresa.
- Nivelamento da produção, estabilização do processo, redução da variabilidade, trabalho padronizado, gestão visual e controle de indicadores constituem os alicerces da fase tática, baseado no trabalho de Liker (2005).
- Fundamentação do modelo sustentado pelos valores da empresa.

Tal modelo desenvolvido é apresentado na Figura 41.

Estratégia	Filosofia Empresarial		
	Princípios convergentes TOC, Lean e Seis Sigma: melhoria contínua, respeito às pessoas, identificação e solução de conflitos para a busca de soluções que quebrem paradigmas e que sejam ganha-ganha e a crença de que tudo pode ser melhora significativamente.		
	Confrontação dos princípios dos três métodos com a Filosofia Empresarial		
	Meta do Negócio: Tornar uma empresa cada vez mais próspera		
	Métricas: Aumentar os Ganhos e Reduzir Custos e Despesas Operacionais		
	Aumentar lucro líquido	Aumentar retorno sobre investimentos	Aumentar fluxo de caixa
	Aumentar vendas	Reduzir inventários	Reduzir gastos
Tática	Melhorar o Fluxo Prevenir a superprodução Abolir eficiências locais Balancear o fluxo (reduzir as perdas e variabilidade)		
	Sistema de Produção Balanceado (Kanban / Takt) ou Sistema de Produção Desbalanceado (TPC)		
	Treinamento	Melhoria Contínua para Crescer com Estabilidade 1- Mobilizar e focar 2- Explorar a restrição 3- Eliminar as fontes de desperdícios 4- Controlar a variação do processo 5- Controlar as atividades de suporte 6- Remover a restrição e estabilizar 7- Reavaliar o sistema	
	Ferramentas e Técnicas		
	Times multifuncionais		
	Nivelamento da produção		
	Estabilidade do processo, redução da variabilidade e trabalho padronizado		
Gerenciamento visual e controle de indicadores			
Valores da empresa			

Figura 41: Proposta de modelo de Integração TLS
Fonte: Proposto pelo autor.

5.3 QUANTO ÀS LIMITAÇÕES E POSSIBILIDADES DE CONTINUIDADE DE PESQUISA

Na etapa final da pesquisa, foi encontrado o sexto modelo de Integração TLS, denominado RABIT, e as informações sobre o modelo podem ser encontradas em Woepfel (2009), Cutler (2012) e Pinnacle Strategies (2013). Entretanto devido à limitação de tempo não foi possível aplicar os três questionários para coleta de informações. Uma oportunidade de pesquisa é aplicar os três questionários (disponíveis nos apêndices) para os autores dos modelos, as empresas de consultoria e as empresas usuárias do modelo, para coletar mais informações sobre esta iniciativa.

Embora os relatos de empresas pareçam apontar para bons resultados quando as abordagens TOC, LP e SS são aplicadas de forma conjunta, a ausência de estudos científicos que atestem estes resultados, na forma de estudos de casos, por exemplo, não permite afirmar ser esta uma alternativa robusta de gestão. Novas pesquisas deveriam verificar se há diferenças entre os resultados alcançados por empresas que fizeram uso dos modelos de Integração TLS e aquelas que adotaram as três abordagens sem o apoio de um modelo de referência. Ademais, cada uma destas abordagens parece possuir elementos que as colocam em conflitos, podendo o resultado final de uma aplicação integrada ser também inferior a seu uso individualizado.

Uma característica identificada nos processos de implantação TLS, é que o cliente fazia uso de um dos métodos isolados. Uma oportunidade de pesquisa é identificar se a partir de qual método utilizado (TOC, LP ou SS) pode proporcionar maior facilidade na migração de um método isolado para o método integrado.

De acordo com os dados fornecidos pelos autores, há um crescente número de adoção do uso integrado do TLS pelas empresas, porém, não há dados estatísticos, como as informações do *Census of Manufacturer* dos Estados Unidos (apresentadas na Figura 4 do capítulo 1) que revelem cientificamente a eficácia de seu uso. O desenvolvimento de uma pesquisa *survey* para identificar e quantificar a quantidade de empresas que fazem o uso dos métodos TOC, LP ou SS, seja na forma isolada ou combinada em pares e em trio, podem trazer grandes contribuições. Pesquisas *survey* com estas características poderiam direcionar trabalhos voltados a identificar por que um método é mais utilizado que outro, e identificar também eventual tendência das empresas em realizar o uso integrado dos métodos.

Este trabalho foi limitado à realização de uma pesquisa teórica e de uma pesquisa de campo complementar com aplicação de questionários. Entretanto, foram encontrados apenas dois trabalhos que efetiva e cientificamente realizaram estudos de casos. Logo, uma oportunidade de pesquisa é a realização de estudos de casos, com visitas *in loco* em empresas, para se estudar, em seus ambientes reais, os fenômenos concernentes a este tipo de implementação. Ademais, dado que as iniciativas de integração surgiram em empresas de outros países e que há casos consolidados do uso da Integração TLS, outra oportunidade de pesquisa é a aplicação de novos questionários e visitas *in loco* especificamente nestas empresas.

Este trabalho foi limitado na pesquisa de campo complementar, a aplicação de três tipos de questionários para coleta de informação dos autores dos modelos, das empresas de consultoria que implantam os modelos e as empresas usuárias dos modelos. Uma oportunidade de pesquisa é a aplicação de um quarto questionário para os especialistas em Teoria das Restrições, Lean ou Seis Sigma, com o objetivo de confrontar as opiniões sobre o método integrado e uso dos métodos isolados. Para tanto foi desenvolvido uma proposta para o quarto questionário, disponível no Apêndice G.

Como oportunidade de continuidade de pesquisa, existe a possibilidade de aprofundamento do modelo apresentado na Figura 41, bem como o estudo de aplicação deste modelo, procurando identificar pontos de melhoria ou validação para constatação de robustez do modelo.

REFERÊNCIAS

- ABEL, J. Constraint Management: As the flexible production possible. **Productivity Management**. v. 16, n. 5, p. 36-39, 2011.
- ABOELMAGED, M. G. Six Sigma quality: a structured review and implications for future research, **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 3, p. 268-317, 2010.
- ACHARYA, T.K. Material handling and process improvement using lean manufacturing principles. **International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice**. v. 18, n. 7, p. 357-368, 2011.
- AGI, **Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance**, White paper, 2009a, disponível em: www.goldratt.com.
- AGI, **The Enterprise AIRSpeed Journey: Strategic Direction and the Integration of the Theory of Constraints, Lean, and Six Sigma (TOCLSS) to Achieve Focused System Improvement**, (White paper), 2009b, disponível em: www.goldratt.com.
- 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, 2010a.
- AGI, **TIMCO Aviation Services: The Importance of Strategic Alignment for Successful Solutions**, (White paper), 2010b, disponível em: www.goldratt.com.
- AGI, **Corning Display Technologies Supply Chain Success Through Demand Pull**, (White paper), 2010c, disponível em: www.goldratt.com.
- AGI, **Republic Industries International Part I—The Journey Begins**, (White paper), 2010d, disponível em: www.goldratt.com.
- AGI, **Republic Industries International Part II—Understanding Throughput**, (White paper), 2010e, disponível em: www.goldratt.com.
- AGI, **Republic Republic Industries International Part III—Improving Delivery Performance**, (White paper), 2010f, disponível em: www.goldratt.com.
- AHAKCHI, R.; AHAKCHI, R.; YANGJH, B.S.; ALILOU, M. Lean accounting, adaptation tool lean thinking and lean production. **World Applied Sciences Journal**, v. 17, n. 8, p. 1040-1045, 2012.
- AHUJA, I.P.S.; KHAMBA, J.S. Total productive maintenance implementation in a manufacturing organization. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 3, n. 3, p. 360-381, 2008a.

- AHUJA, I.P.S.; KHAMBAN, J.S. Total productive maintenance: Literature review and directions. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 25, n. 7, p. 709-756, 2008b.
- AJOKU, P.N. Combining Lean initiatives with Theory Of Constraints in distributed product design chain management. **International Journal of Electronic Business Management**, v. 5, n. 2, p. 81-92, 2007.
- AKBULUT-BAILEY, A. Y.; MOTWANI, J.; SMEDLEY, E. M. When Lean and Six Sigma converge: a case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an aerospace company. **International Journal Technology Management**, v. 57, n. 1/2/3, p.18-32, 2012.
- ALI, A.; SANTINI, n. ; RAHMAN, M.A. Kanban supplier system as a standardization method and WIP reduction. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 11, n. 1-2, p. 179-188, 2012.
- ALMEIDA, R.L.R. **Proposta de um modelo de integração das abordagens Seis Sigma e Teoria das Restrições: um estudo de caso**. 2007. 105p. Dissertação de mestrado. Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Barbara d'Oeste.
- ALMEIDA, G.V.; SOUZA, F.B.; BAPTISTA, H.R. Toyota e TOC: uma comparação com base em seus princípios fundamentais. **Anais SIMPOI**, 2010.
- AL-TAHAT, M.D.; AL-REFAIE, A.; AL-DWAIRI, A.F. Performance evaluation and analysis of a JIT-Kanban production system with sampling inspection. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**. v. 11, n. 3, p. 225-249, 2012.
- ALVAREZ, R.R.; ANTUNES JR, J.A. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão e Produção**, v. 8, n. 1 São Carlos. 2001.
- ÁLVAREZ, R.; CALVO, R.; PEÑA, M.M.; DOMINGO, R.. Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 43, n. 9-10, p. 949-958, 2009.
- ANDERSON, J.S.; MORGAN, J.N.; WILLIAMS, S.K. Using Toyota's A3 Thinking for Analyzing MBA Business Cases. **Decision Sciences Journal of Innovative Education**, v. 9, n. 2, p. 275-285, 2011.
- ANTONY, J. Reflective Practice: Six Sigma vs Lean, some perspectives from leading academics and practioners. **International Journal of Productivity and Performance Management**. v. 60, n.2, p. 185-190, 2011.
- ANTONY, J.; BANUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. **Measuring Business Excellence**, v. 6, n. 4, p. 20 – 27, 2002.
- ARNHEITER, E.D.; MALEYEFF, J.The integration of lean management and Six Sigma, **The TQM Magazine**, v. 17 n. 1, p. 5 – 18, 2005.
- ARUMUGAM, V.; ANTONY, J.; DOUGLAS, A. Observation: A Lean tool for improving the effectiveness of Lean Six Sigma. **TQM Journal**, v. 24, n. 3, p. 275-287, 2012.
- ATMACA, E.; GIRENES, S.S. Lean Six Sigma methodology and application. **Quality and Quantity**, v. 47, n. 4, p. 2107-2127, 2013.

