

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

DIEGO AUGUSTO DE JESUS PACHECO

**INTEGRANDO A ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO COM A TEORIA DAS
RESTRICÇÕES, *LEAN MANUFACTURING* E SEIS SIGMA: UMA ABORDAGEM
METODOLÓGICA**

SÃO LEOPOLDO

2012

P116i Pacheco, Diego Augusto de Jesus.

Integrando a Estratégia de Produção com a Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: uma abordagem metodológica / Diego Augusto de Jesus Pacheco. – 2012.

300 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2012.

"Orientador: Prof.Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior."

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

DIEGO AUGUSTO DE JESUS PACHECO

INTEGRANDO A ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO COM A TEORIA DAS
RESTRIÇÕES, *LEAN MANUFACTURING* E SEIS SIGMA: UMA ABORDAGEM
METODOLÓGICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof.Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior

SÃO LEOPOLDO
2012

DIEGO AUGUSTO DE JESUS PACHECO

INTEGRANDO A ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO COM A TEORIA DAS
RESTRICÇÕES, *LEAN MANUFACTURING* E SEIS SIGMA: UMA ABORDAGEM
METODOLÓGICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em: 11/6/2012

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Prof. Dr. Adriano Proença – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Visto e permitida à impressão
São Leopoldo, 21/6/2012.

Prof. Dra. Miriam Borchardt
Coordenadora Executiva do PPG em
Engenharia de Produção e Sistemas.

Dedico essa jornada à minha família, aos filhos que um dia terei, aos homens de bem que crêem em Deus e aos que acreditam na força do Rio Grande e no futuro da pátria amada Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que guia desde sempre meus caminhos e me inspira a melhorar continuamente o homem que sou. Ao meu pai Auro, um mecânico de manutenção de origem simples que me ensinou o valor do trabalho, da educação e, sobretudo da verdade. À minha mãe Almerinda, que veio da lavoura em busca de vida melhor na cidade, e que me mostrou os caminhos da fé, da educação e dos bons costumes. À minhas sobrinhas Camila e Estela, e meus afilhados Mateus e Andrei, aos quais desejo que tenham a força que sempre tive e se motivem a avançarem nos estudos assim como eu. À minha irmã Carem e cunhado Everton, por se importarem e oferecer conforto nos momentos necessários nesses últimos anos de mestrado. Aos meus avós paternos Dorzília dos olhos azuis e cabelos brancos de neve (*in memoriam*) e Octalívio (*in memoriam*) por fazerem parte da minha infância em Gravataí, ainda que rapidamente. Aos meus avós maternos Santa Zilda (*in memoriam*) e Antônio (*in memoriam*), por cuidarem desse guri arteiro nas férias em Camaquã. E ao meu bisavô materno e caboclo guerreiro Manuel Joaquim de Jesus (*in memoriam*) por servir à República Riograndense ao lado do General Zeca Neto nos tempos da guerra.

Agradeço a todos os colegas de graduação e, sobretudo do mestrado, pois juntos dividimos boas discussões, amizades, dúvidas, pesquisas, artigos e churrascos. Esse convívio possibilitou desafiar meus próprios limites e sonhar mais alto. Fernando Elemar, Elenise Rocha, Paula, Poper, Kern, Dupont, Débora, Luciane, Liziane Menezes, André Martins, Gustavo Diestmann, Tati Librelato, Dieter Goldmeyer, Charles, Márcio Leonel, Auad, Tito, André Santos, Diehl, Martins, Demartini, Rosângela, Macáliston, etc.

Agradeço às funcionárias Aninha, Cláudia e Antônia pela assistência sempre que necessário. Aos professores parceiros de jornada. Ao professor Gian e à professora Miriam pela objetividade e exemplo de conduta. Ao professor Guilherme Vaccaro pelas conversas, conselhos e ajudas estatísticas. Ao professor Celso Mattos do PPGA pela decisiva contribuição quando eu mais precisei. Ao professor Luis Henrique, que é capaz nos ensinar, até quando nós humildemente apenas o observamos ou dele lembramos em pensamento, um educador inspirador nato. Ao professor Daniel Lacerda pelo rigor e alta exigência que nos passa, tão necessárias para lapidar bons pesquisadores. Ao professor Miguel Sellitto por estar sempre disposto a nos ajudar e incentivar nosso crescimento. Ao professor Cassel, que com sua visão estratégica nos inspira. Ao Secundino e à Maria Isabel pelo convívio e atenção nas aulas em que juntos estivemos. Aos meus amigos da Faccat: Prof. Jung, exímio pesquisador, de ideais fundamentais à Engenharia de Produção brasileira. Ao Eduardo, Mendgen, Karina, Jarbas, Ivan, Frederico pela companhia e convívio construtivo.

Em especial ao meu orientador Junico Antunes, de coração simples, bondade infinita, objetividade ímpar e uma inteligência invejável. Com ele aprendo muito e gostaria de aprender mais e não perder o contato contigo e demais professores do PPGEPS.

Aos amigos pessoais, de infância e colegas de trabalho que direta ou indiretamente contribuíram: Cláudio Batista, Beto, Moisés, Saimon, Anderson Dresch, Eduardo Silveira, Marcelo Oliveira, Varreira, Ranieri, Paulo Ramos, Caio, Zank, Ricardo Costa, Piazza, Gleysson, Arcival, Rafael, Cantareli, Faleiro, Luis Nunes, Núbia, Ferri, Marcos Nobre, Bruna, Thiago Menezes, Hommer, Thais, Karen, Klippelzão, Seidel, Ariel, Panta, Hilgert, Cléo, Douglas Veit, Felipe Menezes, Pizzatto, Ivan DePellegrin, Marcelo Klippel, Mari, Otaviano Talgatti, Priscila Inácio, Priscila Paraboni, Renato de Boer, Rodrigo Pinto.

Todos vocês aqui citados, do ponto de vista sistêmico, foram importantes de alguma forma na minha caminhada. Peço desculpas se esqueci de alguém. E a todos vocês, de coração e mente, meu muito obrigado!

RESUMO

A literatura de estratégia de produção que discute o tema da melhoria contínua operacional é ampla e repleta de divergências e convergências entre os autores. Tais conflitos estão geralmente pautados em torno da seguinte questão discussão: qual abordagem de melhoria ou qual combinação de abordagens gera melhor impacto na competitividade organizacional? Da mesma maneira que há esse conflito, observa-se também a falta de modelos isentos de viés e das lacunas dessa ou daquela abordagem e que tenham como foco uma visão sistêmica de negócio, a partir da estratégia de produção e das dimensões competitivas exigidas pelo mercado. Autores como Hayes et al. (2008) afirmam que o fracasso das melhores práticas ou NAOs (*New Approaches to Operations*) pode ser explicado pela falta de alinhamento entre a estratégia de negócios e de produção da empresa. Faz-se necessário ponderar que, os procedimentos metodológicos que contribuem para o rigor da investigação científica no campo da Gestão de Operações e da Engenharia de Produção, via de regra, não estão suficientemente presentes no desenvolvimento e na estrutura dos modelos disponíveis na literatura. Nesse sentido, visando preencher principalmente as lacunas supracitadas, o objetivo principal dessa pesquisa foi propor um modelo integrando a estratégia de produção e a priorização da melhoria contínua, a partir das dimensões competitivas. O modelo sugerido discutiu, a integração das abordagens: Teoria das Restrições (GOLDRATT, 1984), *Lean Manufacturing* (WOMACK et al., 2004) e Seis Sigma (MONTGOMERY, 2010) dentro do contexto da estratégia de produção, a partir das Unidades Estratégicas de Negócios (UENs). Visando realizar a discussão, a presente pesquisa adotou o seguinte delineamento de pesquisa: a revisão sistemática da literatura; a validação com especialistas de aspectos relevantes à pesquisa; a combinação de elementos qualitativos e quantitativos de coleta e análise de dados; e por fim adotou a lógica do *Design Research* (SIMON, 1969) como método de investigação condutor do estudo. Os resultados da pesquisa permitiram apresentar um modelo, que a partir da estratégia de produção das UENs, integra a Teoria das Restrições, o *Lean* e o Seis Sigma, sugerindo uma lógica de priorização das suas práticas de acordo com as dimensões competitivas exigidas pelo mercado.

Palavras-chave: Competitividade organizacional. Estratégia de produção. Dimensões competitivas. Teoria das restrições. *Lean Manufacturing*. Seis sigma.

ABSTRACT

The manufacturing strategy literature that discusses the theme of continuous improvement operating is wide and full of differences and similarities between the authors. This conflict is usually guided around the following question: which approach for improvement or which combination of approaches leads better impact on organizational competitiveness? Likewise there is this conflict, there is also a lack of models bias-free and shortcomings of this or that approach and that focused on a systems view of business, from production strategy and competitive dimensions required by the market. Authors such as Hayes et al. (2008) argue that the failure of best practices or NAOs (New Approaches to Operations) can be explained by the lack of alignment between business strategy and production strategy. It is necessary to consider that the methodological procedures that contribute to the rigor of scientific research in the field of Operations Management and Production Engineering, as a rule, are not sufficiently present in the development and structure of the models available in the literature. In this sense, aimed mainly filling the gaps mentioned above, the main objective of this research was to propose a model integrating production strategy and prioritization of continuous improvement, based on the competitive dimensions. The suggested model discussed the integration of approaches: Theory of Constraints (GOLDRATT, 1984), Lean Manufacturing (WOMACK et al., 2004) and Six Sigma (MONTGOMERY, 2010) within the context of manufacturing strategy, from the Strategic Units Business (SBUs). Aiming to make the discussion, this research adopted the following research design: a systematic literature review; validation with experts from relevant aspects to the study; the combination of both qualitative and quantitative data collection and analysis; and finally adopted Design Research (SIMON, 1969) as method of conducting the research study. The results of this research allowed to present a model, that from the production strategy of the SBU, integrated the Theory of Constraints, Lean and Six Sigma, suggesting a logic for prioritizing their practices according to the competitive dimensions required by the market.

Keywords: *Organizational competitiveness. Production strategy. Competitive dimensions. Theory of constraints. Lean Manufacturing. Six sigma.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenvolvimento histórico da Gestão de Operações.....	19
Figura 2 – Framework de Estratégia de Produção	27
Figura 3 – Evolução histórica da Gestão de Operações	43
Figura 4 – Os três níveis da Estratégia Competitiva <i>top down</i>	44
Figura 5 – Estratégias Funcionais segundo Klippel (2005)	45
Figura 6 – Diferença entre conteúdo e processo da estratégia de produção	48
Figura 7 – Matriz de Importância e Desempenho.....	49
Figura 8 – Definições gerais da TOC	66
Figura 9 – Indicadores da TOC	68
Figura 10 – Mecanismo da Função Produção (MFP).....	72
Figura 11 – Os 4Ps e os 14 princípios <i>Lean</i>	74
Figura 12 – Modelo integrando TOC e <i>Lean</i> de Antunes (1998).....	103
Figura 13 – Modelo integrando TOC e <i>Lean</i> de Gusmão (1998)	104
Figura 14 – Modelo integrando TOC e <i>Lean</i> de Dettmer (2001)	105
Figura 15 – Modelo integrando TOC e Seis Sigma de Ehie e Sheu (2005)	107
Figura 16 – Modelo integrando TOC e Seis Sigma de Jin et al. (2009)	109
Figura 17 – Modelo integrando <i>Lean</i> e Seis Sigma de Pepper e Spedding (2010).112	
Figura 18 – Modelo integrando <i>Lean</i> e Seis Sigma de Snee (2010).....	113
Figura 19 – Modelo integrando <i>Lean</i> e Seis Sigma de Salah, Rahim e Carretero (2010).....	114
Figura 20 – Modelo integrando <i>Lean</i> e Seis Sigma de Chen e Lyu (2009)	116
Figura 21 – Ferramentas <i>Lean</i> SeisSigma do modelo de Chen e Lyu (2009).....	118
Figura 22 – Modelo integrando <i>Lean</i> e Seis Sigma de Thomas et al. (2009).....	119
Figura 23 – Modelo integrando TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma do <i>Goldratt Institute</i> (2010)	121
Figura 24 – Modelo integrando TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma de Sproull (2010).....	123
Figura 25 – Ferramentas e ações para o modelo de Sproull (2010)	125
Figura 26 – Modelo integrando TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma de Pirasteh e Fox (2010)	126
Figura 27 – Modelo de geração e acúmulo de conhecimento	138
Figura 28 – Etapas do <i>design research</i>	138
Figura 29 – Etapas do método hipotético-dedutivo	141

Figura 30 - Método de trabalho	144
Figura 31 – Etapas do procedimento de revisão da literatura	147
Figura 32 – Síntese da análise quantitativa dos dados	156
Figura 33 – Conclusão parcial: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x Dimensões competitivas	176
Figura 34 – Modelo de estratégia de produção com TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma.....	198
Figura 35 – Matriz para divisão das UENs	199
Figura 36 – Matriz FCA das UENs	200
Figura 37 – Matriz de importância x desempenho do estado atual por UEN	211
Figura 38 – Matriz de importância x desempenho do estado futuro por UEN	212
Figura 39 – Representação polar da UEN: estado atual x futuro	212
Figura 40 – Análise de capacidade x demanda.....	217
Figura 41 – Conexão entre os diagramas do PP da TOC	219
Figura 42 – Proposições finais da pesquisa.....	230

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação de autores e abordagens de melhoria contínua	21
Quadro 2 – Síntese da delimitação da pesquisa	34
Quadro 3 – Questões de análise da relevância de uma contribuição teórica.....	38
Quadro 4 – As 8 regras para uma definição conceitual formal.....	39
Quadro 5 – Virtudes para a construção de teoria em Gestão de Operações	40
Quadro 6 – Síntese das definições conceituais formais seguidas nessa dissertação	41
Quadro 7 – Evolução das definições de Estratégia de Produção.....	47
Quadro 8 – Categorias de decisão.....	49
Quadro 9 – Julgamento da matriz importância x desempenho	50
Quadro 10 – Objetivos e subobjetivos competitivos.....	53
Quadro 11 – Matriz de impacto: objetivos de desempenho x categorias de decisões	54
Quadro 12 – Síntese das dimensões competitivas	56
Quadro 13 – Forças e fraquezas entre TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma.	89
Quadro 14 – Análise crítica comparativa entre TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma	90
Quadro 15 – Análise crítica: critérios para construção de modelos e sua validade em Gestão de Operações	130
Quadro 16 – Definições quanto à natureza, abordagem e objetivos da pesquisa científica	135
Quadro 17 – Método científico x método de investigação x encaminhamentos da dissertação	143
Quadro 18 – Critérios de busca para abordar falhas em TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma	148
Quadro 19 – Critérios de busca para abordar fatores de sucesso em TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma	148
Quadro 20 – Critérios de busca para abordar integração entre abordagens	148
Quadro 21 – Base de dados usadas	148
Quadro 22 – Síntese do delineamento da pesquisa.....	156
Quadro 23 – Práticas <i>Lean</i> segundo Pettersen (2009)	157
Quadro 24 – Especialistas para validação das práticas	158
Quadro 25 – Validação com especialistas <i>Lean</i>	159
Quadro 26 – Práticas Seis Sigma segundo Mehrjerdi (2011)	160

Quadro 27 – Validação com especialistas Seis Sigma	160
Quadro 28 – Práticas TOC segundo Inman et al. (2008)	161
Quadro 29 – Validação com especialistas TOC	161
Quadro 30 – Questionário de pesquisa aos clientes da UEN	203
Quadro 31 – Possíveis decisões estratégicas às categorias de decisão	204
Quadro 32 – Medidores das dimensões competitivas	205
Quadro 33 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (práticas TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma)	207
Quadro 34 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (TOC)	208
Quadro 35 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (<i>Lean</i>)	209
Quadro 36 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (Seis Sigma)	210
Quadro 37 – Indicadores da TOC	213
Quadro 38 – Critérios de tomada de decisão	214
Quadro 39 – Classificação IVAT	216
Quadro 40 – Diagramas do Processo de Pensamento da TOC	218
Quadro 41 – Avaliação do modelo proposto	225
Quadro 42 – Síntese de atendimento aos objetivos específicos	228

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala Sigma	77
Tabela 2 – Síntese da revisão bibliográfica.....	149
Tabela 3 – Publicações específicas sobre TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma.....	150
Tabela 4 – Síntese do resultado do <i>survey</i>	162
Tabela 5 – Análise de confiabilidade dos especialistas TOC	163
Tabela 6 – Análise de confiabilidade dos especialistas <i>Lean</i>	164
Tabela 7 – Análise de confiabilidade dos especialistas Seis Sigma.....	164
Tabela 8 – Análise dos especialistas TOC	165
Tabela 9 – Análise dos especialistas TOC.....	167
Tabela 10 – Síntese: prioridades das práticas TOC x dimensão competitiva	168
Tabela 11 – Análise dos especialistas <i>Lean</i>	170
Tabela 12 – Análise dos especialistas <i>Lean</i>	171
Tabela 13 – Síntese: prioridades das práticas <i>Lean</i> x dimensão competitiva	172
Tabela 14 – Análise dos especialistas Seis Sigma	173
Tabela 15 – Análise dos especialistas Seis Sigma	174
Tabela 16 – Síntese: prioridades das práticas Seis Sigma x dimensão competitiva	175
Tabela 17 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigmas x dimensão Qualidade	177
Tabela 18 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Qualidade	178
Tabela 19 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Qualidade.....	179
Tabela 20 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Qualidade.....	180
Tabela 21 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Velocidade	181
Tabela 22 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Velocidade	182
Tabela 23 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Velocidade	183
Tabela 24 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Velocidade.....	184