- ASSARLIND, M.; GREMYR, I.; BACKMAN, K. Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 30, n. 4, p.387-402, 2013.
- BALSAN, K. Integrate asset Technologies. **InTech**, Vol.53, n. 4, p. 58-59, 2006.
- BARUA, M.K.; CHAPORKAR, P.; NAGARAJAN, S.; MALAIRAJAN, R.A. Application of Toyota production system for cycle time reduction of Eaton line: A case study. **International Journal of Electronic Customer Relationship Management**, v. 4, n. 4, p.415-426, 2010.
- BAPTISTA, H. R. Turning operational excellence into a sustainable and Decisive Competitive Advantage: a proposed model. In: LEADER, A. H. (Org.). **TOC for production management**. Stantetova, Eslovênia: Impress, p. 221-244, 2010.
- BARCAUI, A. B.; QUELHAS, O. Corrente Crítica: Uma alternativa à gerência de projetos tradicional. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, n. 2, p. 1, 2004.
- BARNARD, A. Continuous improvement and auditing. In: COX III, J. F., SCHLEIER, J. G. (Org.). **Theory of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- BASS, I.; LAWTON, B. **Lean Six sigma: Using Sigma XL and Minitab**. New York: MC Graw Hill, 2009.
- BENDELL, T. . A review and comparison of six sigma and the lean organisations, **The TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 255- 262, 2006.
- BENNEYAN, J. The design, selection, and performance of statistical control charts for healthcare process improvement. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 4, n. 3, p. 209-239, 2008.
- BERGLAND, S.; BERGLAND, D. Creating Perfect Harmony - How to solve the discords of TOC and LSS, **TOCICO Conference**, 2009.
- BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D.N. Métodos de Pesquisa na Engenharia de Produção. **Anais XVIII ENEGEP**, Niterói, 1998.
- BHAMU, J.; KUMAR, J.V.S.; SANGWAN, K.S. Productivity and quality improvement through value stream mapping: A case study of Indian automotive industry. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v.10, n. 3, p. 288-306, 2012.
- BHASIN, S. Performance of Lean in large organizations. **Journal of Manufacturing Systems**. v. 31, n. 3, p. 349-357, 2012.
- BOADEN, R. Quality improvement: Theory and practice. **British Journal of Health Care Management**. v.15, n. 1, , p. 12-16, 2009.
- BOURNIGAL, R.; DANIELS, S. Application of Lean, Six Sigma, and TOC on the Boeing Production System. (Conference Paper). **IIE Annual Conference and Exposition**, 2005.
- BOZDOGAN, K. Towards An Integration Of The Lean Enterprise System, Total Quality Management, Six Sigma And Related Enterprise Process Improvement Methods. In: **MIT - Massachusetts Institute of Technology, Encyclopedia of Aerospace Engineering**, Cambridge: John Wiley & Sons, 2010.

- BRAAKSMA, A.J.J.; MEESTERS, A.J.; KLINGENBERG, W.; HICKS, C. A quantitative method for Failure Mode and Effects Analysis. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 23, p. 6904-6917, 2012.
- BRUNET, A. P.; NEW, S. Kaizen in Japan: An empirical study. **International Journal of Operations and Production Management**. v. 23, n. 11-12, p. 1426-1446, 2003.
- CALEGARE, A. J. A. **Introdução ao delineamento de experimentos**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2001.
- CALIA, R. C.; GUERRINI, F. M. Waste reduction and capacity protection: A case study of combining Lean Manufacturing with Theory Of Constraints. In: **EurOMA**, 2005, Budapest. Operations and Global Competitiveness. Budapest : Krisztina Demeter, 2005.
- CAMARGO, P.R. **Implementação de técnicas da Teoria das Restrições e da Mentalidade Enxuta: Estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2012, 75 p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Taubaté, Taubaté.
- CELANO, G.; COSTA, A.; FICHERO, S.; TRINGALI, G. Linking Six Sigma to simulation: A new roadmap to improve the quality of patient care. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 25, n. 4, p. 254-273, 2012.
- CHAKHUNASHVILI, A.; BERGMAN, B. In weak statistical control?. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 3, n. 1, p. 91-102, 2007.
- CHAKRAVORTY, S.S; SHAH, A.D. Lean Six Sigma (LSS): An implementation experience. **European Journal of Industrial Engineering**, v. 6, n. 1, p. 118-137, 2012.
- CHAUDHARI , C.V.; MUKHOPADHYAY, S.K. Application of Theory of Constraints in an integrated poultry industry. **International Journal of Production Research**. v. 41, n. 4, p. 799-817, 2003.
- CHANG, H.; HUANG, C.; TORNG, C. The Construction of Production Improvement Model for Aerospace Manufacturing Suppliers. **Key Engineering Materials**, v. 443, p.748-753, 2010.
- CHEN, C.-C. Integration of quality function deployment and process management in the semiconductor industry. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 6, p. 1469-1484, 2009.
- CHEN, S.C.; CHANG, L.; HUANG, T.H. Applying six-sigma methodology in the Kano quality model: An example of the stationery industry. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 20, n. 2, p.153-170, 2009.
- CHEN, J.C.; KIRBY, E.D. Comparing classical DOE and Taguchi parameter design in a learning environment. **Journal of Engineering Technology**, v. 27, n. 2, p. 42-52, 2010.
- CHEN, L.; MENG, B. How to make 5S as a culture in Chinese enterprises. (Conference Paper) **Proceedings of the International Conference on Information Management**, Innovation Management and Industrial Engineering, v. 3, p. 221-224, 2008.

- CHEN, T.; ZHOU, G.; XU, C. Research on project scheduling problem integrated with critical chain method. **International Review on Computers and Software**. v. 7, n. 4, p. 1576-1583, 2012.
- CHIARINI, A. Lean production: Mistakes and limitations of accounting systems inside the SME sector. **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 23, n. 5, p. 681-700, 2012.
- COLE, H.E.; GARANT, P.C.; DILLE, D. **Practical Integration of TOC, Lean and Six Sigma to Achieve Breakthrough Business Performance**. (White paper), AGI Goldratt Institute, 2010, disponível em: www.goldratt.com.
- COLEMAN, B.J.; VAGHEFI, M.R. Heijunka: a key to the Toyota production system. **Production and Inventory Management Journal**, v. 35, n. 4, p. 31-35, 1994.
- COOK, D.P. A simulation comparison of traditional, JIT, and TOC manufacturing systems in a flow shop with bottlenecks. **Production and Inventory Management Journal**, v. 35, n. 1; p. 73-79, 1994.
- CORBETT, T. **Bússola Financeira: O processo decisório da Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel, 2005.
- CORREA, S.M.B.B. **Probabilidade e Estatística**. Minas Gerais: PUCMINAS, 2003.
- COX, J.F.; SPENCER, M.S. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- CREASY, T. Pyramid Power: Get bottom-line results by combining LSS and the Theory Of Constraints. **Quality Progress**. v. 42, n. 6, p. 40-46, 2009.
- CURTIS, R. D.; **A Comparison of Business Improvement Methodologies: Are They Converging Towards One Universal Approach?**. 2006, 97 P. Master of Science Thesis. The University of Nottingham. United Kingdom.
- CUTLER, T.R. Changing how we change. **Be Americas**, v.2, Nov. 2012.
- DALCI, I.; KOSAN, L. Theory of Constraints Thinking-Process Tools Facilitate Goal Achievement for Hotel Management: A Case Study of Improving Customer Satisfaction. **Journal of Hospitality Marketing and Management**. v. 21, n. 5, p. 541-568, 2012.
- DANOVARO, E.; JANES, A.; SUCCI, G. Jidoka in software development. (Conference Paper) **Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications – OOPSLA**, 2008, p. 827-830.
- DEIF, A.M. Dynamic analysis of a lean cell under uncertainty. **International Journal of Production Research**. v. 50, n. 4, p. 1127-1139, 2012.
- DE MAST, J.; KEMPER, B.; DOES, R.J.M.M.; MANDJES, M.; VAN DER BILL, Y. Process in healthcare: Overall resource efficiency. **International Conference on Management Science & Engineering**, 2011.
- DE MAST, J.; LOKKERBOL, J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International Journal of Production Economics**, v. 139, n. 2, p. 604-614, 2012.

- DEROS, B.M.; JUN, T.; RAHMAN, M.n. A. Benchmarking technique in lean manufacturing (5S) practice. **Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)**. v. 59, n. 2, p. 111-114, 2012.
- DETTMER, H. W. **Beyond Lean manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for higher performance**. Port Angeles, US. 2001.
- DUANMU, J.; TAAFFE, K. Production capabilities using takt times, requirements analysis and simulation. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**. v. 10, n. 2, p. 197-216, 2012.
- DUBIN, R. **Theory Development**. New York: Free Press. 1978
- EHIE, I., SHEU, C. Integrating Six-Sigma and theory of constraints for continuous improvement: A case study. (Conference Paper) **Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute**, 2003.
- 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.
- ESFANDYARI, A.; OSMAN, M.R.; ISMAIL, N.; TAHRIRI, F. Application of value stream mapping using simulation to decrease production lead time: A Malaysian manufacturing case. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 8, n. 2, , p. 230-250, 2011.
- ETIENNE, E.C. Taguchi quality specification categories and the computation of Six-Sigma metrics: Analytical and service industry anomalies and their managerial implications. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 6, n. 4, p. 243-255, 2011.
- FERGUSON, L.A. An Analysis of JIT using the Theory of Constraints (TOC). (Conference Paper), **Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute**, 2002.
- FERGUSON, L. Applications of Strategy and Tactics Trees in Organizations. In: COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. (Org.) **Theory Of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- FLEISCHER, J.; ENDER, T.; ZAH, M.F.; OSTGATHE, M. Theory of constraints and lean manufacturing - A case study from a low cost country. **ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb**, v. 102, n. 6, p. 361-365, 2007.
- FERRIN, D.M; MUTHLER, D; MILLER, M.J. Six sigma and simulation, so what's the correlation?. (Conference Paper), **Winter Simulation Conference Proceedings**, v. 2, p.1439-1443, 2002.
- FIRKA. D. Statistical, technical and sociological dimensions of design of experiments. **TQM Journal**, v. 23, n. 4, p. 435-445, 2011.
- FLEURY, A. Planejamento do Projeto de Pesquisa e Definição do Modelo Teórico, In: MIGUEL, P.A.C. (Org) **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- FONSECA, A.; COSTA, A.; DUARTE, W.; LOPES, A.M.; AMARAL, E.; BORGES, V. Gerenciamento da Usina de Beneficiamento sob uma Visão Multidisciplinar. **Revista Mineiros**, EDIÇÃO 316, 20-06-2009.
- FRANK, M. Dr. Eli Goldratt presents viable vision for manufacturers in Los Angeles. **Automotive Industries AI**, v. 187, n. 3, 2007.