Tabela 25 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Entrega	185
Tabela 26 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Entrega	186
Tabela 27 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Entrega	187
Tabela 28 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Entrega.....	188
Tabela 29 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Flexibilidade	189
Tabela 30 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Flexibilidade	190
Tabela 31 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Flexibilidade	191
Tabela 32 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Flexibilidade	191
Tabela 33 - Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Custos	192
Tabela 34 – Análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Custos.....	193
Tabela 35 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma x dimensão Custos.....	194
Tabela 36 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Custos	194

LISTA DE SIGLAS

BSC: *Balance Score Card*

CCR's: Recursos com Capacidade Restrita (*Capacity Constraints Resources*)

CEP: Controle Estatístico de Processo

CI: *Continuous Improvement*

DOE: *Design Of Experiments*

DPMO: Defeitos Por Milhão de Oportunidades

DR: *Design Research*

JIT: *Just in time*

KPI: Entradas chaves do Processo (*Key Process Input*)

LSS: Lean Seis Sigma

MSA: Análise do Sistema de Medição

OEE: Índice de Eficiência Global (*Overall Equipment Efficiency*)

PDCA: Planejar, Executar, Controlar, Certificar (*Plan, Do, Check, Act*)

PPM: Partes por Milhão

QFD: Desenvolvimento da Função Qualidade (*Quality Function Development*)

R & R: Reprodutibilidade e Repetibilidade

SIPOC: *Suppliers, Input, Process, Outputs, Customers*

SMED: Troca rápida de ferramenta no intervalo de tempo de um dígito (*Single Minute Exchange of Die*)

SPEZ: Sistema de Produção com Estoque Zero

SPK: *System of Profound Knowledge*

SS: Seis Sigma

STP: Sistema Toyota de Produção

TOC: Teoria das Restrições (*Theory of Constraints*)

TPC: Tambor-pulmão-corda

TPM: Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*)

UEN: Unidade Estratégica de Negócios

VSM: Mapeamento da Cadeia de Valor (*Value Stream Mapping*)

WIP: Inventário em processo (*Work in Process*).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 JUSTIFICATIVAS	23
1.1.1 Justificativas sob o Prisma da Indústria	23
1.1.2 Justificativas Acadêmicas	28
1.2 PROBLEMA E OBJETO DE PESQUISA	29
1.3 OBJETIVOS	32
1.3.1 Objetivo Geral	32
1.3.2 Objetivos Específicos	32
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	32
2 REFERENCIAL TEÓRICO	36
2.1 CRITÉRIOS PARA CONSTRUIR MODELOS EM GESTÃO DE OPERAÇÕES NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	36
2.2 ESTRATÉGIA COMPETITIVA	41
2.2.1 Gestão de Operações	42
2.2.2 Níveis da Estratégia Competitiva	43
2.2.3 Estratégia de Produção	46
2.2.4 Dimensões Competitivas	51
2.3 EVIDÊNCIAS DO IMPACTO DAS ABORDAGENS TOC, <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA NAS DIMENSÕES COMPETITIVAS E NA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO	58
2.4 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO (FCS) PARA A MELHORIA CONTÍNUA	60
2.4.1 Teoria das Restrições (<i>Theory of Constraints – TOC</i>)	62
2.4.2 <i>Lean Manufacturing</i>	70
2.4.3 Seis Sigma	76
2.5 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA: TOC <i>VERSUS LEAN</i>	79
2.6 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA: TOC <i>VERSUS SEIS SIGMA</i>	83
2.7 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA: SEIS SIGMA <i>VERSUS LEAN</i>	84
3 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES: TOC, <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA	89
3.1 ANÁLISE DA TEORIA E DA ESTRUTURA DE APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS	93
3.2 ANÁLISE DO FOCO E META ESTRATÉGICA	93
3.3 ANÁLISE DOS EFEITOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS	94
3.4 ANÁLISE DAS DEFICIÊNCIAS E DA IMPLEMENTAÇÃO	94
3.5 ANÁLISE DA VARIABILIDADE	95
3.6 ANÁLISE DO TAMANHO DE LOTE	96

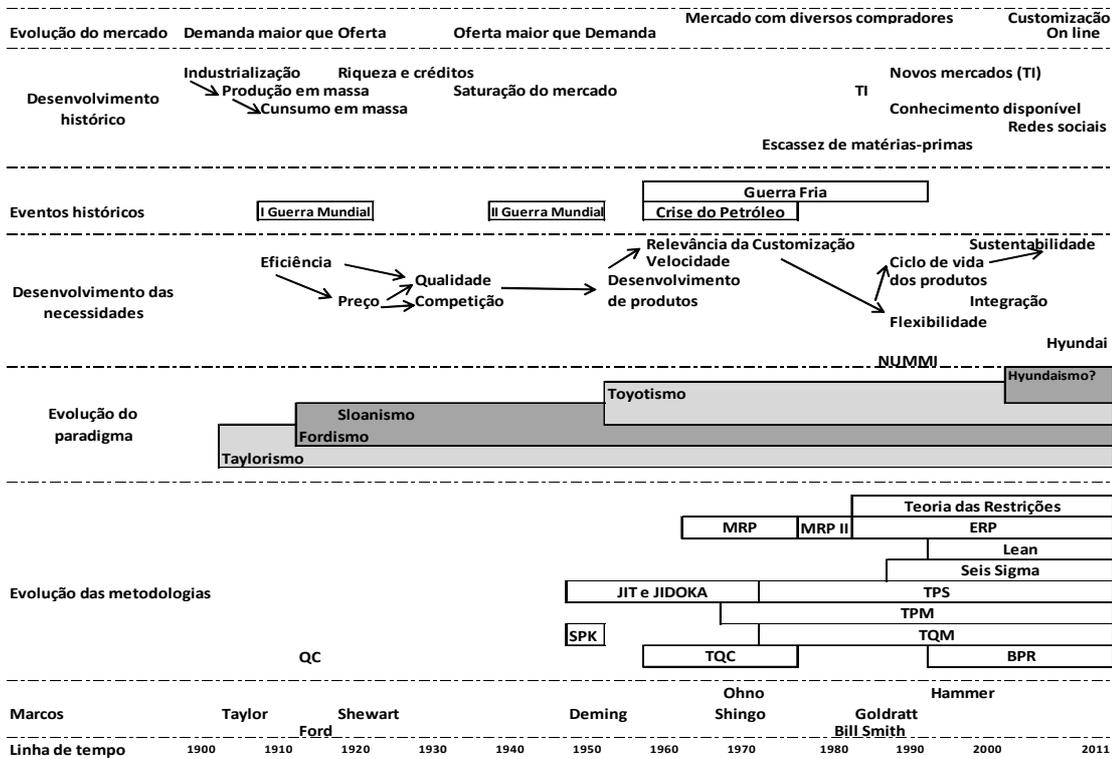
3.7 ANÁLISE DOS MECANISMOS DE CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	96
3.8 ANÁLISE DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO	97
3.9 ANÁLISE DO FATOR HUMANO E DA CULTURA DOMINANTE	97
3.10 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE IMPLANTAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO DE CONHECIMENTO E LIDERANÇA	98
3.11 ANÁLISE DO INVENTÁRIO, PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE E REQUISITOS DE IMPLEMENTAÇÃO	100
3.12 ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	100
4 MODELOS TOC, LEAN E SEIS SIGMA JÁ PROPOSTOS: DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	102
4.1 MODELO TOC + LEAN DE ANTUNES (1998)	102
4.2 MODELO TOC + LEAN DE GUSMÃO (1998).....	103
4.3 MODELO TOC + LEAN DE DETTMER (2001)	105
4.4 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS TOC + LEAN	106
4.5 MODELO TOC + SEIS SIGMA DE EHIE E SHEU (2005).....	107
4.6 MODELO TOC + SEIS SIGMA DE JIN ET AL. (2009)	109
4.7 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS TOC + SEIS SIGMA	111
4.8 MODELO LEAN + SEIS SIGMA DE PEPPER E SPEDDING (2010).....	112
4.9 MODELO LEAN + SEIS SIGMA DE SNEE (2010).....	113
4.10 MODELO LEAN + SEIS SIGMA DE SALAH, RAHIM E CARRETERO (2010).....	114
4.11 MODELO LEAN + SEIS SIGMA DE CHEN E LYU (2009).....	116
4.12 MODELO LEAN + SEIS SIGMA DE THOMAS ET AL. (2009)	118
4.13 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS LEAN + SEIS SIGMA.....	120
4.14 MODELO TOC + LEAN + SEIS SIGMA DO GOLDRATT INSTITUTE (2010).....	121
4.15 MODELO TOC + LEAN + SEIS SIGMA DE SPROULL (2010)	123
4.16 MODELO TOC + LEAN + SEIS SIGMA DE PIRASTEH E FOX (2010)	126
4.17 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS TOC + LEAN + SEIS SIGMA.....	128
5 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	135
5.1 MÉTODOS DE PESQUISA.....	135
5.2 DESIGN SCIENCE.....	137
5.2.1 Metodologia do Design Research.....	138
5.2.2 Desdobramentos da Metodologia do Design Research.....	140
5.3 O MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO	141
5.4 MÉTODO DE TRABALHO	143

5.5 COLETAS DE DADOS	146
6 DESENVOLVIMENTO	157
6.1 CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO DAS PRÁTICAS TOC, <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA ...	157
6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA: RELAÇÕES DE PRIORIDADE ENTRE MELHORES PRÁTICAS E DIMENSÕES COMPETITIVAS	163
6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS SEÇÕES 6.1 E 6.2	195
6.4 MODELO INTEGRANDO ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO COM TOC, <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA.....	196
6.5 AVALIAÇÃO DO MODELO	224
7 CONCLUSÕES	228
8 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	233
REFERÊNCIAS.....	236
APÊNDICE A – Pergunta aberta enviada aos sete especialistas TOC, sete Lean e sete Seis Sigma.	247
APÊNDICE B – Resultado consolidado das práticas validadas com especialistas a partir da análise dos estudos de Pettersen (2009) para Lean, Mehrjerdi (2011) para Seis Sigma e Inman, Sale e Green Jr. (2008) para TOC do APÊNDICE A.....	249
APÊNDICE C – Formulário para especialistas TOC em inglês.	250
APÊNDICE D – Formulário para especialistas TOC em português	257
APÊNDICE E – Formulário para especialistas <i>Lean Manufacturing</i> em inglês.	264
APÊNDICE F – Formulário para especialistas <i>Lean Manufacturing</i> em português.	272
APÊNDICE G – Formulário para especialistas Seis Sigma em inglês.	281
APÊNDICE H – Formulário para especialistas Seis Sigma em português.....	289
APÊNDICE I – Resultados da revisão bibliográfica a partir das palavras chaves e das etapas apresentadas na Tabela 2.	297
APÊNDICE J – Caracterização detalhada da Tabela 4, referente à amostra pesquisada pelo Survey.	298
APÊNDICE H – Pontos de controle para análise IVAT segundo Pirasteh e Fox (2010).....	301

1 INTRODUÇÃO

Segundo Hayes et al. (2008) no cenário atual, há um crescente reconhecimento de que a função produção pode ser uma arma competitiva se bem projetada e gerenciada apropriadamente, sobretudo alinhando as melhores práticas com uma estratégia de produção eficaz. Então parece ser coerente que os profissionais das organizações e os acadêmicos na área de Gestão de Operações façam a seguinte reflexão: as atuais práticas de melhoria da produção atendem às demandas impostas pelo atual cenário de competitividade? E ainda: as práticas de manufatura atuais geram vantagens competitivas para a Operação? Tais práticas vêm sofrendo significativas transformações ao longo dos séculos em decorrência, sobretudo, de fatores sociais e econômicos. A Revolução Industrial, o Taylorismo, Fordismo, Sloanismo, Toyotismo, Volvismo e recentemente o Hyundaísmo representam a evolução dessas principais transformações. A Figura 1 apresenta mais elementos e sintetiza a evolução dessas mudanças, ao longo do tempo.

Figura 1 – Desenvolvimento histórico da Gestão de Operações



Fonte: Adaptado de Stamm et al. (2009).

As organizações, por sua vez, ao longo do tempo e diante dessas transformações, vêm movendo esforços de adaptação e implantação, por vezes de forma equivocada, de tais práticas em seu modo de produção como meio de manterem-se lucrativas num mercado cada vez mais competitivo e complexo. Pode-se destacar dentre as práticas mais discutidas atualmente tanto no contexto acadêmico quanto no ambiente empresarial, o *Lean Manufacturing* originado a partir do Sistema Toyota de Produção, o Controle da Qualidade Total, o Seis Sigma, a Manutenção Produtiva Total e a Teoria das Restrições.

Da mesma maneira, diversos autores no campo do *Management* vêm ultimamente, discutindo essas abordagens. Nesse sentido, a obra "A máquina que mudou o mundo" de Womack, Jones e Roos (1990), que cunhou o termo *Lean Manufacturing*, apresentou as virtudes da manufatura enxuta em comparação à produção em massa. O seguinte parágrafo extraído da obra original de Womack, Jones e Roos (1990, p. 221) procura, sinteticamente, explicitar essas virtudes:

[...] nossa conclusão é simples: a produção enxuta é uma maneira superior de o ser humano produzir bens. Ela propicia melhores produtos, numa maior variedade e a um custo inferior. Igualmente importante ela, ela propicia um trabalho mais desafiador e gratificante para empregados em todos os níveis, da fábrica à alta administração. Segue-se que o mundo inteiro deveria adotar a produção enxuta, e o mais rápido possível.

A literatura recente apresenta benefícios no desempenho da manufatura ao combinar abordagens, como o *Lean* e o Seis Sigma (KONING et al., 2010; ROTH; FRANCHETTI, 2010; SHARMA, 2003), *Lean* e TOC (SALE; INMAN, 2003; SHEN et al., 2005; SRINIVASAN et al., 2001) e TOC e Seis Sigma (EHIE; SHEU, 2005; JIN et al., 2009).

Entretanto, há relatos de fracassos na implementação das práticas da melhoria contínua. Tais relatos podem contribuir para essa pesquisa e para a prática das empresas a partir da identificação das causas mais freqüentes presentes nas aplicações empíricas que a literatura apresenta. Esse tipo de discussão crítica pode servir para o aperfeiçoamento de novos modelos de melhoria. Causas na falha na integração entre *Lean* e Seis Sigma, por exemplo, podem estar ligadas à liderança e envolvimento da alta direção (ACHANGA, et al., 2006; ANTONY; BAÑUELAS, 2002; WAXER, 2004), ao perfil do gestor *Lean* (REAL et al., 2007) e à seleção do projeto e pessoas (ANTONY; BAÑUELAS, 2002; SPANYI; WURTZEL, 2003). Em implementações Seis Sigma, as causas comuns de falhas são: a falta de dados

acurados (ANTONY et al., 2007; CHAKRAVORTY, 2009; KANJI, 2008), falta de objetivos claros e escolha errada do projeto (GIJO; RAO, 2005; ZIMMERMAN; WEISS, 2005). Já a TOC vem se aperfeiçoando ao longo do tempo suas técnicas, como o TPC, devido principalmente às necessidades percebidas em casos empíricos (NANFANG, 2008). Como consequência de casos mal sucedidos da implantação dessas abordagens, emerge nas organizações a necessidade de se reinventarem melhorando seus modelos de gestão tendo em vista a melhoria contínua e o incremento da competitividade.

Consoante com tal cenário, no campo acadêmico e na práxis, autores vêm discutindo a integração de práticas de melhoria contínua como estratégia para melhorar a competitividade das organizações. O Quadro 1 expõe uma relação entre autores e metodologias reconhecidas de melhoria:

Quadro 1 – Relação de autores e abordagens de melhoria contínua

Metodologias	Autores
Lean e Seis Sigma	ARNHEITER & MALEYEFF, 2005 ; BENDELL, 2006 ; BAÑUELAS & ANTONY, 2004 ; SHARMA, 2003; MONTGOMERY, 2010; SPECTOR & WEST, 2006 ; SALAH, 2010 ; SOUTH, 2005 ; ANTONY, 2011 ; POJASEK, 2003 ; MEISEL et al., 2007 ; JEYARAMAN & TEO, 2010 ; CHEN & LYU, 2009 ; THOMAS et al., 2009 ; KONING et al., 2010 ; GIBBONS & BURGESS, 2010 ; BREYFOGLE III, 2009 ; ROTH & FRANCHETTI, 2010
Lean, Seis Sigma e TPM	NACHIAPPAN et al., 2009
Lean, Seis Sigma e TQM	ANDERSSON et al., 2006 ; DAHLGAARD & DAHLGAARD-PARK, 2006
TOC e Lean	ANTUNES, 1998 ; SALE & INMAN, 2003 ; SRINIVASAN et al., 2001 ; SHEN et al., 2005; ALVAREZ, 1995 ; DETTMER, 2001 ; SCHEINKOPF & MOORE, 1998 ; WATSON & PATTI, 2008 ; WU et al., 2007 ; LEA & HOKEY, 2003 ; SCHWAIN, 2004 ; CHAKRAVORTY, 1996
TOC e Seis Sigma	HUSBY, 2007 ; EHIE & SHEU, 2005 ; JIN, et al., 2009 ; LEPORE & COHEN, 1999
MRP, JIT e TOC	GUPTA & SNYDER, 2009 ; MILTENBURG, 1997 ; GRUNWALD, et al., 1989 ; PLENERT, 2001
TOC, Lean e Seis Sigma	NAVE, 2002 ; PIRASTEH & FARAH, 2006 ; DIRGO, 2006 ; ALDERSON, 2005 ; PIRASTEH & HORN, 2009 ; SPECTOR, 2006 ; SHELTON, 2007 ; BREYFOGLE III, 2010 ; PITCHER, 2010 ; SPROUL, 2009 ; JACOB et al., 2010 ; PIRASTEH & FOX, 2010

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Uma discussão mais detalhada sobre esse tema, será apresentada na seção 2 dessa pesquisa. Entretanto, por ora, se faz importante inserir dois pontos relevantes. O primeiro ponto é que entre todas as pesquisas realizadas nas bases de dados para essa dissertação, não se encontrou na literatura a discussão de modelos integrando TOC, *Lean* e Seis Sigma sob a ótica das dimensões competitivas. A literatura apresenta discussões comparativas teóricas e algumas

tentativas de modelos que não estão alinhados à estratégia de produção, e estes serão detalhados na seção 2. Já o segundo ponto se refere ao possível alinhamento entre os objetivos e pressupostos das abordagens TOC, Lean e Seis Sigma, com as exigências do cenário atual de competitividade nas empresas ao romperem com o paradigma tracional Taylorista/Fordista. Ou seja, a TOC defende que o foco deve ser o aumento de ganhos em detrimento à redução de custo nas empresas. E o principal pressuposto para tal, é que as possibilidades de geração de ganho são ilimitadas em comparação aos esforços de redução de custos, que num limite hipotético, culminam com o fechamento da empresa. O Lean, a partir do STP, rompeu com o paradigma tradicional que entendia um sistema como um conjunto de operações e pressupõe enxergar os sistemas, sobretudo o sistema de produção, como um processo. E assim o Lean fornece uma necessária visão sistêmica à empresa e à produção. Por fim, o Seis Sigma rompeu com a necessidade de pulmões de proteção ao focar a redução da variabilidade dos processos. Assim, a priori, pode-se dizer que as três abordagens aqui discutidas, possuem um fundo teórico comum e que há um relevante ponto de partida que sustenta a discussão das três abordagens juntas.