- FUTERER, S. L. **Lean Six sigma in service: applications and case studies**. Florida: CRC Press, 2009.
- GALLO, M.; REVETRIA, R.; ROMANO, E. A pull management model for a production cell under variable demand conditions. **International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 519-526, 2012.
- GARCIA, J.L.; RIVERA, D.G.; INIESTA, A.A. Critical success factors for Kaizen implementation in manufacturing industries in Mexico. (Article in press). **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. Pages 1-9, 2013.
- GARZA-REYES, J.A.; ORAIFIGE, I.; SORIANO-MEIER, H.; FORRESTER, P.L; HARMANTO, D. The development of a lean park homes production process using process flow and simulation methods. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 2, p. 178-197, 2012.
- GEORGE, M.L. **Lean Six Sigma: combining Six Sigma with Lean Production Speed**. Blacklick, 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.
- GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-In-Time. **Revista Produção**, vol.5, n.2, p. 169-189, 1995.
- GHOSH, M. A3 Process: A Pragmatic Problem-Solving Technique for Process Improvement in Health Care. **Journal of Health Management**, v. 14, n. 1, p 1-11, 2012.
- GITLOW, H.S. **A guide to Lean Six Sigma Management Skills**, New York: CRC Press, 2009.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GNANAGUR, R.; PUVANESWATI, K.; MALLICK, J.; JEGADHEESAN, C.; SIVAKUMAR, V.M.; DEVADASAN, S.R. Toyota's A3 reports for improving 6-S activities: An aeronautical industry case study. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 10, n. 2, p. 239-254, 2011.
- GOLDRATT, E. M. **A síndrome do palheiro: garimpendo informação em um oceano de dados**. São Paulo: Educator, 1991.
- GOLDRATT, E. M. **Corrente Crítica**. São Paulo: Ed. Nobel, 1997.
- GOLDRATT, E. M. **Visão Viável**. Tradução de Celso Calia, disponível em www.goldrattconsulting.com. Acessado em 03.11.2012, 2005.
- GOLDRATT, E. M., COX, J., **A Meta**. São Paulo: Educator, 1984.
- GOLDRATT, E.M. **The Choice**, Great Barrington: North River Press, 2008.
- GOLDRATT, E.M. Standing on the Shoulders of Giants – Production concepts versus production applications: The Hitachi Tool Engineering example. **Revista Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 333-343, 2009a.

- GOLDRATT, E. M. **The TOC way to an ever flourishing company**. Available in video. Goldratt Webcast Series. Roelofarendsveen, Holanda: Goldratt Marketing Group, 2009b.
- GOLDRATT, E.M. Introduction to TOC – My Perspective. In: COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. (Org.) **Theory Of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- GOLDRATT, E. M. Never Say “I KNOW”, **TOCICO Conference**, 2011.
- GOLDRATT ASSOCIADOS BRASIL. **Casos de sucesso clients Goldratt Associados Brasil**. Disponível em vídeo em www.goldratt.com.br Acessado em 08.07.2013, 2013.
- GOODMANM E. Information analysis: A lean and six sigma case study. **Business Information Review**, v. 29, n. 2, p.105-110, 2012.
- GRASSO, L. P. Barriers to Lean Accounting. **Cost Management**, v. 2, n. 20, p.6-19, 2006.
- GUILD, D. **Theory of Constrains and Lean**. (Unpublish papper) Synchronous Management, p1-4, 2012. Disponível em: www.synchronousmanagement.com
- GUPTA, M.; BOYD, L. Constraints management: What is the theory?, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 4, p. 350 – 371, 2004.
- GUPTA, M.; BOYD, L. Theory Of Constraints: a theory for operations management. **International Journal of Operations & Production Management** v. 28, n. 10, p. 991-1012, 2008.
- GUPTA, A.; BHARDWAJ, A.; KANDA, A. Fundamental Concepts of Theory of Constraints: An Emerging Philosophy. V. 70, p. 687-693, 2010.
- GUSMÃO, S.L.L. **Um modelo conceitual para integração do Just In Time com a Teoria das Restrições em pequenas e médias empresas industriais**. 1998. 133p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GUTIERREZ, S.B. **Gestão de Processos: Sete condutas para alcançar a meta**. 2012, disponível em www.7bg.com.br, acessado em 19 de fevereiro de 2013.
- HAHN, G.J.; DOGANAKSOY, N.; HOERT, R. The evolution of Six Sigma. **Quality Engineering**, v. 12 n. 3, p. 317-326, 2000.
- HALL, N.G. Project management: Recent developments and research opportunities. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**. v. 21, n. 2, p. 129-143, 2012.
- HARNDEN, P.D. **Integrating Lean Six Sigma and AIRSpeed within the NAVAIR 4.1 Organizational Improvement Efforts**. (White Papper), High Performance Org., 36 p., 2004, Disponível em: www.highperformanceorg-media.precis5.com, acessado em 25.05.2013.
- HARRIS, R.; HARRIS, C.; WILSON, E. **Fazendo fluir os materiais**. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, Maio 2004.
- HEIN, K. Creating continous improvemet synergy with lean and toc. Quality Congress. **ASQ's. Annual Quality Congress Proceedings**. 1999.

- HEKMATPANA, M. The application of cause and effect diagram in Sepahan Oil Company. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 78, p.537-541, 2011.
- HEMMONDHAROP, P. **A comparative study of JIT and TOC system with varying constraint locations and operational characteristics**. 2002, Ph.D. Thesis, 123 p., University of Missouri – Rolla.
- HERRON, C.; BRAIDEN, P. M.; Defining the foundation of lean manufacturing in the context of its origins (Japan). **IET International Conference on Agile Manufacturing, ICAM 2007**; Durham; United Kingdom; 2007a.
- HERRON, C.; BRAIDEN, P. M.; Defining the foundation of lean manufacturing in the context of its origins (Japan). **International Journal of Agile Manufacturing**. v. 10, n. 2, p. 89-101, 2007b.
- 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.
- HICKEY, P.; DA CRUZ, M.; SEAVER, S., **Benchmarking Lean Manufacturing and the Theory of Constraints Implementations** (White Papper) Bearing Point, Inc., 5 Agosto, 2003, disponível em: www.public.navy.mil.
- HILTON, R.J.; SOHAL, A. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 29, n. 1, p.54-70, 2012.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean: a guide to implementation**. Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000. Disponível em: www.leanenterprise.org.uk Acesso em 08.05.11.
- HOFFA, D.W.; LAUX, C. Gauge R&R: An effective methodology for determining the adequacy of a new measurement system for micron-level metrology. **Journal of Industrial Technology**, v. 23, n. 4, 2007.
- HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n.2, p. 420-437, 2007.
- HORN, G.S.; COOK, R.L. Heijunka transportation measure: Development and application. **Production and Inventory Management Journal**, v. 38, n. 4, p. 32-38, 1997.
- HUANG, C.-C.; KUSIAK, A. Overview of Kanban systems. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 9, n. 3, p. 169-189, 1996.
- HUNTZINGER, J.R. **Lean Cost Management: Accounting for Lean by establishing flow**. Fort Lauderdale : J. Ross Publishing, 2007.
- HUSBY, P. Competition or Complement - Six Sigma and TOC. **Material Handling Management**. v. 62, n. 10; p. 51-55, 2007.
- IAROSINSKI, A.; LEITE, M.S. A abordagem sistêmica na pesquisa em Engenharia de Produção, **Revista Produção**, v.20, n.1, p.1-14, 2010.
- IMAI, M. **KAIZEN: A chave do sucesso competitivo japonês**. São Paulo: IMAM, 1992.

INOZU, B. Injection TOC with Lean Six Sigma into Process Improvement Healthcare, **TOCICO Conference**, 2010.

INOZU, B. **Continuous Process Improvement in Higher Education: Achieving Excellence through a Systems Perspective Utilizing Lean, Six Sigma, and Theory of Constraints**. (Unpublish paper) NOVACES, p1-13, 2012a. Disponível em: www.fe.co.za, acessado em 25.05.2013.

INOZU, B. **Introducing System CPI: An integrated roadmap to deploy and manage process improvement initiatives**. (Unpublish paper) NOVACES, p1-6, 2012b. Disponível em: www.novaces.com, acessado em 25.05.2013.

INOZU, B. **The top 12 reasons to integrate Constraints Management (TOC) into Lean Six Sigma as a force multiplier**. (Unpublish paper) NOVACES, p1-4, 2012b. Disponível em: www.novaces.com, acessado em 25.05.2013.

INOZU, B.; NICCOLAI, M. J.; WHITCOMB, C. A.; MACCLAREN, B.; RADOVIC, I.; BOURG, D. New horizons for shipbuilding process improvement. 2005 SNAME Maritime Technology **Conference and Expo and Ship Production Symposium**, 2005, 16p.

IOANNIS, D.; THEODOROS, L.; NIKITAS, n. . Application of FMEA to an offshore desalination plant under variable environmental conditions. **International Journal of Performability Engineering**, v. 9, n. 1, p. 97-108, 2013.

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.

JAFAR, E.; MEJOS, T.N.; YANG, C. **Process Improvement at the Aircraft Intermediate Maintenance Detachment (AIMD) at Naval Air Station Whidbey Island**. 2006. MBA Professional Report. Naval Postgraduate School, Monterey, California.

JIMÉNEZ, E; TEJEDA, A.; PÉREZ, M.; BLANCO, J.; MARTÍNEZ, E. Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 7, p. 1890-1904, 2012.

JIN, K.; RAZZAK, H. A.; ELKASSABGI, Y.; ZHOU, H.; HERRERA, A. Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement. **World Academy Science, Engineering and Technology**, n.49, p.550-554, 2009.

JOHNSON, C.D.; MIRANDA, R.; AAKRE, K.T.; ROBERTS, C.C.; PATEL, M.D.; KRECKE, K.N. Process improvement: What is it, why is it important, and how is it done?. **American Journal of Roentgenology**, v. 194, n. 2, p. 461-468, 2010.

JULIEN, F.; CHERFI, Z.; GUYOT, J-P. Innovative use of process control in short-run production. (Conference Paper), **International Journal of Agile Manufacturing**, v. 9, n. 2, p. 53-58, 2006.