Pode-se afirmar, por conseguinte, que a importância da discussão entre o alinhamento da estratégia de produção com as práticas de melhoria em debate na presente pesquisa é reforçada pela necessidade imposta às organizações, principalmente dos atuais mercados globalizados, de atenderem concomitantemente a diferentes dimensões competitivas dentro da mesma organização (HAYES et al., 2008). Nesse sentido, diversos estudos em estratégia de produção vêm questionando a necessidade de considerar os *trade-offs* apresentados seminalmente por Skinner (1969), reforçando a possibilidade da manufatura de atender simultaneamente a diferentes dimensões competitivas. Diante desse contexto introdutório, se faz necessário detalhar com maior precisão as justificativas norteadoras dessa dissertação.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Para melhor entendimento das justificativas dessa pesquisa, as mesmas foram classificadas sob o prisma da prática industrial e sob a ótica acadêmica.

1.1.1 Justificativas sob o Prisma da Indústria

A primeira justificativa sobre o ponto de vista da indústria está relacionada com a necessidade atual das organizações em atender simultaneamente a diferentes dimensões competitivas. Historicamente, pode-se afirmar que a discussão acerca das escolhas entre as dimensões competitivas iniciou a partir do clássico artigo “*Manufacturing missing link in corporate strategy*” de Wickham Skinner (1969), em que o autor critica o “*the one and the best way*” proposto por Frederick Taylor para gerenciar e centralmente propõe as seguintes idéias: (i) diferentes organizações têm diferentes forças e fraquezas e podem escolher competir de diferentes maneiras; (ii) similarmente, diferentes sistemas de produção possuem diferentes características de operações e portanto a empresa não deveria adotar um sistema de produção padrão (modismo) disponível na indústria; (iii) a tarefa para a manufatura é construir um sistema de produção que permeie uma série de inter-relacionadas e internas escolhas consistentes, refletindo as prioridades e os *trade-offs* implícitos na sua situação competitiva e estratégica. No âmbito geral, dados os argumentos de Skinner (1969), caberia aos gestores escolher qual dimensão competitiva é mais importante para atender à estratégia da empresa, e a partir dela formatar o sistema de produção a partir dos *trade-offs* apresentados no seu artigo.

Segundo Skinner (1969, p. 140): “a manufatura não poderia ao mesmo tempo minimizar *lead time*, inventário e fazer investimentos mínimos”. Entretanto, as abordagens de melhoria contínua estão se aperfeiçoando desde as importantes discussões propostas por Skinner e algumas evidências são apresentadas.. Ferdows e Meyer (1990) propuseram um modelo, Cone de Areia (Sand Cone), alternativo à necessidade de *trade-offs* e baseado em capacitações cumulativas. Segundo Ferdows e Meyer (1990), existe uma sequência lógica de direcionamento das dimensões competitivas que, ao longo do tempo, melhoram o desempenho entre si, a metáfora da construção de sucessivos cones de areia um sobre o outro, e tal sequência seria: qualidade, entrega, velocidade e custo. Resultados empíricos da

pesquisa de Ferdows e Meyer (1990) indicaram que 62% das empresas melhoraram concomitantemente as quatro dimensões. Silveira e Fogliatto (2002) investigaram tal modelo em 238 empresas a partir de dados da *International Manufacturing Strategy Survey* (IMSS). A análise estatística fatorial e correlação indicaram que: (i) a melhor sequência de desenvolvimento das capacitações cumulativas seria: qualidade, entrega, custo, confiabilidade e flexibilidade; (ii) a dimensão qualidade gera melhoria subsequente nas demais, sendo considerada a mais relevante; (iii) não se evidenciou a existência de *trade-offs* entre qualidade e as demais dimensões.

Mabin e Balderstone (2003), Pirasteh e Farah (2006) e Pirasteh e Fox (2010) mostram que é possível minimizar o efeito dos *trade-offs*, sobretudo nas decisões associadas ao planejamento e controle da produção (inventário, qualidade, etc) que Skinner (1969) propunha. Os resultados da pesquisa de Pirasteh e Farah (2006) mostraram que o uso integrado da TOC, *Lean* e Seis Sigma resultou em melhores prazos de entrega, redução de custos com garantia e devolução de clientes, redução de inventário, redução de despesas e melhoria de qualidade. Mabin e Balderstone (2003), numa ampla pesquisa sobre resultados de aplicações da TOC em organizações, evidenciaram os seguintes resultados: redução média no *lead time* em 70%, redução média do tempo de ciclo em 60%, melhoria média no desempenho de entrega em 44%, redução nos níveis de estoque em torno de 49% e aumento médio de vendas em 63%. Os resultados de Mabin e Balderstone (2003) e Pirasteh e Farah (2006), evidenciam, portanto, a possibilidade de melhoria simultânea em mais de uma dimensão competitiva. Além disso, pode-se buscar uma complementação às idéias de Skinner (1969) ao inferir que há evidências de que tais práticas de melhoria contínua podem contribuir para melhorar o desempenho das fábricas focalizadas sugeridas por Skinner no artigo intitulado *Focused Factory* (1974). A justificativa para tal, segundo o presente pesquisador, é que ao reduzir a complexidade da fábrica, a identificação dos gargalos (GOLDRATT, 1984) e das perdas produtivas (OHNO, 1997) pode, a priori, se tornar menos complexa. Nesse sentido, a conclusão é que as práticas de melhoria contínua são complementares a proposta da fábrica focalizada que Skinner (1974) propunha e se contrapõe às suas ideias iniciais, já que parecem empiricamente, melhorar mais de uma dimensão competitiva ao mesmo tempo.

Nessa linha de reflexão, a pesquisa de Boyer et al. (2005) identificou indícios de que os *trade-offs* são relativos. Boyer et al. (2005) identificaram estudos de

autores que adotam a visão das capacidades cumulativas que são complementares e construídas simultaneamente sobre o tempo (CORBETT; VAN WASENHOF, 1993; FERDOWS; MEYER, 1990; NOBLE, 1995; RESENZWEIG; ROTH, 2004). Além disso, na visão de Boyer et al. (2005), os impactos dos paradigmas do *Lean*, TQM e Seis Sigma na manufatura e na performance do negócio são significantes. Entretanto, segundo os autores, as implicações na estratégia de operações não estão claras na literatura. Esse achado da pesquisa de Boyer et al. (2005), reitera a relevância dos assuntos discutidos nessa dissertação. Nessa mesma linha, a pesquisa de Barker (1996) realizada em 548 empresas na Europa, Ásia e América evidenciou que o uso de diferentes abordagens de melhoria contínua pode melhorar a competição por múltiplas capacidades dessas empresas e a performance do negócio, por consequência.

A segunda justificativa sobre o ponto de vista da indústria está relacionada com a necessidade de explorar as forças de abordagens de melhoria contínua consolidadas para melhorar o desempenho da manufatura nas empresas brasileiras. Para Hayes e Pisano (1996) as companhias que estão aptas a transformar sua manufatura em geradora de vantagens competitivas são aquelas que podem explorar vários programas de melhoria, como JIT ou TQM, a serviço de uma estratégia de produção que enfatiza a seleção e crescimento de capacidades operacionais únicas. A visão de Hayes e Pisano (1996), sobre a necessidade de *trade-offs* mutuamente excludentes na formulação da estratégia de produção é questionada de acordo com as seguintes idéias, referindo-se aos efeitos do Sistema Toyota em pleno desenvolvimento na década de 90:

Muitas fábricas japonesas, entretanto, parecem superar as fábricas americanas em diversas dimensões. Elas alcançaram baixo custo, alta qualidade, rápida introdução de produtos e elevada flexibilidade - todas dimensões ao mesmo tempo (HAYES; PISANO, 1996, p. 28).

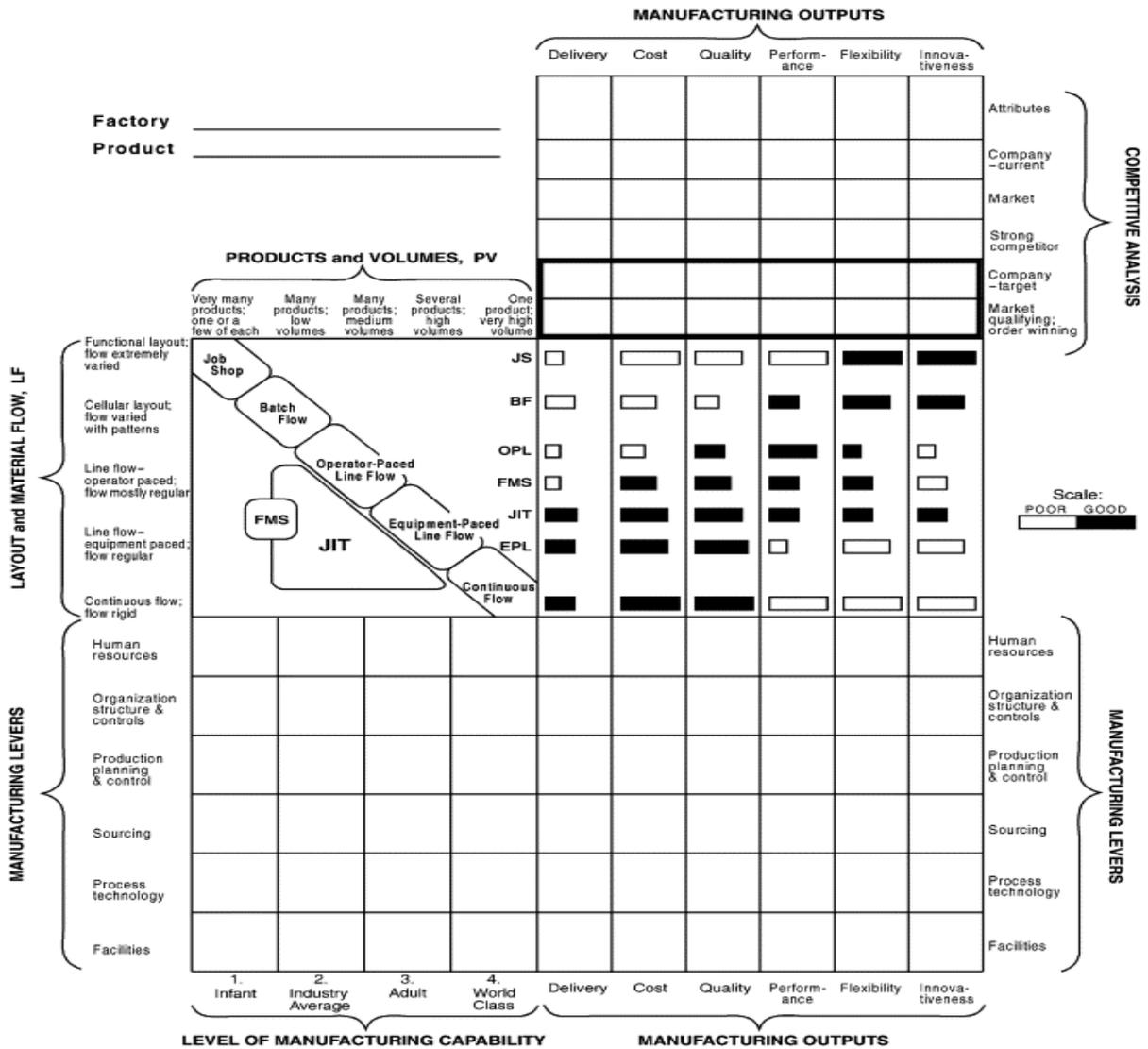
Morita e Flynn (1997) investigaram a força da relação existente entre as *best practices* para a melhoria contínua e a performance da empresa. Os resultados de sua pesquisas sugerem que o uso das *best practices* deve ser considerado como parte da construção das dimensões da fábrica e na criação da vantagem competitiva. Para Meredith et al. (1994), historicamente, as firmas vem competindo por custos, qualidade, velocidade ou diferenciação. De acordo com o autor, estas dimensões estão sendo vistas agora como sinérgicas e simultaneamente atendidas,

mais do que os *trade-offs*; ou seja, a melhoria na performance em uma dimensão, frequentemente complementa e melhora a performance de outra ou de outras dimensões competitivas.

A discussão realizada por Flynn et al. (1999) sobre manufatura de classe mundial também evidenciou a contribuição de novas abordagens de manufatura, como o JIT e os programas de melhoria contínua aos modelos clássicos da gestão de operações. O impacto positivo das novas abordagens de manufatura também foi abordado por Giffi et al. (1990) e Schonberger (1990). Schonberger (1990) destaca a importância da melhoria contínua da informação, da *performance* e da qualidade. Já Giffi et al. (1990) discutem a melhoria contínua em flexibilidade, sistema de indicadores, fatores humanos, e programas de aprendizagem. Portanto, os trabalhos de Giffi et al. (1990) e Schonberger (1990) contribuem com elementos de melhoria contínua que não estão presentes em Hayes e Wheelwright (1979) e que deveriam ser considerados na construção da manufatura de classe mundial (*World Class Manufacturing*), expressão criada por tais autores. Entretanto, nesse ponto é viável questionar: como transformar as dimensões competitivas da empresa em práticas no sistema produtivo em busca de uma manufatura de classe mundial? Nesse sentido, essa dissertação segue a vertente dos autores supracitados e adota a visão da necessidade da manufatura atender diferentes dimensões simultaneamente. Sendo assim, faz parte do propósito e esforços dessa pesquisa, investigar, analisar e sugerir um modelo aderente a essa necessidade.

A obra de Miltenburg (2008) também traz argumentos que corroboram com as justificativas sob o prisma empírico dessa dissertação. Miltenburg (2008) propõe um modelo, conforme Figura 2, para gerar a estratégia competitiva da manufatura, a partir da estratégia corporativa, relacionando além das cinco prioridades competitivas usadas nessa dissertação, a inovação, como os objetivos da estratégia de manufatura (sistemas de produção, saídas da manufatura, níveis da manufatura, capacidades da manufatura e análise competitiva) como *inputs* para definição da estratégia de produção. Na visão de Miltenburg (2008) diferentes estratégias de produção podem ser adotadas em um único sistema de manufatura, a partir da organização da manufatura na lógica das fábricas focalizadas.

Figura 2 – Framework de Estratégia de Produção



Fonte: Miltenburg (2008).

Entretanto, o modelo não sugere como desdobrar a estratégia na manufatura e quais abordagens de melhoria ou técnicas vigentes aplicar, para se atingir as dimensões competitivas (entrega, custo, qualidade, performance, flexibilidade e inovação). Apesar de possuir essa lacuna, parece possível afirmar que o modelo de Miltenburg (2008) é na literatura clássica de estratégia de operações, a tentativa mais objetiva de implantar a disciplina da estratégia e produção nas organizações. Portanto, a falta de modelos que permitam as empresas direcionar e desdobrar na produção as dimensões competitivas à luz das abordagens de melhoria, como TOC, *Lean* e Seis Sigma, é outra relevante justificativa para a condução dessa pesquisa, sob o paradigma empírico.

1.1.2 Justificativas Acadêmicas

Uma justificativa, agora sob o prisma da academia, que justificou esse estudo, partiu do fato de que após todas as pesquisas realizadas nas bases de dados para essa dissertação, não se encontrou na literatura a evidência de modelos para orientar a priorização das dimensões competitivas estratégicas na manufatura. Mais do que apenas a aplicação individual de certa abordagem, alguns modelos encontrados na literatura, fundamentalmente procuram integrar abordagens a partir dos seus princípios gerais. Todavia, não consideram a visão de quais práticas precisam ser adotadas para se atingir dentre as seguintes cinco dimensões competitivas: custo, qualidade, flexibilidade, velocidade e atendimento. Entre os modelos encontrados na literatura, há diversas combinações entre abordagens e destaca-se o uso integrado entre *Lean* e TOC (ANTUNES, 1998; DETTMER, 2001; SCHWAIN, 2004), *Lean* e Seis Sigma (BENDELL, 2006; BREYFOGLE III, 2009; CHEN; LYU, 2009; GIBBONS, 2010; HOERL; GARDNER, 2010; KOVACH et al., 2005; MARTI, 2005; PEPPER; SPEDDING, 2010; POJASEK, 2003; SALAH et al., 2010; SHARMA, 2003; SNEE, 2010; THOMAS et al., 2008), TOC e Seis Sigma (EHIE; SHEU, 2005; JIN et al., 2009), ERP (*Enterprise Resource Planning*), *Lean* e Seis Sigma (NAUHRIA, 2009), TOC, *Lean* e Seis Sigma (DIRGO, 2006; PIRASTEH; FOX, 2010; SPROUL, 2009), *Lean*, Seis Sigma e TPM (NACHIAPPAN et al., 2009). Essa pesquisa, fundamentalmente, tentará preencher essa lacuna da literatura na tentativa de propor um modelo integrado à estratégia de produção que tente incorporar as virtudes de cada *best practices* para orientar a prioridade da implantação das práticas do *Lean*, Seis Sigma ou TOC na manufatura, de forma a melhorar por consequência, o desempenho das dimensões competitivas.

Outra justificativa que orienta a realização desse trabalho é a necessidade de questionar a validade de modelos de melhoria já apresentados na literatura de Gestão de Operações, à luz da metodologia e rigor científico. Sobretudo, em se tratando de modelos usando *Lean*, TOC e Seis Sigma, uma vez que, é possível dizer que existe uma tendência de crescimento e interesse no meio acadêmico e empresarial sobre o tema. Uma rápida pesquisa no Google, por exemplo, evidencia uma diversidade de treinamentos e consultorias adicionando aos seus produtos, modelos de tais abordagens. Uma pesquisa nas bases de dados Emerald, evidencia alguns recentes artigos teóricos sobre o tema. Tal interesse também é evidenciado

pelo número de artigos encontrados em publicações não especializadas ou não reconhecidas que não contemplam, por exemplo, a análise do tipo *blind review*, ou ainda a publicação de livros, como a novela intitulada *Velocity* de Jacob et al. (2010). Entretanto, ao analisar em profundidade tais publicações e modelos, evidenciou-se a necessidade de questioná-los, pois: i) não explicitam a fundamentação da metodologia científica usada para sua construção; ii) não apresentam pré-requisitos básicos de métodos de pesquisa que deveria, a priori, ser usado na proposição de teorias em *Management*, conforme sugerido, por exemplo, em Wacker (2004) tais como: indicadores de medição, definição precisa de conceitos e testes de validade. Sendo assim, há a necessidade de questionar esses modelos, identificar suas lacunas e, sobretudo fazer a proposição de novos modelos, visando construir bons modelos de referência. Nesse caso, tal justificativa pretende contribuir à academia e às organizações, ao analisar e criticar o desenvolvimento de uma possível e recente esboço de teoria em Gestão de Operações e ainda incipiente que é a unificação da TOC, *Lean* e Seis Sigma para a excelência organizacional.

Finalizando o conjunto de justificativas, é relevante afirmar que, a partir das evidências de tendência de crescimento e interesse no meio acadêmico e empresarial sobre o tema, existe a necessidade de apresentar, sobretudo à academia, uma consistente visão sobre forças e fraquezas entre TOC, *Lean* e Seis Sigma e suas reais potencialidades para a estratégia de produção. Desse modo, uma análise detalhada nas publicações de caráter teórico e empírico, sobretudo as publicadas em periódicos tradicionais e relevantes ao campo da Gestão de Operações e da Engenharia de Produção, pode estabelecer o cenário atual dos limites de integração e seus fatores de sucesso ou fracasso. A presente pesquisa, assim sendo, irá investigar esse cenário buscando explicitar aspectos relevantes entre essas três abordagens. Concluindo, o conjunto de argumentos elencados ao longo dessa seção de justificativas, são os principais fatores motivadores para o encaminhamento da dissertação, os quais conduzem naturalmente para a proposição da questão de pesquisa dessa dissertação discutida na próxima seção.

1.2 PROBLEMA E OBJETO DE PESQUISA

Diversos trabalhos de pesquisas, sobretudo os artigos de Arnheiter e Maleyeff (2005), Bendell (2006), Harrison (2006), Bañuelas e Antony (2004), Sharma (2003),

Snee (2010), Montgomery (2010), Mika (2006) Spector e West (2006) e Pepper e Spedding (2010) analisaram a integração prática ou teórica entre *Lean* e Seis Sigma e encontraram mais aspectos convergentes e do que elementos conflitantes na unificação das duas abordagens.

Já a integração entre TOC e Seis Sigma foi analisada por Husby (2007), Jin et al. (2009), Ehie e Sheu (2005), Jin et al. (2009) e Ehie e Sheu (2005). Jin et al. (2009) apresentam elementos convergentes e divergentes, mas reforçam os importantes benefícios que advém da priorização de projetos. Enquanto que Ehie e Sheu (2005), classificam a unificação como uma excelente plataforma para obter redução de custos. Nos esforços de pesquisa dessa dissertação, evidenciou-se uma pequena quantidade de artigos científicos na literatura abordando a integração entre TOC e Seis Sigma, oportunizando assim uma área de atuação em pesquisas futuras. Conseqüentemente, faz parte do escopo dessa dissertação, uma tentativa de apresentar um cenário geral entre as duas abordagens ampliando sua compreensão prática e acadêmica.

Por outro lado, a integração entre *Lean* e TOC tem sido investigada por Dettmer (2001), Antunes (1998), Scheinkopf e Moore (1998) e Lea e Min (2003). Já a análise simultânea entre as três abordagens, foi discutida teoricamente por Pitcher (2010), Nave (2002), Brown et al. (2008), e empiricamente por Sproull (2010). Uma lacuna verificada na análise na literatura na discussão da integração das abordagens é a carência do uso de métodos científicos estruturados nas discussões sobre a integração e proposição de modelos em Engenharia de Produção, com foco na manufatura e usando especialmente tais abordagens. Essa dissertação tentará preencher essa lacuna, adotando um delineamento de pesquisa que contempla o uso de métodos científicos na tentativa da construção do modelo. Já quanto às técnicas de pesquisa adotadas no delineamento da pesquisa, essa pesquisa adota, dentre outras: (i) o *Design Research* segundo Simon (1969); (ii) a revisão bibliográfica sistemática da literatura para pesquisas em Gestão de Operações de acordo com os direcionamentos propostos por Silva (2009); (iii) a validação com especialistas a partir de um *survey*, e; (iv) uma sequência robusta de análises estatísticas sistemáticas, como elementos estruturantes dessa pesquisa. Pretende-se com a combinação lógica de abordagens qualitativas e quantitativas de pesquisa metodológica científica, atingir maior validade e confiabilidade nas análises e conclusões realizadas na presente pesquisa.

Outra relevante e decisiva lacuna que corroborou para a definição da questão de pesquisa, foi encontrada na literatura sobre estratégia de produção em textos clássicos como os de Skinner (1969, 1974), Hayes e Wheelwright (1979), Fine e Hax (1985), Hill (1987), Hayes e Clark (1985), Schroeder e Anderson (1989), Chase e Garvin (1989); Drucker (1990), Ferdows e Meyer (1990), Corbett e VanWassenhove (1993), Vickery (1991), Vickery et al., (1993,1994,1997), Flynn et al. (1999), Hayes e Pisano (1994), Cox e Blackstone (1998), Brown (1999), Miltenburg (2008). Evidenciou-se a inexistência de um modelo direcionado a sustentar a estratégia de produção, a partir da estratégia corporativa, apontando e descrevendo como abordagens de melhoria poderiam ser organizadas para atender às dimensões competitivas e como priorizar a implantação de tais práticas.

Dentro desse contexto, onde há essa diversidade de combinações possíveis entre abordagens de melhoria que podem ou não ter sua implantação prática priorizada, para melhorar o desempenho desta ou daquela dimensão competitiva na manufatura, pode-se evidenciar a existência de um conflito. Esse conflito, apresentado às organizações e à academia, reside na decisão de como escolher e como implantar tais abordagens na manufatura de forma a suportar a estratégia de produção, visando melhorar o desempenho das Operações e a competitividade organizacional. Nessa lógica, o tema de pesquisa desse trabalho está inserido no contexto da Gestão de Operações e o objeto de pesquisa são as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma e as dimensões competitivas capazes de sustentar a estratégia de produção das UENs, e conseqüentemente, a estratégia de operações. Assim sendo, emerge a seguinte questão de pesquisa dessa dissertação: **como integrar a estratégia de produção das UENs com as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma a partir das dimensões competitivas ?**

1.3 OBJETIVOS

São os seguintes o objetivo geral e os objetivos específicos desse trabalho:

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa é propor um modelo integrando a estratégia de produção das UENs com as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma, a partir das dimensões competitivas.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos dessa dissertação são:

- a) Identificar os pontos de convergência e divergências entre TOC, *Lean*, Seis Sigma, identificando o estado da arte sobre tais abordagens;
- b) Apresentar os pontos críticos de sucesso e fracasso na implantação de modelos de melhoria envolvendo as abordagens em análise, visando, se possível, inserir esses elementos no escopo do modelo proposto;
- c) Identificar, a partir da visão de especialistas, quais práticas da TOC, do *Lean* e do Seis Sigma contribuem para o melhor desempenho das dimensões competitivas: custo, qualidade, entrega, flexibilidade e velocidade.
- d) Propor um modelo (artefato) integrando a estratégia de produção das UENs com as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma a partir das dimensões competitivas.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa está pautada no ambiente de manufatura das organizações, pautada na perspectiva dos Sistemas de Produção. Está alinhada com a visão de Skinner (1974) de que a manufatura pode ser usada como uma arma competitiva das organizações frente às demandas do mercado. Por partilhar dessa visão, diretamente outras áreas de uma tradicional estrutura organizacional não serão discutidas em profundidade ou mesmo abordadas nessa dissertação, como a *Supply*

Chain, Marketing, Comercial, Engenharia de Desenvolvimento de Produtos e assim por diante. Sendo assim, desde já, se demarca uma delimitação de foco: o ambiente de manufatura.

A discussão proposta nessa dissertação está inserida sobre a perspectiva dos Sistemas de Produção segundo Antunes et al. (2008). E sob o prisma dos sistemas produtivos, diversas classificações podem ser realizadas e estão disponíveis na literatura. Após revisar autores relevantes ao tema, Perales (2001) propõe a seguinte classificação de sistemas produtivos os quais serão delimitados nessa seção:

- a) em função do tipo de recursos a serem transformados;
- b) da ação principal do processo de transformação;
- c) do fluxo dentro do processo de transformação;
- d) função da decisão de produzir;
- e) do grau de contato com o consumidor;
- f) em função da natureza das saídas;
- g) em função do volume de saídas;
- h) em função da variedade ou padronização das saídas;
- i) em função da variação da demanda pelas saídas.

Outra classificação possível de sistemas produtivos que não está presente em Perales (2001) é classificação V-A-T-I de leiautes da TOC (COX III; SCHELEIER, 2010) que permite determinar o fluxo geral dos componentes e produtos desde a matéria-prima até os produtos acabados. A importância de se considerar em sistemas produtivos a análise V-A-T-I, é corroborada por Cox III e Spencer (2002), que afirmam que tal análise é um método do gerenciamento de restrições para determinar o fluxo geral dos componentes e produtos desde a matéria-prima até os produtos acabados (estrutura lógica de produto). Dessa forma, integrando a classificação de sistemas produtivos pesquisadas por Perales (2001) e a análise V-A-T-I de leiautes da TOC por Cox e Scheleier (2010), os fatores relevantes de delimitação dessa dissertação são apresentados e sintetizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese da delimitação da pesquisa

Critério de classificação de sistema produtivos	Delimitação da pesquisa
1. Tipo de recursos a serem transformados <i>processadores de materiais</i> <i>processadores de informações</i> <i>processadores de consumidores</i>	X
2. Processo de transformação <i>transformam as propriedades físicas</i> <i>transformam as propriedades informativas</i> <i>mudam a posse ou propriedade</i> <i>mudam a localização</i> <i>estocam ou acomodam</i> <i>mudam o estado fisiológico ou psicológico</i>	X X
3. Fluxo dentro do processo de transformação <i>fluxo contínuo</i> <i>fluxo intermitente</i> <i>fluxo misto</i> <i>por projetos</i>	X X X X
4. Decisão de produzir <i>produção para estoque (Make-To-Order)</i> <i>produção sob encomenda (Make-To-Stock)</i> <i>produção contra projetos de engenharia (Project-To-Order)</i> <i>produção para montagem (Assembly-To-Order)</i>	X X X X
5. Natureza das saídas <i>tangível (manufatura de produtos)</i> <i>intangível (prestação de serviço)</i>	X
6. Volume de saídas <i>alto</i> <i>médio</i> <i>baixo</i>	X X X
7. Padronização das saídas <i>alta</i> <i>média</i> <i>baixa</i>	X X X
8. Variação da demanda <i>alta</i> <i>média</i> <i>baixa</i>	X X X
9. Quanto ao fluxo <i>Tipo A</i> <i>Tipo V</i> <i>Tipo T</i> <i>Tipo I</i>	X X X X

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A partir da delimitação realizada no Quadro 2, nota-se que essa pesquisa é direcionada aos sistemas de produção processadores de materiais e propriedades físicas, excluindo da discussão os sistemas voltado à prestação de serviços. A intensidade do fluxo de produtos considerada na discussão do modelo integrado abrange de altas taxas de fluxo (contínuo) às baixas taxas (projetos). A decisão de produção contempla a estratégia para estoque, encomendas ou para projetos. Quanto às saídas, essa pesquisa está delimitada para produtos tangíveis, manufatura discreta, para níveis altos, médios ou de baixo volume, padronização e

demandas dos produtos. Quanto à forma de analisar o fluxo produtivo e de materiais no sistema, a pesquisa contempla as manufaturas de leiaute do tipo V-A-T-I da TOC.

É importante assinalar que essa pesquisa pretende discutir e melhor entender como priorizar a integração das ferramentas da TOC, do *Lean* e do Seis Sigma. Portanto, seguindo a lógica do *Design Research* é foco propor um artefato ou modelo que contribua para essa priorização. Não é foco dessa dissertação apresentar um método definitivo e detalhado composto de passos lógicos nesse primeiro esforço de pesquisa. Pressupõe-se a partir do *Design Research* segundo Aken (2004), que os artefatos são revistos e melhorados continuamente após sucessivos processos de implantações, validações e melhorias.

Concluindo, uma importante delimitação a ser demarcada se refere à perspectiva de análise da estratégia: *top down* ou *bottom up* consoante a discussão de Slack, Chamber e Johnston (2009) A definição de estratégia pelo método *top down*, segundo Slack, Chamber e Johnston (2009) considera que as decisões são tomadas corporativamente e depois desmembradas nos níveis de negócio e áreas funcionais. Isso significa que a empresa define a forma de competir e partir daí realiza as adaptações nos níveis organizacionais abaixo para a execução dessa estratégia. Em contraposição, na estratégia *bottom up* as decisões para formulação da estratégia dependem da avaliação das competências internas para definir a forma de atuação no mercado da empresa. Essa dissertação adota a análise da estratégia pela visão *top down*, de acordo com Hayes e Wheelwright (1984), partindo do pressuposto que, em um mercado complexo e globalizado, se todas as exigências dos clientes não são atendidas pela empresa, tais exigências serão facilmente supridas pelos concorrentes gerando perda de competitividade à empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo serão apresentados os conceitos necessários para atender à questão de pesquisa proposta, bem como os objetivos anteriormente citados. Compõem o referencial teórico os seguintes temas: (i) critérios para a construção de modelos no campo da Gestão de Operações e na Engenharia de Produção; (ii) estratégia de operações e as dimensões competitivas; (iii) modelos de melhoria contínua existentes na literatura; (iv) *Lean Manufacturing*; (v) Seis Sigma; (vi) Teoria das Restrições (TOC); (vii) discussão e comparação entre as abordagens.

2.1 CRITÉRIOS PARA CONSTRUIR MODELOS EM GESTÃO DE OPERAÇÕES NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Segundo Whetten (2003), a maioria dos estudos organizacionais não irá formular uma teoria a partir do zero. Ao invés disso, eles geralmente trabalham na melhoria daquilo que já existe. Para Whetten (2003) a construção do desenvolvimento de teoria no campo do *Management*, passa pelos seguintes blocos: **i) o quê?; ii) como?; iii) por quê?; iv) quem, onde e quando?**

O quê define quais fatores (variáveis, construtos, conceitos) devem ser considerados logicamente como parte da explicação do fenômeno social ou individual em questão. Os critérios para julgar se incluímos os fatores certos é a abrangência (todos os fatores relevantes foram incluídos?) e a parcimônia (excluir os fatores que acrescentam pouco valor para o entendimento). Segundo Whetten (2003), no início do mapeamento conceitual de um determinado assunto, os bons autores deveriam errar a favor de incluir fatores a mais, reconhecendo que, como o passar do tempo, suas ideias serão refinadas.

Como os fatores estão relacionados? Esse bloco adiciona ordem à conceitualização delineando padrões e conforme Whetten (2003), operacionalmente isso envolve “usar setas para conectar as caixas”. Juntos, os elementos “o quê” e “como” formam o conteúdo da teoria e quanto mais complexas forem as relações, mais proveitoso será representá-los graficamente a partir de diagramas ou mapas conceituais. Contudo, nem todas as produções teóricas precisam conter figuras, caixas e setas, mas uma representação visual clareia o pensamento do autor e aumenta a compreensão do leitor.