KASEMSET, C. A Review on Quality Improvement and Theory of Constraints (TOC). Proceedings of the 2011 IEEE ICQR - **Quality and Reliability**, 2011.

- KELLER, P.A. Recent trends in six sigma. **Annual Quality Congress Transactions** 2001.
- KENDALL, G. Theory Of Constraints Strategy. In: COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. (Org.) **Theory Of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- KENNEDY, F.A.; WIDENER, S.K. A control framework: Insights from evidence on lean accounting. **Management Accounting Research**, v. 19, n. 4, p. 301-323, 2008.
- KIM, S.; MABIN, V.J.; DAVIES, J. The theory of constraints thinking processes: Retrospect and prospect. **International Journal of Operations and Production Management**. v. 28, n. 2, p. 155-184, 2008.
- KNAGGS, C.; POLLARD, S.; WANG, W-L. Applying theory of constraints in administrative process: An experiment from the U.S. government. **International Conference on Management Science and Engineering - Annual Conference Proceedings** , 2012.
- KOHL, K. Comparing the Toyota Way and the Theory of Constraints, **TOCICO Conference**, 2012.
- KOŠTURIK, K.; DEBNÁR, R. Continuous Innovation Process and Knowledge Management, In: SHI, Y.; OLSON, D.L.; STAM, A. **Advances in Multiple Criteria Decision Making and Human Systems Management: Knowledge and Wisdom**. Netherlands : IOS Press, 2007.
- KOZIOLEK, S.; RUSINSKI, E.; JAMROZIAK, K. Critical to quality factors of engineering design process of armoured vehicles, (Conference Paper), **Diffusion and Defect Data Pt.B: Solid State Phenomena**, v. 165, p. 280-284, 2010.
- KU, E. K-C. **An Investigation of Theory of Constraints (TOC) and Related Techniques in HealthCare Operations**. 2007, Master Degree Dissertation, 48 p., Nottingham University Business School, UK.
- KUMAR, A.; SHARMA, N. Six sigma DMAIC methodology: A powerful tool for improving business operations, (Conference Paper) **Advanced Materials Research**, v. 488-489, p. 1147-1150, 2012.
- KUMAR, S.; SOSNOSKI, M. Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 58, n. 3, p. 254-273, 2009.
- KUMAR, S.; STEINEBACH, M. Eliminating US hospital medical errors. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 21, n. 5, p. 444-471, 2008.
- KUMAR, S.; STRANGLUND, E.; THOMAS, D. Improved service system design using Six Sigma DMAIC for a major US consumer electronics and appliance retailer. **International Journal of Retail and Distribution Management**, v. 36, n. 12, p. 970-994, 2008.
- LAKSHMAN, D.; KANNAN, M.V.; BHOJRAJ, H. Application of root analysis techniques in spacecraft project management. **Journal of Spacecraft Technology**, v. 20, n. 1, p. 1-12, 2010.
- LANDER, E.; LIKER, J.K. The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. **International Journal of Production Research**. v. 45, n. 16, p. 3681-3698, 2007.
- LAUREANI, A.; ANTONY, J. Standards for Lean Six Sigma certification. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 61, n. 1, p. 110-120, 2011.

- LEA, B-R.; MIN, H. Selection of management accounting systems in Just-In-Time and Theory of Constraints-based manufacturing. **International Journal of Production Research**. v. 41, n. 13, p. 2879-2910, 2003.
- LEE, M.-C.; CHANG, T. Combination of theory of constraints, root cause analysis and Six Sigma for quality improvement framework. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 10, n. 4, p. 447-463, 2012.
- LEE, J-H.; CHANG, J-G.; TSAI, C-H.; LI, R.K. Research on enhancement of TOC Simplified Drum-Buffer-Rope system using novel generic procedures. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 5, p.3747-3754, 2010.
- LI, H-Q.; LU, L. A case study on the application of critical chain scheduling in duration risk control of a new product development. **Journal of Beijing Institute of Technology**. v. 19, n. 1, p. 41-46, 2010.
- LI, J.; BLUMENFELD, D.E. Analysis of Andon type transfer production lines: A quantitative approach. (Conference Paper) **Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation**, v. 2, p. 278-283, 2005.
- LIKER, J.K.; LAMB, T. What is lean ship construction and repair?. **Journal of Ship Production**, v. 18, n. 3, p. 121-142, 2002.
- LIKER, J. K., **O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LINDSAY, C.G.; EDWARDS, S. Using TOC, Lean, and Six Sigma: Using Sigma to Improve Supply Chain to Operations. **CPI - Continuous Process Improvement Symposiums**, 2008.
- LLOBERA, A. G. **Applying Industrial Management Methodologies to Healthcare**. 2012, 85 p. Master of Science Thesis, KTH Industrial Engineering and Management, Stockholm, Sweden.
- MALBOEUF, C. 5S: Clean and lean. **Textile Rental**. v. 94, n. 12, p. 30-32, 2011.
- MABIN, V.J.; DAVIES, J. The TOC Thinking Processes Their Nature and Use—Reflections and Consolidation. In: COX, J.F.; SCHLEIER JR, J.G. (Org.) **Theory Of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- MAHAPATRA, S.S.; MOHANTY, S.R. Lean manufacturing in continuous process industry: An empirical study. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 66, n. 1, p. 19-27, 2007.
- MANHAES, J.C.; CARVALHO, R.A. . Como Superar Resistências à Aceitação e Implementação do Gerenciamento de Projetos por Corrente Crítica: Estudo de Caso de uma Empresa de Energia. In: VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói. **Anais CNEG..**, 2012.
- MANOHARAN, J. **Performance evaluation of JIT and TOC through simulation**. 1997, Master Degree Dissertation, 48 p., University of Louisville, EUA.
- MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

- MARIAPPAN, V.; PRABHU GAONKAR, R.S.; SAKHARDANDE, M., DHAWALIKAR, M. An integrated statistical analysis for process improvement. **International Journal of Systems Assurance Engineering and Management**, v. 3, n. 3, p. 184-193, 2012.
- MARIZ, R.N.; PICCHI, F.A.; GRANJA, A.D.; DE MELO, R.S.S. A review of the standardized work application in construction. (Conference Paper), **Conference of the International Group for Lean Construction 2012**, 10p.
- MARRIS, P. Trois Méthodes d'amélioration valent mieux qu'une. **Usine Nouvelle Magazine**, N° 3281, 18 avril 2012a.
- MARRIS, P. TLS: Renouer avec la croissance en combinant Théorie des Contraintes, Lean et 6 Sigma (Conference Paper) **Conférence Carrefours Logistiques**, Paris Porte de Saint Cloud, 2012b, 76p.
- MARRIS, P. Théorie des Contraintes, Lean et Six Sigma En finir avec les querelles de chapelles. **Conférence ProGection** , 2013a, 39 p.
- MARRIS, P. How to quickly become a much better manufacturer than your competitors? (Conference Paper) **Supply Chain Conference**, Vilnius – Lithuania, 2013b, 48 p.
- MARRIOTT, B.; GARZA-REYES, J.A.; SORIANO-MEIER, H.; ANTONY, J. An integrated methodology to prioritise improvement initiatives in low volume-high integrity product manufacturing organizations. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, n. 2, P 197-217, 2013.
- MARTINS Jr., J.C.M. **Método estruturado para aplicação das técnicas de aumento da capacidade de produção de recursos gargalos em células de manufatura**. 2009. 155p. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos.
- MATZKA, J.; DI MASCOLO, M.; FURMANS, K. Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 23, n. 1, p. 49-60, 2012.
- MASKELL, B.; BAGGALEY, B.; GRASSO, L. **Practical Lean Accounting**. Taylor & Francis, Boca Raton, 2011.
- MCCARTY, T.; BREMER, M.; DANIELS, L.; GUPTA, P. **The Six Sigma Black Belt Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2004.
- MCINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. **International Journal of Production Research**. v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.
- MCCOMAS, M.T.; HARRINGTON, R.J.; OLIVER, D.W. **Analysis of the United States Marine Corps Continuous Process Improvement Program Applied to the Contracting Process at Marine Corps Regional Contracting Office – Southwest**. 2007, 113 p. MBA PROFESSIONAL REPORT. NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL. MONTEREY, CALIFORNIA.
- MEHRA, S.; INMAN, R.A.; TUIE, G. A simulation-based comparison of TOC and traditional accounting performance measures in a process industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 16, n. 3, p. 328-342, 2005.

- MEHTA, M. Developing a manufacturing plant layout utilizing best-in-class concepts of lean manufacturing and theory of constraints of optimal macro-flow. (conference Paper) **American Society for Engineering Education** (ASEE) Conference, 2008.
- MENDENHALL, B. Creating Perfect Harmony - How to solve the discords of TOC and LSS. (Conference Paper) **Velocity World Conference**, 2011.
- MERWE, A.V.D. Debating the principles: asking questions of Lean Accounting. **Cost Management**, n. 22, v. 5, p.29-36, 2008.
- MEYER, F.A. **La révolution ToC Lean Six Sigma dans les services: comprendre, analyser et améliorer la performance de sa relation de service**. France: Lexitis Editions, 2012.
- MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- MIGUEL, P.A.C.; MARTINS, R.; IAROSZINSKI, A.; MELLO, C.H.P.; NAKANO, D.N.; BATISTA, E.D.; MARINS, F.A.S.; MUNIZ, J.; ENSSLIN, L.; LEITE, M.S.; TRZESNIAK, P.; VIANNA, W.B. . Desafios para a Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção. In: OLIVEIRA, V.F.; CAVENAGHI, V.; MÁSCULO, F.S. (Org.). **Tópicos Emergentes e Desafios Metodológicos em Engenharia de Produção: Casos, Experiências e Proposições**. 1a.ed. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2009.
- MIGUEL, P.A.C.; FLEURY, A.; MELLO, C.H.P.; NAKANO, D.N. ; TURRIONI, J.B.; HO, L.L.; MORABITO, R.; MARTINS, R.A.; PUREZA, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MIGHEL, P.A.C.; SATOLO, E.; ANDRIETE, J.M.; CALARGE, F.A. Benchmarking the use of tools and techniques in the Six Sigma programme based on a survey conducted in a developing country. **Benchmarking: An International Journal**. v. 19, n. 6, 2012.
- MIRALLES, C.; HOLT, R.; MARIN-GARCIA, J.A.; CANOS-DAROS, L. Universal design of workplaces through the use of Poka-Yokes: Case study and implications. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 4, n. 3, p. 436-452, 2011.
- MONTEIRO, E.F. Metodologia de pesquisa na Engenharia de Produção e Sistemas. **Revista das Faculdades Santa Cruz**, v. 8, n. 1, ed.14, 2010.
- 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.chesapeake.com/LeanRequest.htm.
- MOSZYNSKI, M.J. Design of experiments for aerospace products, processes and services. **SAE International Journal of Aerospace**, v. 2, n. 1, p. 87-90, 2010.
- MOURA, E.C. The Need to Integrate TOC, Lean, Six Sigma and Management by Processes. 2010. TOCICO Conference.
- MOURA, E.C. Excelência 360°. 2011, disponível em www.qualiplus.com.br, acessado em 21 de junho de 2011.