Já o bloco **por quê** define a “liga” que unifica o modelo, ou seja, define quais são as dinâmicas que justificam a seleção dos fatores e as relações de causalidade propostas. Durante o desenvolvimento da teoria, a lógica substitui os dados na base da avaliação. Ou seja, é importante: a solidez das visões fundamentais na natureza humana, os requisitos organizacionais ou de processos sociais. De forma que, para avançar a fronteira do conhecimento o pesquisador deve fornecer justificativas lógicas e convincentes para as diferentes visões, explicando os “por quês” com base nos “o quês” e “comos”. Em resumo, “o quê” e “como” descrevem; somente o “por que” explica. Assim, o autor deve ter a certeza de que o que está sendo tido como boa teoria inclua explicações plausíveis e convincentes do por que devemos esperar determinados relacionamentos em nossos dados (qualitativos ou quantitativos). Whetten (2003, p. 69) pondera que:

Devemos ter a certeza de que o que está sendo tido como boa teoria inclua explicações plausíveis e convincentes do porquê devemos esperar determinados relacionamentos em nossos dados. Juntos, esses três elementos (o quê?, como? por quê) fornecem os ingredientes essenciais de uma teoria simples: descrição e explicação.

Quem, onde e quando limitam as proposições geradas de um modelo teórico. Delimitam as fronteiras de generalização e, assim, constituem o alcance e a extensão da teoria. Definem a sensibilidade ao contexto. O pesquisador deve se perguntar: os efeitos teóricos variam com o passar do tempo? Se sim, variam por que outras variáveis dependentes do tempo são importantes para a teoria ou por que os efeitos teóricos são instáveis?

Somando-se aos blocos supracitados, Whetten (2003) apresenta um conjunto de questões que contribuem para avaliar a relevância de uma contribuição teórica, conforme apresentado no Quadro 3:

Quadro 3 – Questões de análise da relevância de uma contribuição teórica

Questões principais	Questões secundárias
O que é novo?	Há uma contribuição teórica significativa? Há modificações ou extensões de teorias atuais? As mudanças propostas podem ser reguladas em termos de escopo (quanto do campo é impactado) e grau (quão diferente isso é do pensamento atual)?
E daí?	A teoria mudará a prática da ciência organizacional nessa área? As ligações para pesquisa são evidentes (claramente dispostas em ordem ou deduzidas de forma fácil e confiável?) Vai além das afirmações simbólicas sobre o valor de se testar ou usar tais idéias? As soluções propostas de correção apontaram deficiências nas atuais Contribui para alterar a prática da pesquisa nessa área?
Por que dessa forma?	A lógica que fundamenta é convincente? As suposições do autor são explícitas? As visões do autor possuem credibilidade ?
Bem feito?	Reflete um pensamento atual, é completo e profundo? Os blocos “o quê”, “como”, “por quê”, “quando-onde-quem” são considerados, dando uma qualidade conceitual bem acabada? Os argumentos refletem um entendimento amplo e atual do objetivo? Se as proposições estão incluídas, elas estão sendo utilizadas de maneira apropriada? O argumento tem alguma falha lógica evidente? Parece que o autor desenvolveu esse pensamento durante um longo período de tempo, informado por considerações de seus pares?
Bem elaborado?	Está bem escrito? Flui logicamente? As idéias centrais são facilmente acessíveis? É agradável de se ler? É longo o bastante para cobrir o objetivo, mas curto o suficiente para ser interessante? A aparência do artigo reflete altos padrões profissionais?
Por que agora?	É de interesse contemporâneo para os estudiosos nessa área? Provavelmente contribuirá para o avanço das discussões atuais, estimulando novas discussões ou revitalizando antigas?
Quem se importa?	Os leitores acadêmicos estão interessados nesse tópico?

Fonte: Whetten (2003).

Outras importantes contribuições sobre a construção de bons modelos no campo da Gestão de Operações advêm da pesquisa de Wacker (2004). Sinteticamente os argumentos propostos por Wacker (2004) apontam para as seguintes conclusões: (i) a linguagem do cotidiano não é suficiente precisa para a construção empírica de teorias e o uso de uma linguagem artificial é indicado; (ii) existe maior necessidade de boas definições conceituais formais do que de melhores medidores ou métricas de análise estatísticas; as definições conceituais formais são a força causal por trás de todos medidores e nenhuma significativa métrica apode ser desenvolvidas sem boas definições formais conceituais; (iii) uma boa definição formal devem estar baseadas nas oito regras específicas que ditam a

clareza da definição do método. Tais regras estão objetivamente explicitadas no Quadro 4:

Quadro 4 – As 8 regras para uma definição conceitual formal

Regra	Descrição
Regra 1	As definições devem ser formalmente definidas usando termos primitivos e derivados. Definições conceituais formais devem diferenciar entre os conceitos formais e termos mensuráveis não formais.
Regra 2	Cada conceito deve ser unicamente definido. Ou seja, deve-se excluir o maior número possível de termos compartilhados com outras definições para reduzir a confusão com os conceitos relacionados.
Regra 3	As definições devem incluir apenas termos inequívocos e claros. Dito de outra forma, não use termos vagos ou ambíguos.
Regra 4	As definições devem ter um mínimo de condições possíveis na definição conceitual para evitar violar a parcimônia em virtude de uma boa teoria.
Regra 5	As definições devem ser consistentes dentro do campo de Gestão de Operações. Isto é, definições formais conceituais devem ser o mais semelhante possível entre os estudos.
Regra 6	Definições não deve fazer qualquer termo mais amplo. Novas definições não devem expandir o conceito para torná-lo mais amplo e menos exclusivo.
Regra 7	Novas hipóteses não podem ser introduzidos nas definições. Em Gestão de Operações de gestão, as definições não devem incluir casos em que apenas "bons" eventos acontecem.
Regra 8	Os testes estatísticos para a validade de conteúdo devem ser realizados apenas após os termos estarem definidos formalmente. Estes testes empíricos não são testes de validade conceitual de um conceito, mas são usados para testar se os conceitos formalmente definidos amostram o domínio conceitual.

Fonte: Wacker (2004).

As demais relevantes conclusões da pesquisa de Wacker (2004) sugerem que: (iv) todas as propriedades não são igualmente justificadas pela inclusão de uma medição de conceito, desde que algumas propriedades possam ser incluídas por suposição e enfraquecer a teoria. Além disso, as propriedades não são todas igualmente necessárias para medir o conceito. Geralmente, as propriedades conceitualmente mais sólidas são interpretativas; (v) se qualquer teoria deve ser significativa, suas definições e suas propriedades devem passar por testes lógicos para a legitimidade antes de quaisquer testes estatísticos serem realizados. Toda validade de constructo depende da solidez conceitual das definições formais conceituais. Toda validade de constructo requer significado substancial antes de significância estatística. E por fim, uma boa teoria consoante Wacker (2004) deve possuir a seguinte relação de virtudes, conforme sintetizado no Quadro 5:

Quadro 5 – Virtudes para a construção de teoria em Gestão de Operações

Virtude	Fator principal	Fator secundário
Singularidade	Uma teoria deve ser diferenciada de outras	Se duas teorias forem idênticas elas devem ser consideradas uma única teoria
Conservacionismo	Uma teoria atual não pode ser substituída a menos que a nova teoria seja superior em virtudes	Portanto, a teoria atual não é rejeitada devido à mudança. Este critério é necessário para que, quando uma nova teoria é proposta, haja uma boa razão para acreditar que todas as outras teorias são carentes de alguma virtude (Quine e Ullian, 1980; Kuhn, 1980; Popper, 1957)
Generalização	As áreas a mais que uma teoria pode ser aplicada a torna uma teoria melhor	Se uma teoria pode ser aplicada a um tipo de ambiente e uma outra teoria pode ser aplicada a muitos ambientes, então a segunda teoria tem mais virtude pois pode amplamente aplicada
Fecundidade	Uma teoria que é mais fértil na geração de novos modelos e hipóteses é melhor do que uma teoria que tem menos hipóteses	Teorias que expandem a área de investigação dentro de novas áreas conceituais são consideradas superiores às teorias que investigam a estabelecida área de pesquisa
Teoria da parcimônia, teoria da simplicidade, teoria da eficiência	Sendo todos aspectos iguais, a teoria com menos pressupostos é a melhor	Se duas teorias são iguais em todos os outros aspectos, aquela com menos hipóteses e definições é mais virtuosa. Esta virtude inclui também a noção de que, quanto mais simples é a explicação, melhor é a teoria
Consistência interna	Significa que a teoria identificou todos os relacionamentos e dá explicações adequadas	A teoria que melhor explica logicamente as variáveis e prevê o evento subsequente, é a melhor teoria. Essa virtude da consistência interna significa que as entidades e relacionamentos da teoria devem ser internamente compatíveis, utilizando lógica simbólica ou matemática. Significa que os conceitos e os relacionamentos são logicamente compatíveis entre si
Riscos empíricos	Qualquer teste empírico de uma teoria deve ser arriscado. A refutação deve ser muito possível, para a teoria seja considerada boa	Se existem duas teorias concorrentes, a teoria que prediz o mais improvável evento é considerado a teoria superior. No caso oposto, se a teoria prediz um evento muito provável, então não é visto como valiosa. Este critério é, por vezes, colocado de forma diferente: "Toda boa teoria tem pelo menos uma proibição, que proíbe certas coisas de acontecer" (Popper, 1957)
Abstração	O nível de abstração significa que ela é independente de tempo e espaço. Ela alcança essa independência incluindo mais relacionamentos	O nível de abstração significa que é melhor integrar muitos relacionamentos e variáveis em uma abrangente teoria. Se uma de duas teorias concorrentes integram conceitos mais internamente consistentes, essa teoria é mais virtuosa do que uma teoria que integra menos relações internamente consistentes

Fonte: Wacker (2004).

O resgate da revisão de literatura sobre critérios de desenvolvimento de boas teorias em Gestão de Operações na etapa inicial dos esforços de pesquisa dessa dissertação, é relevante pelas seguintes razões: (i) dá atributos qualitativos fundamentais para o pesquisador contemplar ao longo de toda a pesquisa que culmina com a construção de um modelo; (ii) tais critérios podem ser analisados frente aos resultados atingidos, ao final do trabalho visando o aperfeiçoamento da pesquisa e direcionamento de trabalhos futuros. Nesse ínterim, dentre outras ações para essa pesquisa, se faz necessário apresentar as definições consideradas dos principais conceitos envolvidos e citados ao longo dessa dissertação e suas referências de origem, as quais por consequência também expressam a visão de alinhamento do pesquisador. O critério de escolha dos conceitos formais considerados está pautado na proximidade com as oito regras sugeridas por Wacker (2004) conforme Quadro 4. Nesse sentido e concluindo, o Quadro 6 apresenta, desde já, as definições conceituais formais para os seguintes termos debatidos ao longo da presente pesquisa: Melhoria Contínua, *Lean Manufacturing*, Seis sigma,

Teoria das Restrições, Estratégia Corporativa ou de Negócios, Estratégia da Unidade de Negócio, Estratégia de Produção, e para as dimensões competitivas Qualidade, Velocidade, Confiabilidade, Flexibilidade e Custos.

Quadro 6 – Síntese das definições conceituais formais seguidas nessa dissertação

Definição conceitual formal de...	Definição	Fonte
Estratégia Corporativa (primeiro nível da Estratégia Competitiva)	É o estabelecimento de objetivos, desenvolvimento de planos e conjunto de direções que asseguram a vantagem competitiva da organização.	Hayes, Pisano, Upton e Wheelwright (2008)
Estratégia da Unidade de Negócio (segundo nível da Estratégia Competitiva)	É a estratégia definida para uma linha de produtos, divisão de negócios ou uma subsidiária na qual se especifica o escopo do negócio e seu relacionamento com a corporação como um todo e se propõe a posicionar dentro de um determinado setor para alcançar e manter vantagem competitiva.	Hayes, Pisano, Upton e Wheelwright (2008)
Estratégia de Produção (terceiro nível da Estratégia Competitiva, é uma Estratégia Funcional)	É um conjunto de metas, políticas e restrições auto-impostas que descrevem como a organização planeja dirigir e desenvolver todos os recursos investidos na produção para melhor cumprir (e possivelmente redefinir) sua missão. Seu objetivo é guiar a organização da produção para a montagem e alinhamento dos recursos que irão propiciar a implementação da estratégia competitiva.	Hayes, Pisano, Upton e Wheelwright (2008)
Dimensão Competitiva: Qualidade	É a capacidade de oferecer produtos em conformidade com as especificações de projeto.	Slack (2000)
Dimensão Competitiva: Velocidade	É a capacidade de tornar o tempo entre a colocação de um pedido e a entrega do produto ao cliente menor do que o tempo dos concorrentes.	Slack (2000)
Dimensão Competitiva: Confiabilidade	É a capacidade de cumprir as promessas de prazo de entrega.	Slack (2000)
Dimensão Competitiva: Flexibilidade	É a capacidade de adaptar ou reconfigurar a operação sempre que necessário e com rapidez adequada para atender às mudanças de demanda ou às necessidades do sistema produtivo.	Slack (2000)
Dimensão Competitiva: Custos	É a capacidade de oferecer produtos a custos mais baixos do que os concorrentes.	Slack (2000)
Melhoria Contínua	É um processo focado na inovação incremental e contínua que envolve toda a empresa.	Caffyn & Bessant (1996)
Lean Manufacturing	É uma abordagem que busca uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo a qual é possível fazer cada vez mais com menos.	Womack & Jones (1996)
Seis Sigma	É uma metodologia de melhoria contínua estruturada para reduzir a variabilidade e remover perdas nos processos de negócio.	Bañuelas & Antony (2004)
Teoria das Restrições	A TOC é definida como uma filosofia de gestão que fornece um foco para a melhoria contínua, resultando na melhoria do desempenho organizacional.	Inman et al. (2009)

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Após a consolidação e apresentação no Quadro 6 dos conceitos formais, as subsequentes seções do referencial teórico discorrem de forma detalhada sobre os principais aspectos relacionados a tais conceitos, fundamentais para essa pesquisa, a começar pela estratégia competitiva.

2.2 ESTRATÉGIA COMPETITIVA

A literatura sugere que as origens do termo estratégia remetem às guerras e às táticas militares de combate. Estudos como o de Camargos e Dias (2003) sugerem que os primeiros usos do termo estratégia remetem ao líder militar e estrategista chinês Sun Tzu no século IV A.C, o qual dizia que suas estratégias de vitória em guerras não poderiam ser vistas, porém definiam as táticas a serem seguidas pelo exército e as vitórias sobre os inimigos. Inúmeros trabalhos no campo do *Management* vêm discutindo as definições e contexto de uso da estratégia

competitiva. Como definição, Porter (1979) considera estratégia como a maneira como a empresa enfrenta a competição. Para Fine e Hax (1985) é a busca pela vantagem competitiva de longo prazo sobre a concorrência nos negócios que a empresa. Já para Mintzberg (1990) estratégia é um padrão ou plano que integra as metas, políticas e sequências de ações da empresa; e a estratégia bem formulada direciona os recursos da empresa numa única e viável postura considerando suas competências internas e se antecipando a mudanças e as ameaças.

Em se tratando do contexto e aplicação, segundo Slack, Chamber e Johnston (2009), a estratégia pode ser realizada de forma *top down* ou *bottom up*. A estratégia pelo método *top down*, segundo Slack, Chamber e Johnston (2009) considera que as decisões são tomadas corporativamente e depois desdobradas para os níveis de negócio e áreas funcionais. Isso significa que a empresa define a forma de competir e partir daí realiza as adaptações nos níveis abaixo para a execução dessa estratégia. Em contrapartida, na estratégia *bottom up* as decisões para formulação da estratégia dependem da avaliação das competências internas para definir a forma de atuação no mercado da empresa. De acordo com Hayes et al. (2008) a estratégia é desdobrada de maneira *top down* a partir de três níveis organizacionais: Estratégia Corporativa, Estratégia da Unidade de Negócio e Estratégias Funcionais (Estratégia de Produção, Marketing, etc.).

2.2.1 Gestão de Operações

Antes de aprofundar a discussão sobre Estratégia Competitiva, faz-se necessário, objetivamente, abordar a evolução e contexto da Gestão de Operações. Segundo Corrêa e Corrêa (2011) a Gestão de Operações ocupa-se da atividade de gerenciamento estratégico dos recursos escassos (humanos, tecnológicos, informacionais e outros), de sua interação e dos processos que produzem e entregam bens e serviços, visando atender a desejos de qualidade, tempo e custo dos seus clientes. Além disso, deve também compatibilizar este objetivo com as necessidades de eficiência no uso dos recursos que os objetivos estratégicos requerem.

As origens mais primárias da Gestão de Operações são difíceis de rastrear, haja vista que, Operações sempre tiverem de ser gerenciadas, pois sempre houve organizações gerando e entregando valor a clientes, seja de forma explícita ou não.

Alguns exemplos são: a Grande Muralha da China, as estradas do Império Romano e as Pirâmides do Egito (CORRÊA, H.; CORRÊA, C., 2011). Segundo Skinner (1985) a fundação da Gestão de Operações está diretamente ligada com a Administração Científica a partir dos estudos de Frederick W. Taylor, o casal Frank e Lillian Gilbreth bem como Henry L. Gantt. Paiva et al. (2009), objetivamente, propõe o desenvolvimento da Gestão de Operações no tempo, a partir da Figura 3 a seguir:

Figura 3 – Evolução histórica da Gestão de Operações

Ano	Fase	Filosofia básica	Base de Competição	Organização Industrial
anterior a 1800	Produção artesanal	Mão de obra qualificada, baixos volumes e qualidade variável	Flexibilidade	Dono do negócio e responsável pelo andamento das diferentes funções
1800 - 1850	Capitalismo Técnico	Poder e Controle	Substituição das Importações	Dono próximo da operação e domínio da tecnologia. Capataz cuida da produção
1850 - 1890	Introdução da Produção em Massa	Intercambiabilidade de componentes	Baixo Custo	Dono preocupado com a tecnologia e investimentos. Encarregado cuida da produção
1890 - 1920	Administração Científica	"The One and the Best Way" de produzir	Eficiência	A administração toma o poder do encarregado sobre a produção
1920 - 1960	Anos Dourados da Manufatura	Curva de Aprendizado	Volume	Automatização da mão-de-obra direta
1960 - 1990	Declínio da Manufatura americana. Entrada de novos competidores no mercado internacional	Técnicas numéricas e computacionais versus os modelos simplificados descentralizados	Automação de base eletrônica. Qualidade e variedade	Automatização da mão-de-obra indireta. Descentralização das decisões
1990 - 2000	Manufatura como arma competitiva	Um tipo de produção para cada estratégia de negócio	Qualidade, Variedade e Velocidade	Fábrica focalizada. Trabalhos em equipes. Lançamentos de novos produtos.
2000 em diante	Pós-industrialismo	Produção + serviços agregados	Inovação e Customização	Supply Chain Management. Redes de empresa

Fonte: Paiva et al. (2009).