- MOURA, E.C. Using TOC-TP as a Guide to Integrate Lean, Six Sigma, Process Management and TOC Solutions for Business Improvement. 2012. TOCICO Conference.
- MOURA, R.A. Kanban - **A simplicidade do controle da produção**. São Paulo, IMAM, 1989.
- MUKHOPADHYAY, A.R.; RAY, S. Reduction of yarn packing defects using six sigma methods: A case study. **Quality Engineering**, v. 18, n. 2, p. 189-206, 2006.
- MURATA, K.; KATAYAMA, H. A study on construction of a kaizen case-base and its utilisation: A case of visual management in fabrication and assembly shop-floors. **International Journal of Production Research**. v. 48, n. 24, p. 7265-7287, 2010.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- NAKANO, D.N. Métodos de Pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações, In: MIGUEL, P.A.C. (Org) **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- NARANG, R.; ALBAYYARI, J. Developing product design requirements using Kano model. (Conference Paper), **ASAE Annual Conference and Exposition**, 2009, 8p.
- NARASIMHAN, K. "Voice of the Customer: Capture and Analysis", **The TQM Journal**, v. 21 n. 6, p. 636 – 637, 2009.
- NAVE, D., How to compare Six Sigma, Lean and Theory of Constraints. A framework for choosing what's best for your organization. **Quality Progress Magazine**, p.72-78, Mar., 2002.
- NAVE, D. **Improvement Methodology Integration: A framework For Comparing Six-Sigma, Lean Thinking and Theory of Constraints**. (Unpublish papper), p1-7, 2012. Disponível em: www.davenave.com.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OHUNAKIN, O.S.; LERAMO, R.O. Total productive maintenance implementation in a beverage industry: A case study. **Research Journal of Applied Sciences**, v. 7, n. 2, p. 128-133, 2012.
- OSONO, E.; SHIMIZU, N.; DORTON, J. K.; TAKEUSHI, H. **O Relatório Toyota**, Rio de Janeiro: Ediouro, 2008.
- PACHECO, D.A.J. **Integrando a estratégia de produção com a Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: uma abordagem metodológica**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.
- PANDE, P.; et. al. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.
- PATRICK, F. **TOC and Six Sigma - Better Together**. Unpublish papper, 2012, disponível em: www.focusedperformance.com

- PATTANAIAK, L.N.; SHARMA, B.P. Implementing lean manufacturing with cellular layout: A case study. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 42, n. 7-8, p. 772-779, 2009.
- PATTI, A.L.; WATSON, K. J.; Downtime variability: The impact of duration-frequency on the performance of serial production systems. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 19, p.5831-5841, 2010.
- PEPPER, M.P.J.; SPEDDING, T.A. The evolution of lean Six Sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27 n. 2, p. 138-155, 2010.
- PEREZ-WILSON, M. **Seis Sigma: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1999.
- PETER, O. Extending the technology envelope of equipment fungibility with single minute exchange die (SMED) novel solution. (Conference Paper) **Proceedings of International Electronics Manufacturing Technology**, 2010.
- PHILLIS, R. C. D.; GUMEDE, H. A case study on stoping shift buffering at Impala Platinum: A critical chain project management perspective. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**. v. 111, n. 11, p. 793-799, 2011.
- PINACLE STRATEGIES, **How You Can Increase Production Productivity by 20% in Less than Two Months**, White paper, 2013, disponível em: www.pinnacle-strategies.com
- PIRASTEH, R.M. **Effects of Combined Approach of Theory of Constraints, Lean and Six Sigma on Process Improvement**. 2005, PhD Thesis. USA: Kennedy Western University
- PIRASTEH, R.M. “TLS Continuous Improvement Trio”: Is it not time to think differently, **TOCICO Conference**, 2007.
- PIRASTEH, R.M.; CALIA, C.G. Integration of Lean, Six Sigma & TOC Improves Performance. **IndustryWeek Magazine**. 2010. Disponível em: www.industryweek.com, acessado em 20 de maio 2013.
- PIRASTEH, R.M.; FOX, R.E. **Profitability With no Boundaries: Focus, reduce waste, contain variability, optimize TOC, Lean, Six Sigma Results**. United States of America: ASQ Quality Press, 2010
- PIRASTEH, R.M. ; HORN, S. The many sides of TLS. **APICS Magazine**. p 40-43, May 2009.
- PIRASTEH, R; FARAH, K., Continuous Improvement Trio: The Top Elements of TOC, Lean, and Six Sigma Make Beautiful Music Together. **APICS Magazine**, p.31-36, May, 2006a.
- PIRASTEH, R.; FARAH, K. Squeezing the MOST from Continuous, Key leadership principles make. **APICS Magazine**, p. 28-31, 2006b.
- PIRASTEH, R. M.; Expert knowledge. **Industrial Engineer: IE Proceedings**. v. 43, n. 7, p58-59, 2011.
- PIRASTEH, R. **Which Continuous Process Improvement Method Should I Choose?**. (Unpublish paper) iTLS-ISO, p1-46, 2012. Disponível em: www.iTLS-ISO.com

- PISUCHPEN, R. Integration of JIT flexible manufacturing, assembly and disassembly using a simulation approach. **Assembly Automation**, v. 32, n. 1, p. 51-61, 2012.
- PITCHER, M. **Create A Winning Process Improvement Strategy: How One Service Business Achieved Results**. (Unpublish papper) Operations Excellence, p1-11, 2009. Disponível em: www.excellence1.com, acessado em 25.05.2013.
- POLITO, T.; WATSON, K. Just-in-Time Under Fire: The Five Major Constraints Upon JIT Practices. **Journal of American Academy of Business**, v. 9 n. 1, p8-13, 2006.
- PYZDEK, T.; KELLER, P. **The Six Sigma Handbook: A complete guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels**. New York: MC Graw Hill, 2010.
- QUEIROZ, J. A.; RENTES, A. F. Contabilidade de custos vs. Contabilidade de ganhos: respostas as exigências da produção enxuta. **Revista Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 377-388, 2010.
- QUETSCH, J.L. Patient Safety with Six Sigma, Lean, or Theory of Constraints. **IIE Society for Health System**, 2007.
- RAHARJO, H.; BROMBACHER, A.C.; GOHC, T.N.; BERGMANA, B. On integrating Kano's model dynamics into QFD for multiple product design. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 26, n. 4, p. 351-363, 2010.
- RAISINGHANI, M.S.; ETTE, H.; PIERCE, R.; CANNIN, G.; DARIPALY, P. Six Sigma: concepts, tools, and applications, **Industrial Management & Data Systems**, v. 105 n. 4, p. 491 – 505, 2005.
- RAVICHANDRAN, J. The performance of treatments in single-factor experiments using Six Sigma metrics. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 4, n. 2, p. 114-132, 2008.
- RAVICHANDRAN, J. A review of preliminary test-based statistical methods for the benefit of Six Sigma quality practitioners. **Statistical Papers**, v. 53, n. 3, p. 531-547, 2012.
- RIBEIRO, J.L.D.; CATEN, C.S.T. **Série Monográfica Qualidade: Controle Estatístico de Processo**. Rio Grande do Sul: FEENG/UFRGS, 2012.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute, 1999.
- ROTHER, M.; HARRIS R. **Criando Fluxo Contínuo**. Lean Institute Brasil. São Paulo. 2002.
- ROTONDARO, R.G. et al. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.
- ROWE, P.G. Setting statistical specifications for critical to quality characteristics. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 2, n. 1, p. 89-103, 2006.
- RUTHES, S.; CERETTA, P. S.; SONZA, I. B. Seis Sigma: Melhoria da Qualidade através da redução da variabilidade. **Revista Gestão Industrial**. v. 2, n. 2, p 173-190, 2006.

- RYAN, A.; HUNTERN, K.; CUNNINGHAM, K.; WILLIAMS, J.; O'SHEA, H.; ROONEY, P.; HICKEY, F. STEPS: Lean thinking, theory of constraints and identifying bottlenecks in an emergency department. **Irish Medical Journal**, v. 106, n. 4, 2013.
- SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The integration of Six Sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p. 249-274, 2010.
- SANDERS, J.H.; PAGLIARI, L.R. The macro vs. micro approach to integrating Six Sigma in the supply chain. **International Journal of Value Chain Management**, v. 5, n. 3-4, p. 304-319, 2011.
- SANTOS, D. Beyond six sigma - A control chart for tracking defects per billion opportunities (dpbo). **International Journal of Industrial Engineering**, v. 16, n. 3, p. 227-233, 2009.
- SARKAR, S.A., MUKHOPADHYAY, A.R., GHOSH, S.K. Root cause analysis, Lean Six Sigma and test of hypothesis. **TQM Journal**, v. 25, n. 2, p. 170-185, 2013.
- SATOLO, E.G. et. al. Análise da utilização de técnicas e ferramentas no programa Seis Sigma a partir de um levantamento tipo survey. **Revista Produção**, v. 19, n. 2, p. 400-416, 2009.
- SATSANGI, P.S.; KUMAR, S.; PRAJAPATI, D.R. A six sigma methodology for reducing casting defects in foundry operations. **International Journal of Technology, Knowledge and Society**, v. 8, n. 4, p. 163-176, 2013
- SAURIN, T.A.; MARODIN, G.A.; RIBEIRO, J.L.D. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. **International Journal of Production Research**. v. 49, n. 11, p. 3211-3230, 2011.
- SAWYER, B.; MUÑOZ, J.; CURRY, J. Successful use of simulation as a tool in a lean six sigma program. **Pharmaceutical Engineering**, v. 30, n. 3, p. 66-76, 2010.
- SCHRAGENHEIM, E., DETTMER, H.W., PATTERSON, J. W. **Supply Chain Management at Warp Speed: Integrating the system from end to end**. Flórida: CRC Press, Boca Raton, 2009.
- SCHRAGENHEIM, E.; DETTMER, H.W. **Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance**. Boca Raton: St. Lucie Press, 2001.
- SCHRAGENHEIM, E.; DETTMER, H. W.; PATTERSON, J. W. **Drum-Buffer-Rope: Simplified Approach (S-DBR)**. Encyclopedia of Supply Chain Management. Taylor and Francis: New York, 2012.
- SCHRAGENHEIM, A. Supply Chain Management. In: COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. (Org.) **Theory Of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010a.
- SCHRAGENHEIM, E. Managing Make-to-Stock and the Concept of Make-to-Availability, In: COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. (Org.) **Theory Of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010b.
- SCHRAGENHEIM, E.; DETTMER, H.W. Constraints and JIT Not necessarily cutthroat ENEMIES. **APICS Magazine**, p. 57-60, 2001.
- SCHROEDER, R.G.; LINDERMAN, K.; LIEDTKE, C.; CHOO, A.S. Six Sigma: Definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, v. 26, p.536-554, 2008.

- SCHWAIN, K.D. **Priorization and Integration of Lean Initiatives with Theory Of Constraints**. 1998. Master Degree Dissertation, 44p. Iowa State University, Iowa
- SEELUANGSAWAT, R.; BOHEZ, E.L.J. Integration of JIT flexible manufacturing, assembly and disassembly system using Petri net approach. **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 15, n. 7, p. 700-714, 2004.
- SELVAN, T.A.; JEGADHEESAN, C.; ASHOKA, VARTHANAN, P.; SENTHILKUMAR, K.M. A Novel FMEA approach for ranking mould designs in foundries. **Life Science Journal**, v. 10, n. 2, p. 51-60, 2013.
- SETIJONO, D. DisPMO and DePMO as six sigma-based forward-looking quality performance measures. **TQM Journal**, v. 20, n. 6, p. 588-598, 2008.
- SHEN, L.J.; CHUA, D.K.H. Key constraint analysis: Achieve lean processes with the application of TOC, (Conference Paper). Construction Research Congress 2005: **Broadening Perspectives - Proceedings of the Congress**, 2005, Pages 95-104.
- SHANMUGARAJA, M.; NATARAJ, M.; GUNSEKARAN, n. . Quality and productivity improvement using Six Sigma and Taguchi methods. **International Journal of Business Excellence**, v. 4, n. 5, p. 544-572, 2011.
- SHARDA, B.; BURY, S.J. Evaluating production improvement opportunities in a chemical plant: A case study using discrete event simulation. **Journal of Simulation**, v. 6, n. 2, p. 81-91, 2012.
- SHEWCHUK, J.P. Worker allocation in lean U-shaped production lines. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 13, p. 3485-3502, 2008.
- SHINGO, S. **Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1986.
- SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma revolução nos Sistemas Produtivos**. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SHIROSE, K. **TPM: new implementation program in fabrication and assembly industries**. Tokyo: JIPM, 1996.
- SILVA, A.L.C.. **Introdução à análise de dados**. Rio de Janeiro: E-papers, 2009
- SILVA, E.L.; MENEZES, E.M.;. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4.ed. rev.atual., Florianópolis: UFSC, 2005.
- SINGH, K.; AHUJA, I.P.S. Transfusion of Total Quality Management and Total Productive Maintenance: A literature review. **International Journal of Technology, Policy and Management**, v. 12, n. 4, p. 275-311, 2012.

- SINGH, B.; GARG, S.K.; SHARMA, S.K. Value stream mapping: Literature review and implications for Indian industry. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 53, n. 5-8, p. 799-809, 2011.
- SINGH, B.J.; KHANDUJA, D. SMED: For quick changeovers in foundry SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**. v. 59, n. 1, p. 98-116, 2010.
- SINGH, B.J.; KHANDUJA, D. Does analysis matter in Six Sigma? A case study. **International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies**, v. 3, n. 3, p. 300-324, 2011.
- SINGH, B.J.; KHANDUJA, D. Essentials of D-phase to secure the competitive advantage through Six Sigma. **International Journal of Business Excellence**, v. 5, n. 1-2, p. 35-51, 2012.
- SMALLEY, A. **Criando o sistema puxado nivelado**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.
- SMITH, M.; PRETORIUS, P. Application of the TOC thinking processes to challenging assumptions of profit and cost centre performance measurement. **International Journal of Production Research**. v. 41, n. 4, p. 819-828, 2003.
- SNEE, R.D. Lean Six Sigma - getting better all the time, **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1 n. 1, p. 9 – 29, 2010.
- SOBEK II, SMALLEY, D. **Entendendo o pensamento A3: um componente crítico do PDCA da Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- SONI, A. **Four Ways to Combine Six Sigma With Theory of Constraints (TOC)**, White paper, 2011, disponível em: www.processexcellencenetwork.com.
- SOUZA, A.M. et. al. **Introdução a projetos de experimentos: caderno didático**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002.
- SOUZA, F.B. Do OPT à Teoria das Restrições: avanços e mitos. **Revista Produção**, v. 15, n.2, p. 184-197, 2005.
- SOUZA, F.B. **Proposta de um modelo conceitual de gestão de demanda sob a perspectiva da teoria das restrições**. Tese de livre docência: Bauru, UNESP, 2011.
- SOUZA, F.B.; BAPTISTA, H.R. Proposta de avanço para o método Tambor-Pulmão-Corda Simplificado aplicado em ambientes de produção sob encomenda. **Revista Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 735-746, 2010.
- SPECTOR, R.E. How constraints management enhances Lean and Six sigma. **Supply Chain Management Review**. p. 42-46, 2006.
- SPROULL, B. **Maximizing Profits Through the Integration of Lean, Six Sigma and Theory of Constraints**. (Unpublish papper) Process Excellence Network, 2009a. Disponível em: www.processexcellencenetwork.com, acessado em 25.05.2013.
- SPROULL, B. To focus improvement efforts Find the "Leverage Point". **Foundry Management & Technology**, nº137, p.39-40, 2009b.

- 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. Maximizing Profits by Integrating Lean, Six Sigma, and the Theory Of Constraints. **The Quality Managemt Forum**, Quality Management Division ASQ's. p. 1-7, 2012a.
- SPROULL, B. Epiphanized: Integrating TOC, Lean, Six Sigma. **Continuous Process Improvement Symposiums**, Weber State, 2012b.
- SRINIVASAN, M.M. Integrating Lean Manufacturing and the Theory of Constraints. 2006. **Assembly Magazine**, 2006.
- SRINIVASAN, M.M.; JONES, D.; MILLER, A. Applying theory of constraints principles and lean thinking at the marine corps maintenance center. **Defense Acquisition Review Journal**, p.134-145, 2004.
- STARBIRD, D. Business excellence: Six Sigma as a management system, (Conference Paper), **ASQ Annual Quality Congress Proceedings**, p. 47-55, 2002.
- STONE, K. B.Four decades of Lean: a systematic literature review, **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3 n. 2, p. 112 – 132, 2012.
- SUFFIAN, M.D.M.; IBRAHIM, S. Adopting Six Sigma in formulating a defect prediction model for system testing. **International Journal of Digital Content Technology and its Applications**, v. 6, n. 21, p. 60-76, 2012.
- SUGAI, M.; MCINTOSH, R.I.; NOVASKI, O. Shingo's methodology (SMED): Critical evaluation and case Study. **Revista Gestão e Produção**, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.
- TAGHIZADEGAN, S. **Essentials of Lean Six Sigma**. Burlington: Elsevier, 2006.
- TAJ, S.: BERRO, L. Application of constrained management and lean manufacturing in developing best practices for productivity improvement in auto-assembly plant. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 55, n°3, p. 322-345, 2006.
- TAYAL, S.P. Just in time manufacturing. **International Journal of Applied Engineering Research**. v. 7, n. 11, p. 1663-1666, 2012.
- TAYLOR, L.J.; CHURCHWELL, L. Goldratt's thinking process applied to the budget constraints of a Texas MHMR facility. **Journal of health and human services administration**. v. 26, n. 4, p. 416-437, 2004.
- THOMPSON, S. W. "Lean, TOC or Six Sigma: Wich Tune Should a Company Dance To? Lean Directions, **Society of Manufacturing Engineers**, 2003.
- TINHAM, B. IT drives Toyota's lean improvement. **Manufacturing Computer Solutions**, v. 11, n. 3, p. 45, 2005.
- TOMMELEIN, I.D. 'Poka yoke' or quality by mistake proofing design and construction systems. (Conference Paper) **Proceedings of Conference of the International Group for Lean Construction**, p.195-205, 2008,

- TONDER, R.V. **Critical evaluation of the Theory of Constraints Lean Six Sigma continuous improvement management approach**. 2011. Master of Science Thesis, Potchefstroom Campus of the North-West University, South Africa.
- TOYOTA MOTOR CORPORATION. **Sustainability Report**. 2009, disponível em www.toyota.com, acessado em 21 de junho 2011.
- TOYOTA DO BRASIL, **Relatório de Sustentabilidade**. 2010, disponível em www.toyota.com.br, acessado em 21 de junho 2011.
- TOYOTA. **Human Resources Development**. Disponível em: www.toyota.co.jp/en/environmental Acessado em Março, 2013a.
- TOYOTA. **Relations with employess**. Disponível em: www.toyota-global.com/sustainability Acessado em Março, 2013b.
- ULUTAS, B. An application of SMED methodology. **World Academy of Science, Engineering and Technology**. v. 79, p. 100-103. 2011.
- UMBLE, E. J.; UMBLE, M. Integrating the Theory of Constraints into Supply Chain Management. **Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute**. p. 479-484, 2002.
- UMBLE, M.; UMBLE, E.; MURAKAMI, S. Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: The case of Hitachi Tool. Engineering. **International Journal of Production Research**. v. 44, n. 10, p. 1863-1880, 2006.
- VICINI, L. **Análise Multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, 2005.
- VILLARREAL, B.; SANCHEZ, T.; SILLER, M.; ONOFRE, J. Reducing Order Cycle Time Through a TOC-Lean Approach: A Case Study. (Conference Papper) **IIE Annual Solutions Conference**, 2010, México.
- VOTTO, R.G. **Produção Enxuta e Teoria das Restrições: Proposta de um método para implantação conjunta na indústria de bens de capital sob encomenda**. 2012, 271 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- WADHWA, G. Viable Vision for Health Care Systems. In: COX, J. F.; SCHLEIER JR, J. G. (Org.) **Theory Of Constraints Handbook**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- WAIGAONKAR, S.D.; BABU, B.J.C.; RAJPUT, A. Six Sigma DOE approach: A case study of rotational moulding process. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 6, n. 4, p. 256-277, 2011.
- WARD. A. Lean thinking and appropriate IT - Plus KPIs. **Manufacturing Computer Solutions** v. 11, n. 1, p. 48-51, 2005.
- 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.