2.2.2 Níveis da Estratégia Competitiva

Segundo Hayes et al. (2008), a estratégia é desdobrada de maneira *top down* a partir de três níveis organizacionais, que são : (i) em um primeiro nível, a estratégia corporativa; (ii) em um segundo nível, a estratégia de negócio; (iii) e a estratégia funcional, no terceiro nível. A Figura 4 representa tais níveis de abrangência da estratégia competitiva. No nível da estratégia corporativa são consideradas as decisões sobre segmentos industriais e mercados onde a empresa atua ou pode atuar, assim como é feita a análise de sua estrutura (forças e fraquezas) diante desse contexto. A meta principal é o crescimento e a definição sobre captação e alocação de recursos para os níveis da empresa. Segundo Paiva et al. (2009) os administradores devem estar cientes dos fatores ambientais que podem de alguma forma afetar o grupo e tais fatores se referem à: tecnologia, ecologia, aspectos econômicos, o setor em que a empresa atua, a sociedade e aspectos políticos. Tais

fatores são o referencial necessário para a formulação da estratégia corporativa da empresa.

Figura 4 – Os três níveis da Estratégia Competitiva *top down*



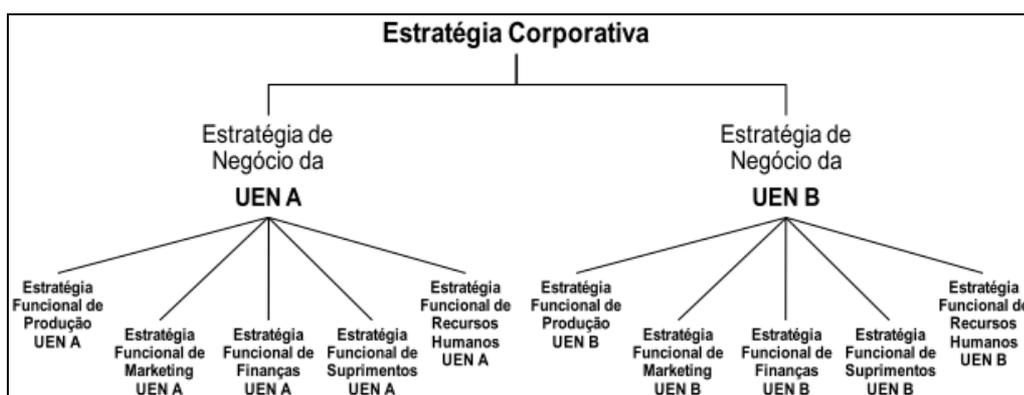
Fonte: Hayes et al. (2008).

Já no nível da estratégia de negócio, segundo Hayes et al. (2008), o foco são as UENs da empresa, que são definidas por uma linha de produtos, por uma divisão de negócios ou uma subsidiária da empresa. Nesse nível da estratégia competitiva, se especifica o escopo do negócio e seu relacionamento com a corporação como um todo e se propõe a se posicionar dentro de um determinado setor para alcançar e manter vantagem competitiva. Paiva et al. (2009) afirmam que se existir apenas uma UEN, a estratégia corporativa tende a coincidir com a da UEN. Os fatores ambientais da estratégia corporativa, interagindo com a unidade de negócios, continuamente criam o termo dito “caráter” da UEN que são os compromissos internos oriundos da forma com a empresa age em resposta a essas pressões. O caráter da UEN define a sua competência distinta, ou seja, aquela capacidade que a distingue das demais e que pode ser decisiva para a competitividade; ou seja, competência distinta é mais do que a empresa pode fazer, é o que ela pode fazer particularmente bem. A estratégia de negócio deve contemplar as políticas, planos e objetivos de um negócio para se manter em um ambiente complexo competitivo. Segundo Rumelt (1988), o sucesso da estratégia de negócios, pode ser avaliada considerando quatro aspectos: (i) consistência: deve representar as metas e políticas consistentes entre si; (ii) consonância: deve representar uma resposta, adaptativa ao ambiente externo e às mudanças críticas nele ocorridas; (iii)

vantagem: deve permitir a criação e manutenção da vantagem competitiva no setor que atua; (iv) viabilidade: a estratégia deve ser factível dentro dos recursos existente e não deve criar problemas insolúveis. A visão de Porter (1980) é de que a empresa pode usar três abordagens na estratégia de negócios para enfrentar as cinco forças competitivas (poder de barganha dos clientes, poder de barganha dos fornecedores, concorrentes, ameaça de produtos substitutos e ameaça de novos entrantes): (i) liderança por custo: expõe a necessidade de ganhos de escala, desde a compra da matéria-prima e a produção, até a negociação com os clientes; (ii) diferenciação: pressupõe a qualidade ou outra forma de diferenciação do produto ou serviço oferecido para gerar características únicas e exclusivas, criando algo que seja diferencial no âmbito competitivo; (iii) enfoque: visa um determinado segmento de mercado, linha de produtos ou mercado geográfico, baseado no fato de que focalizando, a empresa terá melhores condições de atender melhor seu alvo específico em relação às empresas que atuam amplamente.

Por sua vez, a estratégia funcional, consoante Hayes et al. (2008), relaciona as áreas da UEN (Finanças, Marketing, Produção, Compras, P&D, etc) da empresa para suportar o posicionamento estratégico definido. Klippel (2005) sugere que podem existir diferentes estratégias funcionais, segundo as UENs da empresa, conforme Figura 5.

Figura 5 – Estratégias Funcionais segundo Klippel (2005)



Fonte: Klippel (2005).

Paiva et al. (2009) sugerem que apesar de no haver uma concordncia dominante para a definio de estratégia de operao, espera-se que esta, alcance os objetivos da rea de operao, busque vantagem competitiva e focalize um padro de deciso s operao. Paiva et al. (2009) afirmam que baseando-se no

modelo de Porter, há três estratégias genéricas de operações: (i) liderança em custo pura: é viável quando a estrutura de custos muda entre competidores devido a economias de escala, acesso diferenciado a matérias primas ou canais de distribuição; (ii) estratégia de diferenciação pura: procura atingir e manter a variedade e a boa qualidade dos produtos com entregas pontuais; os clientes devem buscar outros atributos que não o preço e à empresa cabe grandes esforços em marketing, P&D, criatividade e reputação relacionada com tecnologia e qualidade. Por sua vez, os sistemas de manufatura precisam ter os requisitos de flexibilidade, qualidade e serviços; (iii) estratégia de custo e diferenciação: os avanços tecnológicos de manufatura (*Flexible Manufacturing System-FMS* e *Computer Aided Manufacturing-CAM*) viabilizam maior flexibilidade em projetos, *mix* de produtos, rápidas respostas às mudanças de mercado e mais rápida programação da produção.

2.2.3 Estratégia de Produção

Pode-se afirmar que os estudos sobre Estratégia de Produção estão em contínua evolução desde o texto seminal de Skinner (1969). Ao investigar as razões da queda da competitividade industrial do EUA o autor criticou o “*the one and the best way*” proposto por Frederick Taylor para gerenciar a manufatura e sinteticamente propõe que: (i) diferentes organizações têm diferentes forças e fraquezas e podem escolher competir de diferentes maneiras; (ii) similarmente, diferentes sistemas de produção possuem diferentes características de operações e portanto a empresa não deveria adotar um sistema de produção padrão (modismo) disponível na indústria; (iii) a tarefa da manufatura é construir um sistema de produção que permeie uma série de inter-relacionadas e internas escolhas consistentes, refletindo as prioridades e os *trade-offs* implícitos na sua situação competitiva e estratégica; (iv) há a necessidade de um novo olhar para os sistemas de produção, que considere questões além da tecnologia aplicada. Desde Skinner (1969), diversas definições a cerca da estratégia de produção foram apresentadas na literatura. O Quadro 7 procura apresentar a evolução ao longo do tempo dessas definições ao resgatar a visão de alguns dos principais autores no tema:

Quadro 7 – Evolução das definições de Estratégia de Produção

Autor	Definição
Skinner (1969)	Se refere a explorar certas propriedades da função manufatura como uma arma competitiva
Hayes e Wheelwright (1984)	Uma sequência de decisões sobre o tempo, que favorece a unidade de negócio a alcançar uma estrutura de manufatura desejada, infraestrutura e um conjunto de capacitações específicas
Fine & Hax (1985)	É uma parte crítica da estratégia corporativa e de negócios da firma, composta por um conjunto de objetivos coordenados e programas de ação que visam sustentar vantagem competitiva sobre os competidores.
Hill (1987)	É uma critica parte da estratégia de negócio e corporativa da firma, contemplando um conjunto de objetivos coordenados e programas de ação visando a sustentabilidade a longo prazo e vantagem sobre os competidores
Cox e Blackstone (1998)	Um conjunto de decisões que age sobre a formulação e desenvolvimento de recursos da manufatura. Para ser mais efetiva, deveria agir no suporte das estratégias globais do negócio e prover alcançar vantagens competitivas
Brown (1999)	É uma força direcionadora para melhorias contínuas nas prioridades competitivas que possibilita a firma satisfazer uma variedade de prioridades
Slack e Lewis (2003)	É um padrão total de decisões que moldam a longo prazo a capacidade de uma operação em contribuir com a estratégia formulada
Skinner (2007)	É um conjunto de políticas estratégicas designadas para maximizar a performance pelos trade-offs e pelos critérios de sucesso para atender a tarefa da manufatura determinada por um estratégia corporativa
Hayes et. al (2008)	É uma orientação para as operações da organização quanto à montagem e alinhamento de recursos capazes de implementar eficientemente a estratégia competitiva

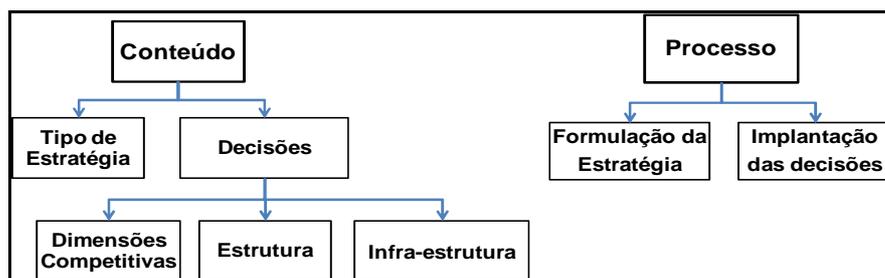
Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

É importante ressaltar, que essa dissertação adota a definição de Estratégia de Produção proposta por Hayes et al. (2008). Analisando o Quadro 7 nota-se em síntese: (i) um entendimento entre os autores de que a Produção é estratégica para a competitividade presente e futura da empresa; (ii) pressupõe um conjunto de objetivos e decisões coordenados ao longo do tempo; (iii) exige um alinhamento ajustado e aderente com a estratégia de corporativa e de negócio; (iv) consideram a importância das prioridades competitivas como elemento fundamental.

Todavia, tão importante quanto a definição da Estratégia de Produção, é a sua implementação. Dupont (2011) desenvolveu um método de concepção da estratégia de produção ao dividir a empresa em SubUENs. Dupont (2011) define SubUEN como o local físico na fábrica que produz uma família de produtos que atende diretamente a determinado(s) mercado(s) que possui(em) exigências em relação aos produtos (dimensões competitivas/atributos de marketing) as quais permitem mensurar e analisar o seu resultado econômico-financeiro de forma específica. As etapas iniciais do método serviram como ponto de partida para o modelo proposto nessa pesquisa.

Slack e Lewis (2003) assumem que a Estratégia de Produção só terá êxito se contemplar como variáveis: (i) as necessidades dos clientes; (ii) o posicionamento no mercado; (iii) as ações da concorrência. E a partir daí, as ações estratégicas devem refletir nos objetivos de desempenho ou dimensões competitivas e nas áreas de decisão. Swink, e Way (1995) e Voss (1995) argumentam que existem duas linhas de estudos sobre a implementação da Estratégia de Produção: conteúdo (o que) e processo (como). Conteúdo representa as decisões tomadas para sua eficácia (prioridades competitivas, decisões estruturais e de infraestrutura), enquanto que processo são as etapas de formulação e implantação da estratégia. Leong et al. (1990) também considera nas áreas de decisão questões estruturais e de infra-estrutura. A Figura 6 representa essas duas linhas de estudos sobre a implementação da Estratégia de Produção segundo Swink e Way (1995):

Figura 6 – Diferença entre conteúdo e processo da estratégia de produção



Fonte: Swink e Way (1995).

Para Hayes et al. (2008), as categorias de decisões estruturais são referentes aos investimentos normalmente de longo prazo nas instalações físicas e são irreversíveis. Enquanto que, as categorias de decisões infraestruturais são os sistemas, políticas e práticas que determinam como os aspectos estruturais são gerenciados. Tais categorias de decisão estão sintetizadas no Quadro 8.

É importante destacar que as escolhas feitas para cada tipo de decisão geram efeitos variados nos custos operacionais, qualidade, confiabilidade, velocidade e dimensões dos novos produtos da companhia. Ou seja, existe uma forte relação de dependência entre as prioridades competitivas e as categorias de decisão. Ainda, as prioridades competitivas e estratégias de produção precisam ser claramente comunicadas e as decisões estruturais e infraestruturais devem ser monitoradas para verificação da consistência (HAYES et al., 2008).

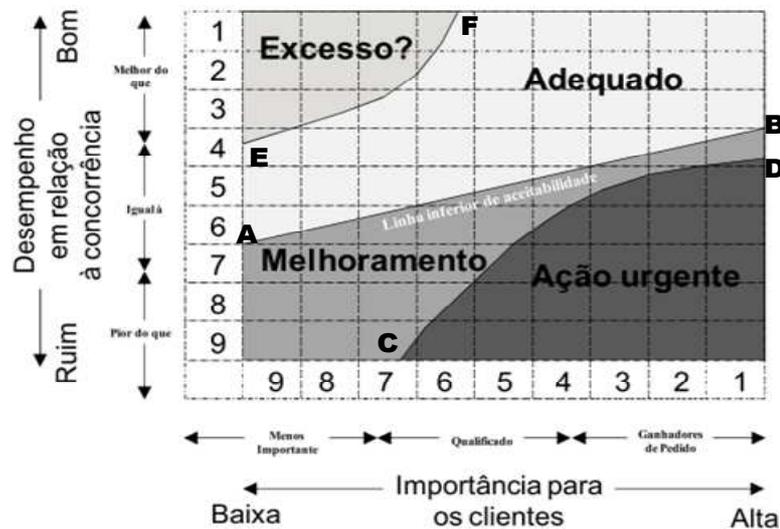
Quadro 8 – Categorias de decisão

Decisões estruturais
Capacidade: quantidade, tipo e tempo
Fornecimento e integração vertical: direção, extensão e balanço
Instalações: tamanho, localização e especialização
Informação e tecnologia de processo: grau de automação, interconectividade, liderar x seguir
Decisões infra-estruturais
Alocação de recursos e sistemas de orçamento de capital
Sistemas de recursos humanos: seleção, habilidades, compensação, segurança do empregado
Planejamento do trabalho e sistemas de controle: compras, plano agregado, planejamento, controle ou estoques e reservas de tempo de espera
Sistemas de qualidade: prevenção de defeitos, monitoramento, intervenção e eliminação
Medição e sistemas de recompensa: medição, bônus, política de promoções
Sistemas de desenvolvimento produtos e processos: líder ou seguidor, organização da equipe de projetos
Organização: centralizada x descentralizada, quais decisões deve-se delegar, papel dos grupos de apoio

Fonte: Hayes et al. (2008).

Como forma de ilustrar o impacto das prioridades competitivas nas categorias de decisão, Hayes et al. (2008) exemplifica dois casos: (i) a maioria das organizações que continuamente ajustam seus índices de produção para seguir a demanda, tende a ter maior custo de produção e menor consistência de qualidade, em relação às que tentam manter um nível de produção, absorvendo flutuações de demanda com inventários; (ii) se a meta for responder rapidamente à pequenas ordens de pedidos customizados e mudanças rápidas nas exigências do cliente, provavelmente a estratégia deve ser gerar excesso de capacidade, com equipamentos e pessoal organizados em *job shop*, cultivando fornecedores capazes de reagir rapidamente às mudanças necessárias. Slack, Chamber e Johnston (2009) propõe o desenvolvimento da estratégia de produção analisando as dimensões competitivas a partir da visão da importância para os clientes versus o do desempenho da empresa em comparação aos concorrentes, conforme Figura 7. O julgamento da matriz é feito seguindo os critérios do Quadro 9.

Figura 7 – Matriz de Importância e Desempenho



Fonte: Slack, Chamber e Johnston (2009).