- WEBSTER, J.; WATSON, R.T. Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. **MIS Quarterly**, v. 26, n°. 2, p. 13-23, 2002.
- WERKEMA, M.C.C. **Criando a cultura seis sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- WEISZFLOG, W. **Michaelis Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 2004.
- WHETTEN, D.A. What Constitute a Theoretical Contribution? **Academy of Management Review**. v. 14, n°4, p.490-495, 1989.
- WHETTEN, D.A. O que constitui uma contribuição teórica? **RAE - Revista de Administração de Empresas**. v.43, n.3, p.69-73, 2003.
- WIRJODIRDJO, U.E.P.B. Business Process Improvement in Commercial Ship Division of PT.X: A Theory of Constraints Thinking Process Approach. **Jurnal Teknik Pomits**. v. 2, n. 1, p. 171-176, 2013.
- WOEPPEL, M. **How to double your botton line with TLS**, White paper, 2009, disponível em: www.pinnacle-strategies.com
- WOMACK, J. P.; JONES D. T., ROOS D., **The Machine that change the world**. 1.ed. New York : Rawson Associates, 1990.
- WOMACK, J. P.; JONES D. T., **A mentalidade enxuta nas empresas, Lean Thinking; Elimine o desperdício e crie riqueza**. 6.ed. Petrópolis: Vozes, 1996.
- WU, S.; WANG, S.; BLOS, M. F.; WEE, H. M. Can the big 3 overtake Toyota? - A study based on the Theory Of Constraints. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**. v. 6, No. 2, p. 145–157, 2007.
- YIN, R.K. **Estudo de caso - planejamento e métodos**. 2.ed., Porto Alegre; Bookman, 1994.
- XIANGYUAN, S. Identifying the Critical Chain in the Critical Chain Project Management. **Future Computing, Communication, Control and Management Lecture Notes in Electrical Engineering**. v. 144, pp 387-393, 2012.
- ZAHORA, J.; ZAHORA, J. The PECO Journey: Tackling-Grasping Sustaining Velocity. **Continuous Process Improvement Symposium**, 2009.
- ZHAO, Z. Y.; YOU, W. Y.; ZUO, J. Application of innovative critical chain method for project planning and control under resource constraints and uncertainty. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 136, n. 9, p. 1056-1060, 2010.
- ZYLSTRA, K.D. **Lean And TOC: Leverage The Best Of Both**. , (White paper), 2002, Profit-Chain disponível em: www.profit-chain.com

ANEXOS

APÊNDICE A: Questionário para os autores dos modelos de integração



Prezado(a) Sr(a).

Estamos realizando uma pesquisa de mestrado sobre “Integração da Teoria das Restrições, Lean e Seis Sigma”, desenvolvida na UNESP – Faculdade de Engenharia de Bauru.

Essa pesquisa visa explorar os detalhes da integração, o processo de implantação, e a utilização deste método integrado. Assim, esta pesquisa de estudo torna-se importante para geração de conhecimento, seja no âmbito acadêmico ou empresarial.

Neste sentido, vimos solicitar sua valiosa colaboração para o preenchimento de algumas questões, conforme anexo.

Queremos ressaltar que se trata de uma pesquisa acadêmica e que, portanto, será mantido o anonimato dos participantes e de empresas.

Cordialmente,

Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza

Professor da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP

Grupo de Pesquisa de Gestão Estratégica de Produção e Sistemas

Eng. Luciano Itio Okimura

1. Caracterização do entrevistado

- 1.1 Qual é o seu nome?
- 1.2 Qual é o seu email?
- 1.3 Em qual empresa trabalha?
- 1.4 Há quanto tempo trabalha com integração TLS?

2. A integração TLS

- 2.1 Que resultados são esperados com a implantação do sistema TLS? Por que razão eles seriam superiores àqueles obtidos por meio de implantações individuais de TOC, Lean e Seis Sigma?
- 2.2 De quantos projetos de implantação de TLS participou seguindo seu método de integração e implantação? Que empresas são estas?
- 2.3 Na sua visão, o sistema TLS pode ser aplicado em empresas de qualquer tipo de setor e porte?
- 2.4 Você concorda com a afirmação que a adoção do TLS não está ocorrendo na mesma velocidade do que os sistemas isolados? Comente.
- 2.5 Quais os requisitos a empresa deve ter para implantar o sistema TLS segundo seu método de integração? Quantidade de SKUs, perfis de demanda, estratégias de produção (MTS, MTO etc.) podem interferir no desempenho alcançado?
- 2.6 Você acredita haver potenciais conflitos entre as abordagens TOC, Lean e Seis Sigma? Que conflitos seriam estes? Como eles são gerenciados pelo seu método de integração?
- 2.7 Para a utilização do método de integração TLS é necessário que as empresas ou pessoas dominem as áreas de conhecimento envolvidas (TOC, LP ou SS)? Comente.

APÊNDICE B: Questionário para empresas de consultoria que realizam implantação de modelos de integração



Prezado(a) Sr(a).

Estamos realizando uma pesquisa de mestrado sobre “Integração da Teoria das Restrições, Lean e Seis Sigma”, desenvolvida na UNESP – Faculdade de Engenharia de Bauru.

Essa pesquisa visa explorar os detalhes da integração, o processo de implantação, e a utilização deste método integrado. Assim, esta pesquisa de estudo torna-se importante para geração de conhecimento, seja no âmbito acadêmico ou empresarial.

Neste sentido, vimos solicitar sua valiosa colaboração para o preenchimento de algumas questões, conforme anexo.

Queremos ressaltar que se trata de uma pesquisa acadêmica e que, portanto, será mantido o anonimato dos participantes e de empresas.

Cordialmente,

Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza

Professor da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP

Eng. Luciano Itio Okimura

Mestrando em Engenharia de Produção – UNESP

1. Caracterização do entrevistado

- 1.1 Qual seu nome?
- 1.2 Qual seu email?
- 1.3 Em qual empresa você trabalha?
- 1.4 Com qual modelo de Integração TLS você trabalha?
- 1.5 Há quanto tempo trabalha com integração TLS?

2. O processo de implantação da Integração TLS

- 2.1 Como se dá o processo de implantação do sistema TLS?
- 2.2 Quanto tempo demora um processo de implantação?
- 2.3 Como deve ser formada e composta a equipe de implantação?
- 2.4 Como é realizado o treinamento da equipe?
- 2.5 Quais as principais dificuldades que são encontradas no processo de implantação?
- 2.6 Como é o processo de mudança cultural? As pessoas têm muita resistência a essa mudança?
- 2.7 Nas empresas onde foram implantadas o sistema TLS, qual sistema de gestão (TOC, Lean, Seis Sigma ou outro) era adotado até então?
- 2.8 Dos três elementos da TLS, qual é o mais difícil de ser implantado ou aceito pela empresa: TOC, Lean, ou Seis Sigma? Por quê?
- 2.9 Em quantas empresas já foram implantados o sistema TLS por meio de sua empresa?
- 2.10 Que resultados são esperados com a implantação do sistema TLS? Por que razão eles seriam superiores àqueles obtidos por meio de implantações individuais de TOC, Lean e Seis Sigma?
- 2.11 Você acredita haver potenciais conflitos entre as abordagens TOC, Lean e Seis Sigma? Que conflitos seriam estes? Como eles são gerenciados?

APÊNDICE C: Questionário para empresas praticantes da Integração TLS



Prezado(a) Sr(a).

Estamos realizando uma pesquisa de mestrado sobre “Integração da Teoria das Restrições, Lean e Seis Sigma”, desenvolvida na UNESP – Faculdade de Engenharia de Bauru.

Essa pesquisa visa explorar os detalhes da integração, o processo de implantação, e a utilização deste método integrado. Assim, esta pesquisa de estudo torna-se importante para geração de conhecimento, seja no âmbito acadêmico ou empresarial.

Neste sentido, vimos solicitar sua valiosa colaboração para o preenchimento de algumas questões, conforme anexo.

Queremos ressaltar que se trata de uma pesquisa acadêmica e que, portanto, será mantido o anonimato dos participantes e de empresas.

Cordialmente,

Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza

Professor da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP

Eng. Luciano Itio Okimura

Mestrando em Engenharia de Produção – UNESP

1. Caracterização do entrevistado

- 1.1 Qual seu nome?
- 1.2 Qual seu email?
- 1.3 Em qual empresa trabalha? Em qual setor trabalha?
- 1.4 Qual é o seu cargo?
- 1.5 Há quanto tempo trabalha nesta empresa?
- 1.6 Qual foi o seu papel na implantação do sistema TLS?
 - () Patrocinador (Sponsor)
 - () Gerente/Coordenador de implantação do Projeto
 - () Membro da equipe de implantação

2. Caracterização da empresa

- 2.1 Quantos funcionários a empresa possui?
- 2.2 De que forma a empresa interage com o mercado?
 - () MTS: Make To Stock (Manufatura Para Estoque)
 - () MTO: Make To Order (Manufatura Por Pedido)
 - () ATO: Assembly To Order (Montar por Pedido)
 - () ETO: Engineer to Order (Projetos sob Pedidos)

3. Caracterização das premissas de implantação

- 3.1 Antes da implantação da integração TLS, qual abordagem a empresa mais utilizava?
 - () TOC
 - () Manufatura Enxuta
 - () Seis Sigma
 - () Outro (especificar):
- 3.2 Por que a empresa decidiu adotar o sistema TLS? Quais foram as motivações?
- 3.3 Houve requisitos necessários para a implantação do sistema TLS? Se sim, quais eram eles?

4. Caracterização do método de implantação

- 4.1 Foi seguido algum modelo formal de integração TLS (Excelência 360[®], iTLS[®], UIC[®], TOCLSS[®], 7BG[®] ou outro)?
- 4.2 Foi seguido algum processo formal de gerenciamento de mudança? Comente.
- 4.3 Como foi a aceitação das pessoas com relação à decisão da implantação?
- 4.4 Quanto tempo durou o processo de implantação?

4.5 Em sua opinião, qual é o nível de conhecimento atual da equipe em relação aos três sistemas (TOC, Lean e Seis Sigma)?