Quadro 9 – Julgamento da matriz importância x desempenho

Escala de <u>Importância</u> para os clientes			Escala de <u>Desempenho</u> frente aos concorrentes		
Nota	Descrição	#	Nota	Descrição	#
1	Proporciona uma vantagem crucial junto aos clientes - é o principal impulso da competitividade	Ganhadores de pedido	1	Consistente e consideravelmente melhor do que o nosso melhor concorrente	Melhor que os concorrentes
2	Proporciona uma importante vantagem junto aos clientes - é sempre considerada	Ganhadores de pedido	2	Consistente e claramente melhor do que nosso melhor concorrente	Melhor que os concorrentes
3	Proporciona uma vantagem útil junto à maioria dos clientes - é normalmente considerada	Ganhadores de pedido	3	Consistente e marginalmente melhor do que nosso melhor concorrente	Melhor que os concorrentes
4	Precisa estar pelo menos marginalmente acima da média do setor	Qualificador de pedido	4	Com frequência marginalmente melhor do que nosso melhor concorrente	Igual aos concorrentes
5	Precisa estar em torno da média do setor	Qualificador de pedido	5	Aproximadamente o mesmo da maioria de nossos concorrentes	Igual aos concorrentes
6	Precisa estar a pouca distância da média do setor	Qualificador de pedido	6	Com frequência, a uma distância curta atrás de nossos principais concorrentes	Igual aos concorrentes
7	Normalmente não é considerado pelos clientes, mas pode tornar-se mais importante no futuro	Menos importante	7	Usual e marginalmente pior que a maioria de nossos principais concorrentes	Pior que os concorrentes
8	Muito raramente é considerado pelos clientes	Menos importante	8	Usualmente pior que a maioria dos nossos concorrentes	Pior que os concorrentes
9	Nunca considerado pelos clientes e provavelmente nunca o será	Menos importante	9	Consistentemente pior que a maioria dos nossos concorrentes	Pior que os concorrentes

Fonte: Slack, Chamber e Johnston (2009).

As zonas de prioridade de melhoramento da matriz são classificadas, segundo Slack, Chamber e Johnston (2009) da seguinte forma: (i) a fronteira inferior de aceitabilidade (AB) separa o nível aceitável (acima de AB, não há uma urgência imediata de melhoramento) do inaceitável (abaixo de AB, há a necessidade imediata de melhoramento); (ii) zona de excesso: os fatores nessa área são de alto desempenho, mas não são importantes para os clientes. Deve-se avaliar se recursos gastos aqui podem ser usados em outro lugar; (iii) zona adequado: os fatores competitivos estão acima da fronteira de aceitabilidade e devem ser considerados satisfatórios; (iv) zona melhoramento: se está abaixo da fronteira, deve ser melhorado; (v) zona de ação urgente: os fatores são importantes para os clientes, mas o desempenho é inferior aos concorrentes. Precisam ser melhorados urgentemente.

Concluindo, pode-se afirmar que, hierarquicamente, as prioridades competitivas definem o formato das decisões estruturais, que por sua vez vão influenciar na deliberação das decisões infraestruturais (VOSS, 1995). Daí emerge a importância de debater as dimensões competitivas e seu impacto na estratégia de produção e na competitividade.

2.2.4 Dimensões Competitivas

Slack, Chamber e Johnston (2009) classificam as dimensões competitivas sob a ótica do mercado em: (i) critérios ganhadores de pedido: contribuem de forma direta e significativa para a realização do negócio; (ii) qualificadores: devem satisfazer o padrão mínimo de desempenho do mercado; (iii) menos importantes: não influenciam na decisão de realização do negócio. E desde Skinner (1969) a literatura de estratégia de produção traz diferentes dimensões estratégicas. Para as organizações caberia escolher uma ou mais prioridades para desenvolver sua estratégia.

Segundo Vickery et al. (1996) a noção das dimensões competitivas na manufatura está bem estabelecida na literatura; estas seriam: qualidade, velocidade de entrega, flexibilidade de volume e baixo custo de produção. Entretanto, ao longo do debate acadêmico em Gestão de Operações, autores têm apresentado diferentes prioridades competitivas. Na visão de Ward et al. (1998) mesmo que existam diferenças de significados nessas diferentes classificações, existe um entendimento de que as dimensões podem ser expressas em quatro componentes: baixo custo, qualidade, tempo de entrega e flexibilidade. Os estudos de Fine e Hax (1985), Wheelwright (1984) e Roth e Velde (1991) reforçam o argumento de Ward et al. (1998). Já a revisão da literatura de Dangayach e Desmukh (2001) encontrou as seguintes dimensões: custo (produção, distribuição e produtos a baixo custo), qualidade (produzir produtos com alta qualidade ou padrão de performance), confiabilidade de entrega (entregas no prazo), velocidade de entrega (reagir rapidamente para pedidos do cliente) e flexibilidade (reagir a mudanças de produtos, no *mix*, projeto, materiais e mudanças seqüenciais).

Para Meyer (1992) as prioridades estratégicas são: custo, flexibilidade, qualidade, entrega, serviço de pós venda e rede de distribuição dos produtos. Para Sweeney e Szwejczewski (1996, 2000): custo, qualidade, alteração no projeto de produto, performance do produto, entrega rápida e entrega no tempo certo. Avella-Camarero et al. (1996, 1999) sugerem como dimensões estratégicas: eficiência, qualidade, flexibilidade, entrega e serviço de pós-vendas. Já para Kathuria (2000), Cleveland et al. (1989), Ferdows e Meyer (1990), Flynn et al. (1999), Kim e Arnold (1992), Miller e Roth (1994), Roth e Miller (1992), Swamidass e Newell (1987),

Vickery et al. (1993, 1994), Ward et al. (1994, 1995), White (1996) e Sum et al. (2004), as dimensões estratégicas são: custo, qualidade, flexibilidade e entrega.

Christiansen et al. (2003) classificam as dimensões estratégicas em: preço, qualidade, entrega rápida, confiança na entrega, tempo do mercado, projeto do produto, variedade e customização. Para Diaz e Martins (2004) as dimensões estratégicas são: custo, qualidade, flexibilidade, entrega, serviço de pós-vendas e proteção do ambiente. Miller e Roth (1994), identificaram três tipos de estratégia de operações e sugerem a importância dos seguintes fatores: preço, flexibilidade de projeto, flexibilidade de volume, qualidade, alta performance do produto, entrega rápida, entrega confiável, serviço de pós vendas, distribuição. Os estudos de Leong et al. (1990) reportaram que uma quinta capacitação estratégica vem sendo apresentada: a inovação. Entretanto, a revisão da literatura feita pelos autores não evidenciou que a inovação vem sendo usada empiricamente como uma capacitação prioritária.

Segundo Paiva et al. (2009), a busca por custos baixos baseia-se em três conceitos clássicos: economias de escala, curva de experiência e produtividade. E pode-se obter a melhoria a partir de: melhorias de processos, melhoria na qualificação do quadro funcional, integração com fornecedores e tecnologia de gestão e equipamentos. Já a dimensão qualidade pode ser dividida em oito subdivisões: desempenho, características complementares, confiabilidade, conformidade, durabilidade, serviços agregados, estética e qualidade percebida. Paiva et al. (2009), classificam a dimensão flexibilidade em: de novos produtos, de *mix* de produtos, de volume e de entrega e dimensão desempenho de entrega em: confiabilidade de entrega e velocidade de entrega. Corrêa e Corrêa (2011) dizem que é necessária precisão ao definir os objetivos a perseguir, pois há situações em que o gestor deve optar por algum objetivo em detrimento do desempenho superior de outro, ou seja, a natureza do *trade-off*. Porém, para que a renúncia seja acertada é preciso saber precisamente as prioridades dos clientes quanto aos diferentes objetivos competitivos. Corrêa e Corrêa (2011) fazem a proposição dos seguintes objetivos e subobjetivos, de acordo com o Quadro 10:

Quadro 10 – Objetivos e subobjetivos competitivos

Objetivos	Subobjetivos	Descrição
Preço/custo	Custo de produzir	Custo de produzir o produto
	Custo de servir	Custo de entregar e servir ao cliente
Velocidade	Acesso	Tempo e facilidade para ganhar acesso à operação
	Atendimento	Tempo para iniciar o atendimento
	Cotação	Tempo para cotar preço, prazo, especificação
	Entrega	Tempo para entregar o produto
Confiabilidade	Pontualidade	Cumprimento de prazos acordados
	Integridade	Cumprimento de promessas feitas
	Segurança	Segurança pessoal ou de bens do cliente
	Robustez	Manutenção do atendimento mesmo que algo dê errado
Qualidade	Desempenho	Características primárias do produto
	Conformidade	Produto conforme as especificações
	Consistência	Produto sempre conforme as especificações
	Recursos	Características acessórias do produto
	Durabilidade	Tempo de vida útil do produto
	Confiabilidade	Probabilidade de falha do produto no tempo
	Limpeza	Asseio das instalações da operação
	Conforto	Conforto físico do cliente oferecido pelas instalações
	Estética	Características (das instalações e produtos) que afetam os sentidos
	Comunicação	Clareza, riqueza, precisão e frequência da informação
	Competência	Grau de capacitação técnica da operação
	Simpatia	Educação e cortesia no atendimento
Flexibilidade	Atenção	Atendimento atento
	Produtos	Habilidade de introduzir/modificar produtos economicamente
	Mix	Habilidade de modificar o mix produzido economicamente
	Entregas	Habilidade de mudar datas de entrega economicamente
	Volumes	Habilidade de alterar volumes agregados de produção
	Horários	Amplitude de horários de atendimento
Área	Amplitude de área geográfica na qual o atendimento pode ocorrer	

Fonte: Corrêa e Corrêa (2011).

Corrêa e Corrêa (2011) também propõe uma matriz, conforme Quadro 11, para fazer a análise do impacto dos objetivos de desempenho nas categorias de decisões estruturais e infraestruturais. As categorias de decisões estruturais e infraestruturais citadas anteriormente segundo Hayes et al. (2008) são descritivas. Já a matriz proposta por Corrêa e Corrêa (2011) estabelece uma relação de impacto ou influência, que se torna relevante para o contexto prático no ponto de vista da Gestão das Operações.

Quadro 11 – Matriz de impacto: objetivos de desempenho x categorias de decisões

Áreas de Decisão Estratégica em Operações														
Critérios de Desempenho	Projeto de produtos e serviços	Processo e tecnologia	Instalações	Capacidade / demanda	Força e projeto do trabalho	Gestão da qualidade	Organização	Filas e fluxos	Sistemas de PPCP	Sistemas de informação	Redes de suprimentos	Gestão de relacionamento	Medidas de desempenho	Sistemas de melhoria
	CUSTO													
Custo de produzir	+	++	+	++	+	+		+	+	+	++		++	++
Custo de servir	+	+	++					++	+	+	++		++	++
VELOCIDADE														
Acesso	+	+	++	++				++		++			+	++
Atendimento				++	+	+		++		++	+	++	++	++
Cotação				+			+	++	++	+	+		+	++
Entrega	+			++		+		++	++		+		++	++
CONFIABILIDADE														
Pontualidade		+	+	++	+	+		+	++		+		++	++
Integridade					++					++		++	+	++
Segurança		+	++			+				++			+	++
Robustez	+	++				+	++		++	+			+	++
QUALIDADE														
Desempenho	++	++		+	++	+		+			++		++	++
Conformidade	+	++				++					+		++	++
Consistência	+	++				++		+	+				++	++
Recursos	++										++		+	+
Durabilidade	++	+				+							+	++
Confiabilidade	+					+						++	+	++
Limpeza			+			+	+						++	++
Conforto	++		++	++		+		++					+	++
Estética	++		++										+	+
Comunicação	+	+		+	++		++		+	++	++	++	++	++
Competência	+				++		++				++	+	+	++
Simpatia	+				++	+	+					++	+	++
Atenção	+			++	++	+	+					++	++	++
FLEXIBILIDADE														
Produtos	+	++		++	+		++			++	++		+	++
Mix	+	++		+	+		+		++				+	++
Entregas				++			++		++	+	+		+	++
Volume			+	++					+		++		+	++
Horários	+				++								+	+
Área	+		++									++	+	+
Legenda		Sem influência relevante												
	+	Influência moderada												
	++	Influência forte												
		lacunas na visão do autor												

Fonte: adaptado de Corrêa e Corrêa (2011).

Todavia, apesar da relevante contribuição da matriz de impacto de Corrêa e Corrêa (2011), a análise mais detalhada pode evidenciar algumas lacunas identificadas pelo autor dessa dissertação, conforme destacado na matriz. Assim sendo, sugere-se que a interação entre Flexibilidade de Entrega e Volume *versus* Força e projeto do trabalho e Gestão da Qualidade seja de Influência Moderada;

para a interação entre Limpeza *versus* Organização e Instalações sugere-se ser de Influência Forte, baseando-se nos conceitos e sentidos advindos do tradicional 5S que pregam a organização do ambiente. Dentre os *gaps* identificados consideram-se mais relevantes para essa dissertação discutir e propor ajustes nas seguintes interações: (i) Flexibilidade de *Mix* e de Entregas *versus* Instalações: é definido como “Sem influência relevante”. Entretanto, na configuração da estratégia de produção, caso deseje-se obter flexibilidade de *mix* e entrega se faz necessário e fundamental rever as instalações (tamanho, layout, localização e, sobretudo especialização segundo Hayes et al., 2008) considerando os seguintes fatores relacionados: tempos de *setups*, distância da firma em relação aos canais de distribuição e sobretudo a especialização dos equipamentos e recursos humanos. Assim sendo, a sugestão de alteração na matriz é que essa interação seja considerada como “Influência forte” ao invés de “Sem influência relevante”; (ii) Flexibilidade de Entregas e Volume *versus* Filas e fluxos: pode-se dizer que a discussão sobre o impacto sobre esse tipo de Flexibilidade nas filas e fluxos parece já estar consolidada na literatura. Para Umble e Srikanth (1995), por exemplo, o fluxo de manufatura não sincronizado tem longos *lead times* e os materiais gastam grande quantidade de tempo esperando em filas e elevado nível de estoque em processos. Enquanto que, em um sistema sincronizado, o *lead time* é relativamente curto e os materiais permanecem pouco tempo em filas e o estoque em processo é baixo. Dado que a Flexibilidade de entrega e volume é afetada pelos níveis de estoques (estoques em processo, estoques antes de montagens finais, etc) ao longo do sistema produtivo, a conclusão é que essa interação seja considerada como “Influência forte” ao invés de “Sem influência relevante”.

Assim, visando o melhor entendimento das dimensões já consolidadas e frequentemente citadas na literatura, bem como apresentar as dimensões aparentemente ainda em discussão na Estratégia de Operações, fez-se para essa dissertação a pesquisa em relevantes artigos em Gestão de Operações e tal resultado está sintetizado no Quadro 12.

Quadro 12 – Síntese das dimensões competitivas

Autor (es)	Consolidadas na literatura						Em discussão na literatura		
	Custo	Entrega	Velocidade	Flexibilidade	Qualidade	Inovação	Serviços	Interação da Supply Chain	Sustentabilidade
Vickery et al. (1996)	*	*		*	*				
Skinner (1974)	*	*		*	*				
Hayes & Wheelwright (1984)	*	*		*	*				
Dangayach & Desmukh (2001)	*	*		*	*				
Roth & Velde (1991)	*	*		*	*				
Fine & Hax (1985)	*	*		*	*				
Ward et al. (1998)	*	*		*	*				
Cleveland et al. (1989)	*	*		*	*				
Ferdows & De Meyer (1990)	*	*		*	*				
Kathuria (2000)	*	*		*	*				
Kim & Lee (1993)	*	*		*	*				
Flynn et al. (1999)	*	*		*	*				
Kim & Arnold (1992)	*	*		*	*				
Miller & Roth (1994)	*	*		*	*				
Roth & Miller (1992)	*	*		*	*				
Ward et al. (1994, 1995)	*	*		*	*				
Mills et al. (2002)	*	*		*	*				
De Meyer (1992)	*	*			*		*		
Sweeney & Szwejczewski (1996)	*	*			*		*		
Slack (1994, 2000)	*	*	*	*	*				
Corrêa e Corrêa (2011)	*	*	*	*	*				
Fusco (1995)	*	*	*	*	*				
Díaz e Martins (2004)	*	*		*	*		*		*
Martín-Peña e Díaz-Garrido (2008)	*	*		*	*		*		*
Rosenzweig (2003)	*	*		*	*			*	
Frohlich & Westbrook (2001)	*	*		*	*			*	
Khurana & Talbot (1998)	*	*		*	*			*	
Kopczak (1997)	*	*		*	*			*	
Paiva et al. (2009)	*	*		*	*	*			
Leong et al (1990)	*	*		*	*	*			
Dangayach e Deshmukh (2006)	*	*		*	*	*			
Avella-Camarero et al. (1996,1999)	*	*		*	*		*		
Miller & Roth (1994)	*	*		*	*		*		

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A síntese do Quadro 12 identificou sete diferentes agrupamentos das dimensões competitivas a partir da literatura e a partir dessa análise é possível perceber que: (i) custo, qualidade, entrega e flexibilidade parecem estar consolidadas como dimensões competitivas necessárias a se considerar na Estratégia de Produção; (ii) a dimensão inovação vem sendo referenciada em publicações recentes como uma indispensável dimensão competitiva conforme Paiva et al. (2009), entretanto, pode-se afirmar que a literatura ainda não está madura quanto a que tipo de inovação (de processo, produto, gestão, materiais ou mercado) na visão Shumpeteriana, é esta dimensão competitiva. Porém, alguns

modelos maduros de inovação de produto podem ser vistos na literatura. Jung, Ten Caten e Ribeiro (2010) propõe um método, aperfeiçoado ao longo de trinta anos, de pesquisa e desenvolvimento de produtos eletrônicos direcionados para inventores, engenheiros e *designers*; (iii) emerge como possível dimensão competitiva a integração da *Supply Chain Management* como estratégica para a competitividade da empresa, sobretudo a partir do conceito da integração da rede de operações; (iv) a dimensão serviços (serviços associados à venda dos produtos) vem recebendo atenção de pesquisadores e emerge como outra dimensão competitiva. Porém, parece não haver ainda, indício de que esteja consolidada conforme sugere Martín-Peña e Díaz-Garrido (2008); (v) em alguns trabalhos recentes (CORRÊA, H.; CORRÊA, C., 2011; SLACK, 2000) a já consolidada dimensão entrega dá origem a outra dimensão: a velocidade. Segundo o presente pesquisador, essa divisão parece ser coerente, dado que tal nova classificação dá à velocidade a visão de melhorar continuamente o fluxo de toda a rede de valor, corroborando com a visão de um dos criadores da produção enxuta (OHNO, 1997) que assim definiu como principal meta do Sistema Toyota: “[...] tudo que estamos fazendo é olhar a linha do tempo e reduzir o tempo entre a colocação do pedido na fábrica e a entrega para o nosso cliente [...]”. Por outro lado, a dimensão entrega parece permanecer na literatura com a associação de cumprimento dos prazos estabelecidos com o cliente.