Conhecimento em TOC

Baixo

Médio

Alto

Conhecimento em Lean

Baixo

Médio

Alto

Conhecimento em Seis Sigma

Baixo

Médio

Alto

5. Caracterização da integração das metodologias

5.1 Quais ferramentas e técnicas abaixo a empresa passou a usar mais consistentemente após a implantação do TLS?

Tambor Pulmão Corda

Tambor Pulmão Corda Simplificado

Corrente Crítica

Gerenciamento do Pulmão

Contabilidade de Ganhos

Processo de raciocínio

Árvore de Estratégias e Táticas

Projetos de Visão Viável

5 Passos de Focalização

Outras (especificar):

Fluxo contínuo

Kanban

Andon

kaizen

Genchi Genbutsu

Jidoka

Just In Time

Heijunka

5S

SMED – Redução de Setup

Tempo takt

Trabalho padronizado

Layout Celular

Balanceamento de Trabalho

- Mapeamento de Fluxo de Valor
- Manutenção Produtiva Total
- Redução dos Sete desperdícios
- Contabilidade Lean
- Poka yoke
- 5 Por quê
- A3
- Outras (especificar):

- DMAIC
- DOE
- Simulação
- Teste de hipótese
- Controle Estatístico do Processo
- CTQ
- Voice Of Customer
- Business Case
- Mapa de Raciocínio
- Project Charter
- DPMO
- Matriz de Causa e Efeito
- FMEA
- ANOVA
- Análise de Regressão
- Análise Multivariada
- Outras (especificar):

- 5.2 Você acredita haver potenciais conflitos entre as abordagens TOC, Manufatura Enxuta e Seis Sigma? Que conflitos seriam estes? Como eles são gerenciados?
- 5.3 Quais foram os principais resultados obtidos até o momento com a integração?
- 5.4 Houve impactos negativos com a implantação?
- Sim. Quais?
 - Não.

APÊNDICE D: Tradução do questionário para os autores dos modelos de integração



Dear Sirs,

We are conducting a research on "Integrating Theory of Constraints, Lean and Six Sigma ", developed at UNESP - São Paulo State University.

This research aims to explore the details of the integration, implementation process, and use of this integrated method. Thus, this research study is important for the generation of knowledge, whether in the academic or corporate environment.

Therefore, we would like to request your valuable contribution by answering the questionnaire that is attached.

We want to emphasize that this is an academic research and for that reason it will be maintained the anonymity of participants and companies.

Sincerely,

Professor Fernando Bernardi de Souza
São Paulo State University - UNESP

Eng. Luciano Itio Okimura
Masters Student in Production Engineering – UNESP

1. Basic information

- 1.1 What's your name?
- 1.2 What's your e-mail?
- 1.3 In Which company do you work?
- 1.4 How long have you been working with TLS (TOC, Lean and Six Sigma) integration?

2. TLS Integration

- 2.1 What are the expected results with the implementation of TLS system? Why would they be superior to those obtained by individual implementations of TOC, Lean or Six Sigma?
- 2.2 How many projects of TLS implementations have you taken part in by following your methodology of implementation and integration? Which Companies are these?
- 2.3 In your point of view, can the TLS system be applied to companies of any kind of size or type?
- 2.4 Do you agree with the statement that says that TLS adoption is not occurring at the same speed as the others which use a "single methodology" (Lean or TOC or SS)? Please, comment.
- 2.5 What requirements must a company meet in order to implement the system according to your TLS methodology? Number of SKUs, demand profiles, production strategies (MTS, MTO etc.) that can interfere in the performance achieved?
- 2.6 Do you believe that there might be potential conflicts between the approaches of TOC, Lean and Six Sigma? What would these conflicts be? How are they managed by your integration methodology?
- 2.7 For the use of TLS methodology, it is necessary for companies or people to master all the areas of knowledge involved (TOC, Lean or SS). Please, comment.

APÊNDICE E: Tradução do questionário para empresas de consultoria que realizam implantação de modelos de integração



Dear Sirs,

We are conducting a research on "Integrating Theory of Constraints, Lean and Six Sigma ", developed at UNESP - São Paulo State University.

This research aims to explore the details of the integration, implementation process, and use of this integrated method. Thus, this research study is important for the generation of knowledge, whether in the academic or corporate environment.

Therefore, we would like to request your valuable contribution by answering the questionnaire that is attached.

We want to emphasize that this is an academic research and for that reason it will be maintained the anonymity of participants and companies.

Sincerely,

Professor Fernando Bernardi de Souza
São Paulo State University - UNESP

Eng. Luciano Itio Okimura
Masters Student in Production Engineering – UNESP

1. Basic Information

- 1.1 What's your name?
- 1.2 What's your e-mail?
- 1.3 In Which company do you work?
- 1.4 Which TLS Integration method do you work with?
- 1.5 How long have you been working with TLS (TOC, Lean and Six Sigma) integration?

2. The process of implementing the TLS Integration

- 2.1 How is the implementation process of TLS system performed?
- 2.2 How long does the implementation process take?
- 2.3 How must the implementation team be formed?
- 2.4 How is the team training performed?
- 2.5 What are the main difficulties encountered in the implementation process?
- 2.6 How is the process of culture change? Do people have a lot of resistance to this change?
- 2.7 In companies where the TLS system was implemented, which management system (TOC, Lean, Six Sigma or other) had been frequently adopted until then?
- 2.8 Of the three elements of the TLS, which is the most difficult to be implemented or accepted by the company: TOC, Lean or Six Sigma? Why?
- 2.9 How many companies have implemented the TLS system through your company?
- 2.10 Which results are expected with the implementation of the TLS system? Why would they be superior to those obtained by individual implementation of TOC, Lean and Six Sigma?
- 2.11 Do you believe there are potential conflicts between the approaches of TOC, Lean and Six Sigma? What would these conflicts be? How are they managed?

APÊNDICE F: Tradução do questionário para empresas praticantes da Integração TLS



Dear Sirs,

We are conducting a research on "Integrating Theory of Constraints, Lean and Six Sigma ", developed at UNESP - São Paulo State University.

This research aims to explore the details of the integration, implementation process, and use of this integrated method. Thus, this research study is important for the generation of knowledge, whether in the academic or corporate environment.

Therefore, we would like to request your valuable contribution by answering the questionnaire that is attached.

We want to emphasize that this is an academic research and for that reason it will be maintained the anonymity of participants and companies.

Sincerely,

Professor Fernando Bernardi de Souza

São Paulo State University - UNESP

Eng. Luciano Itio Okimura

Masters Student in Production Engineering – UNESP

1. Basic Information

- 1.1 What's your name?
- 1.2 What's your e-mail?
- 1.3 In Which company do you work? In wich department?
- 1.4 What's your occupation?
- 1.5 How long have you been working in this company?
- 1.6 What role did you play in the execution of the TLS?
 - () Sponsor
 - () Project Manager
 - () Member of the execution team

2. Enterprise Information

- 2.1 How many employees does the company have?
- 2.2 How does the company interact with the market?
 - () MTS: Make To Stock
 - () MTO: Make To Order
 - () ATO: Assembly To Order
 - () ETO: Engineer to Order

3. Characterization of the execution premises

- 3.1 Before the execution of the TLS system, which system did the company use more?
 - () TOC
 - () Lean Production
 - () Six Sigma
 - () Other (specify):
- 3.2 Why did the company decide to adopt the TLS system? What were the motivations?
- 3.3 Were there requirements for the execution of the TLS? If yes, what were they? Were they followed?

4. Characterization of execution method

- 4.1 Did the company follow any formal TLS integration model (Excellence 360°, iTLS, UIC, TOCLSS or others)? How is this evidenced by?
- 4.2 Did the company follow any formal process of change management? Please comment.
- 4.3 How was the decision to execute accepted by the people in the company? How was their response to it?
- 4.4 How long did the implementation process take?

4.5 In your opinion, what is the current level of knowledge of the team for the three systems (TOC, Lean and Six Sigma)?

TOC knowledge

- Low
- Medium
- High

Lean knowledge

- Low
- Medium
- High

Sigma Six Sigma knowledge

- Low
- Medium
- High

5. Characterization of integrating methodologies

5.1 Which of the tools and techniques below did the company start to use more consistently after the implementation of TLS?

- Drum Buffer Rope
- Simplified Drum Buffer Rope
- Critical Chain
- Buffer Management
- Throughput Accounting
- Thinking Process
- Strategies and Tactics Tree
- Viable Vision Projects
- The Five Focusing Steps
- Others (specify):

- Streaming
- Kanban
- Andon
- kaizen
- Genchi Genbutsu
- Jidoka
- Just In Time
- Heijunka
- 5S
- SMED
- Takt time
- Standardized work
- Cellular Layout

- Work Balanced
- Value Stream Mapping
- Total Productive Maintenance
- 7 waste reduction
- Lean Accounting
- Poka yoke
- 5 Why
- A3 Report
- Others (specify):

- DMAIC
- DOE
- Simulation
- Hypothesis test
- Statistical Process Control
- CTQ
- Voice Of Customer
- Business Case
- Process Roadpmap
- Project Charter
- DPMO
- Cause and Effect Matrix
- FMEA
- ANOVA
- Regression Analysis
- Multivariate Analysis
- Others(specify):

5.2 Do you believe that there might be potential conflicts between the approaches of TOC, Lean and Six Sigma? What would these conflicts be? How are they managed?

5.3 What were the main results obtained so far with the integration?

5.4 Were there negative impacts with the implementation?

- Yes, which one?
- No.

APÊNDICE G: Proposta de questionário para especialistas em TOC, Lean ou Seis Sigma

- 1 Você acredita que se ao utilizar os três métodos de forma integrada, é possível que os resultados obtidos sejam superiores àqueles obtidos por meio de implantações individuais de TOC, Lean e Seis Sigma? Comente.
- 2 Na sua visão é possível que a Integração TLS possa ser aplicada em empresas de qualquer tipo de setor e porte?
- 3 Você acredita haver potenciais conflitos entre as abordagens TOC, Lean e Seis Sigma? Que conflitos seriam estes?
- 4 Para a utilização dos três métodos de forma integrada, qual sua opinião de como deve ser o nível de conhecimento e grau de maturidade da empresa e das pessoas?
- 5 Em sua opinião qual o método mais utilizado pelas empresas, TOC, Lean ou Seis Sigma?
- 6 Dos três elementos da TLS, qual é o mais difícil de ser implantado ou aceito pela empresa: TOC, Lean, ou Seis Sigma? Por quê?
- 7 Você acredita haver impactos negativos com a utilização dos três métodos de forma integrada.
- 8 Do ponto de vista teórico e prático é possível que as empresas tenham aderência na utilização dos métodos TOC, Lean e Seis Sigma de forma integrada
- 9 Você acredita que é possível que seja realizada de forma sinérgica a Integração TLS?