Complementando esta discussão, para Antunes et al. (2008), as dimensões atendimento (entrega) e tempo de resposta (velocidade) estão vinculadas à mesma variável: o tempo. Enquanto atendimento diz respeito ao comprimento de datas prometidas para a entrega, o tempo de resposta mede a velocidade na qual o sistema de produção reage a uma demanda externa. Tais dimensões são importantes, por duas razões: (i) na medida em que, se mantém um mesmo nível de qualidade e custos, a entrega dentro dos prazos acordados com o cliente é uma exigência cada vez mais forte; (ii) a velocidade tanto no lançamento de produtos como na produção, permite as que empresas atendam às expectativas de disponibilidade cada vez mais imediatas do mercado, ganhando assim, vendas sobre concorrentes, mantendo o nível de atendimento, com maior giro de estoques e menores inventários. Portanto, a partir da importância das discussões supracitadas, essa dissertação adota as seguintes cinco dimensões competitivas conforme Slack, Chamber e Johnston (2009), ao tentar sugerir um modelo que contemple a

priorização das práticas dimensões *Lean*, Seis Sigma e TOC a partir de tais dimensões:

- a) **qualidade:** é a capacidade de oferecer produtos em conformidade com as especificações de projeto;
- b) **velocidade:** é a capacidade de tornar o tempo entre a colocação de um pedido e a entrega do produto ao cliente menor do que o tempo dos concorrentes;
- c) **confiabilidade(entrega):** é a capacidade de cumprir as promessas de prazo de entrega;
- d) **flexibilidade:** é a capacidade de adaptar ou reconfigurar a operação sempre que necessário e com rapidez adequada para atender às mudanças de demanda ou às necessidades do sistema produtivo;
- e) **custos:** é a capacidade de oferecer produtos a custos mais baixos do que os concorrentes. Uma vez apresentadas as dimensões competitivas presentes na literatura, assim como as adotadas para essa pesquisa, se faz necessário investigar seu impacto nas abordagens *Lean*, Seis Sigma e TOC. Permitindo assim, analisar numa perspectiva mais ampla dentro da Estratégia de Produção, suas conexões. A próxima seção busca evidenciar a visão de alguns dos principais autores que discutem essa relação e o impacto positivo ou não para a Estratégia de Produção e para a competitividade da empresa.

2.3 EVIDÊNCIAS DO IMPACTO DAS ABORDAGENS TOC, *LEAN* E SEIS SIGMA NAS DIMENSÕES COMPETITIVAS E NA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

As melhores práticas podem ser definidas como aquelas que auxiliam a empresa a melhorar a baixa performance para uma média performance, melhorar de média performance para alta performance e de alta para continuar ser sucesso e alcançar benefícios futuros. Elas devem ser avaliadas pela habilidade em melhorar a performance global (DAVIES; KOCHHAR, 2002). Flynn et al. (1995) analisaram identificaram que as práticas do JIT melhoram a performance da qualidade e contribuem para redução de problemas produtivos e reduzem a variabilidade dos processos. Os autores também identificaram que o TQM pode beneficiar o JIT ao reduzir a necessidade dos estoques de segurança, indicando a importância de se

considerar práticas com impacto na performance global em detrimento a ganhos locais. Womack et al. (2004) afirma o *Lean* melhora a produtividade, qualidade, redução de *lead time* e custos. Shah e Ward (2003), a partir de uma ampla pesquisa com indústrias de variados setores (têxtil, papel, química, produtos alimentícios, manufatura) concluíram que a implantação do *Lean* está associada com a melhor performance na manufatura, e como fator de decisão para os gerentes, não implantar o *Lean* é estar em desvantagem perante os concorrentes quanto à performance da empresa.

Cerra e Bonadio (2000), em um estudo aplicado em indústrias brasileiras, identificaram que o uso integrado do JIT e do TQM melhora significativamente as dimensões competitivas e que a implantação dessas práticas precisa estar alinhada com a estratégia de produção.

Mabin e Balderstone (2003) em uma ampla pesquisa sobre resultados de aplicações da TOC em organizações indicaram os seguintes resultados gerais: redução média no *lead time* em 70%, redução média do tempo de ciclo em 60%, melhoria média no desempenho de entrega em 44%, redução nos níveis de estoque em torno de 49% e aumento médio de vendas em 63%. Tais resultados apontam para uma relação de benefícios entre o uso da TOC com as dimensões competitivas entrega e velocidade de Slack, Chamber e Johnston (2009), além da perspectiva de melhorar o desempenho global da empresa, um dos princípios das TOC.

O estudo de Inman et al. (2009) evidenciou diversos benefícios da implantação da TOC a partir de estudos de casos. No primeiro caso, os cinco passos de focalização dos processos foram usados para identificar que a restrição em um sistema de manufatura estava nos tempos de trocas de um equipamento. Os resultados alcançados foram a melhoria da flexibilidade desse sistema e a redução de 26% no tempo de atravessamento. O segundo caso discutido foi a aplicação do algoritmo Tambor-Pulmão-Corda em uma fábrica de embalagens para balancear o fluxo de trabalho no chão de fábrica e os ganhos nessa aplicação estão associados com redução de *lead time*. Os conceitos da TOC foram também usados em um estudo que avaliou quatro diferentes estratégias competitivas: contração, *market share*, qualidade e liderança de custo. A conclusão alcançada foi de que as decisões estratégicas tomadas sob a restrição baseada na contabilidade de ganho da TOC produziu melhorias ao redor de 41% na performance financeira quando comparada com as decisões da tradicional contabilidade de custos.

2.4 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO (FCS) PARA A MELHORIA CONTÍNUA

Também se faz relevante entender as razões que causam a falha da implementação de abordagens de melhoria contínua, visando compreender melhor tais causas e incorporá-las na proposição de novos modelos. A revisão da literatura realizada em Seethraman et al. (2006), por exemplo, identificou seis causas principais que explicam as falhas em implantação do TQM: falta de comitê de gerência e entendimento da gerência sobre qualidade, falta de clareza sobre os benefícios da implementação da abordagem, inadequado conhecimento sobre TQM e conhecimento impróprio das técnicas de medição usadas para medir a sua eficiência, falta de clareza no plano de implementação e métodos, falta de entendimento sobre os benefícios da melhoria contínua e ignorar a importância dos clientes.

As causas de falha em projetos Seis Sigma por Siha e Saad (2008) são: falta de impacto direto sobre os clientes, falhas em envolver clientes e fornecedores, falta de alinhamento com a estratégia global e os objetivos, perceber como uma ferramenta e não como uma metodologia de melhoria da performance e focar áreas que não elevam lucros. A implantação da melhoria contínua é inibida pela falta de envolvimento e suporta da alta gerência, quando o sistema é baseado no conhecimento explícito, e pelo foco apenas em resultados em detrimento ao foco na melhoria de processos (HARRISON, 2000).

Kruger e Ramdass (2010) usaram diversas metodologias de investigação qualitativa (estudo de caso, *survey* e estudo etnográfico) para identificar as razões de falhas da melhoria contínua na manufatura e seus aspectos. Os autores identificaram as seguintes razões: (i) inabilidade em identificar e priorizar os projetos de *continuous improvement* (CI): falta de alinhamento do projeto com as metas estratégicas, falha na definição de indicadores e objetivos claros, período longo de duração do projeto; (ii) ignorar o elemento humano no projeto de melhoria: resistência à mudança, resistência à nova cultura e falta de indicadores individuais; (iii) ineficiente envolvimento da gerência e das áreas de apoio: falta de apoio de todas áreas da empresa, alta gerência delega decisões; (iv) falta de familiaridade com os projetos de CI e treinamento: gerência não conhece profundamente o projeto, balancear entre carga de treinamentos e implementação de projetos para não perder o foco dos projetos; (v) sofisticação dos projetos: alto grau de dificuldade

de implantação, falta de entendimento; (vi) comunicação pobre e inadequada: antes, durante e depois do projeto, entre a alta gerência e áreas de apoio, na comunicação das metas e benefícios do projeto. A pesquisa realizada por Pinto et al. (2006) em 198 empresas brasileiras, apontou que as causas para o fracasso na implantação da melhoria contínua foram principalmente: a escassez de recursos financeiros para a correta implantação e o frágil apoio da direção da empresa.

O trabalho de Fryer et al. (2007), compara os fatores de sucesso em empresas para implantar a CI na manufatura, em serviços e no setor público. A conclusão encontrada foi que os fatores se alteram conforme o ambiente. Na manufatura, os fatores mais citados seguem essa ordem: apoio da gerência, envolvimento dos colaboradores, já estrutura organizacional, foco no cliente, treinamento e aprendizado, estrutura organizacional e alinhamento das métricas dos colaboradores com a estratégia, receberam semelhante contribuição. Depois aparecem: a gestão dos fornecedores, e com o mesmo número de citações quatro fatores críticos: comunicação, trabalho em equipe, gerenciamento do processo e projeto do produto. Por fim, os fatores menos citados foram: qualidade dos dados e indicadores e a avaliação da melhoria.

Os fatores críticos de sucesso em ordem de importância para a melhoria contínua em projetos Seis Sigma encontrados em Lee (2002) foram: apoio da gerência, uso de ferramentas estatísticas e analíticas, treinamento, processo gerencial, competências do gerente do projeto e o uso prévio de programas de qualidade. Já Yi-zhong et al. (2007) identificaram os seguintes fatores nas indústrias da China: liderança e estratégia de implantação, foco no mercado/cliente, adotar efetivos medidores de avaliação e motivação, seleção e implementação dos projetos.

Kruger e Ramdass (2010) identificaram os seguintes fatores ligados à alta gerência, como sendo críticos: (i) a relação da alta gerência com o projeto deve ser tangível: comunicar efetivamente a urgência do projeto, apoiar com recursos, participar da revisão, progresso e necessidades do projeto; (ii) criar elementos de autonomia aos times: estruturar metodologia correta de solução de problemas de acordo com a situação, combinar abordagens qualitativas e quantitativas, escolha de líderes dos times, indicadores de medição; (iii) promover sustentabilidade de longo prazo da melhoria contínua: medir o desempenho após a implantação da melhoria; (iv) convencer as áreas de apoio sobre os benefícios da melhoria contínua: realizar

projeto piloto para provar os benefícios; (v) fatores humanos: o time deve ser formado por pessoas altamente competentes facilitando atingir metas difíceis, evitar compartilhar projetos entre os membros da equipe (foco); (vi) priorização acurada dos projetos: o critério de decisão deve ser o impacto na margem de lucro, usar abordagem *top-down* para gerar projetos e abordagem *bottom-up* para detectar lacunas no processo atual; (vii) treinamento: combinar treinamento com aplicações práticas evitando se tornar um exercício acadêmico.

No âmbito geral, pode-se afirmar que o sucesso da implementação de qualquer prática depende, sobretudo, de dois aspectos: (i) das características intrínsecas e cultura de cada empresa; ou seja, nem todas as abordagens podem ser implantadas da mesma maneira em diversos contextos e realidades de organizações; (ii) se faz indispensável realizar o alinhamento entre a estratégia corporativa da empresa e a implantação da abordagem, principalmente para direcionar os esforços de uso da nova abordagem e fazer os ajustes necessários na sua implantação. Para que isso seja possível, segundo Gupta e Boyd (2009) os gestores precisam ter competência para trabalhar na implementação de times multifuncionais, assim como participar dos processos de tomada de decisão interfuncionais. As abordagens discutidas nessa dissertação serão brevemente apresentadas na próxima seção, sobre dois prismas: (i) origem: evolução histórica, princípios e fundamentos, e; (ii) elementos: ferramentas e estrutura de cada abordagem.

2.4.1 Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC)

A TOC foi desenvolvida pelo físico de notório conhecimento em sistemas, Eliyahu M. Goldratt, durante os anos 80 e divulgada a partir da novela de negócios “A Meta” de 1984; entretanto, as origens da TOC estão relacionadas ao desenvolvimento de um *software* de programação da produção durante a década de 70, conhecido como *Optimized Production Technology* (OPT) e também idealizado por Goldratt. Conforme os aperfeiçoamentos realizados no *software*, alguns conceitos inovadores de gestão da produção, como o TPC (Tambor, Pulmão e Corda) foram sendo formalizados na TOC. Segundo Souza (2005) existe na literatura uma confusão sobre a origem da TOC e é comum de se encontrar na a

OPT como sinônimo da abordagem para programação da produção atualmente proposta pela TOC.

Lacerda e Rodrigues (2003) diferenciam o *software* OPT do pensamento OPT, ao afirmar que o pensamento OPT é a formalização de princípios que embasava o *software* OPT e que o livro “A Meta” propunha popularizar tal pensamento e princípios. Assim, os princípios das OPT segundo Umble e Srikanth (1995) são:

1. Balancear o fluxo do sistema e não sua capacidade;
2. O nível de utilização de um não gargalo não é determinado pelo seu próprio potencial, mas sim por outra restrição do sistema;
3. Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos;
4. Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida em todo o sistema;
5. Uma hora salva em um não gargalo é apenas uma miragem;
6. Os gargalos governam tanto os Ganhos como os Inventários;
7. O lote de transferência não deve, e muitas vezes não pode, ser igual ao lote de processo;
8. O lote de produção deve ser variável e não fixo;
9. A programação da produção deve ser estabelecida observando todas as restrições do sistema simultaneamente e os *lead times* são resultantes da programação e não podem ser pré-determinados.

Outra importante distinção a ser realizada se refere aos termos gargalo e restrição. Segundo Lacerda e Rodrigues (2003), em 1987, Goldratt rompeu as barreiras do sistema produtivo e generalizou para a empresa como um todo o pensamento do OPT. Para Torres (1999) após observar profundamente as empresas que aplicavam os conceitos e a lógica da Manufatura Sincronizada descritos nos livros “A Meta” e “A Corrida” Goldratt elaborou a formulação de uma teoria geral para toda a empresa. Goldratt considerou que tudo o que havia feito até então era tão somente uma derivação desta teoria, que foi chamada Teoria das Restrições (TOC). E o termo gargalo, antes usado para recursos, foi substituído por restrição, uma vez que o gargalo possui amplas ramificações em áreas como contabilidade, distribuição, marketing e desenvolvimento de produtos. Logo, consoante Lacerda e Rodrigues (2003), o termo restrição é definido como todo e qualquer fator que limita a empresa à consecução da sua meta. Nesse ponto da discussão se faz relevante apresentar os tipos de restrições, que conforme Dettmer

(1998) podem ser sete: (i) de recurso ou capacidade: quando a capacidade de produzir é menor que a demanda do mercado; (ii) de mercado: quando a demanda de um produto ou serviço é menor que a capacidade de produzir ou entregar; (iii) de materiais: a empresa enfrenta dificuldades em obter os materiais essenciais na quantidade ou qualidade necessária para atender a demanda do mercado; (iv) de fornecedores ou vendedores: esse tipo de restrição está intimamente relacionado com a restrição de materiais, mas a diferença é que os fornecedores são inconsistentes devido aos longos *lead times* de entrega das matérias primas que atrasam comprometendo o desempenho da empresa fabricante; (v) restrições financeiras: quando a empresa tem problemas de fluxo de caixa impactando diretamente na capacidade de comprar matéria prima para produzir e atender a novos pedidos; (vi) restrição de conhecimento e competência: quando há carência dentro da empresa de conhecimentos e habilidades necessárias para melhorar o desempenho dos negócios ou performar em um nível superior; (vii) restrições políticas: inclui todas as políticas escritas e não escritas, regras, leis ou práticas de negócios que interferem na maneira de conduzir a empresa para perto da sua meta de ganhar mais dinheiro agora e no futuro. Segundo Dettmer, na maioria dos casos, uma restrição está causando um dos outros tipos de restrições. Por isso as restrições políticas são críticas na visão da TOC. Um exemplo típico de restrição política é o uso de métricas de desempenho como: eficiência do operador ou a utilização de um equipamento. Nesse caso, há esforço para maximizar métricas em todas as etapas do processo quando na verdade o foco deveria ser a restrição.

Conclui-se então, que a TOC é um conjunto de conceitos que extrapolam o *software* OPT e mesmo o método TPC. A meta inicial proposta por Goldratt para qualquer empresa era: “ganhar dinheiro hoje e no futuro”. Todavia, posteriormente essa visão foi ampliada e Goldratt adicionou os seguintes aspectos: “satisfazer os empregados hoje e no futuro” e “satisfazer os clientes hoje e no futuro”. Para Goldratt, satisfazer os empregados e clientes hoje e no futuro são pressupostos básicos sem os quais se torna impossível atingir a meta econômica de ganhar dinheiro hoje e no futuro (ANTUNES, 1998).

Segundo Goldratt (1984) a melhor forma de explicar qualquer sistema é através da analogia com uma corrente, onde a resistência global da corrente é determinada pela força do seu elo mais fraco (restrição), não importando a força de cada um dos demais elos para definir a força global. Assim sendo, pode-se dizer que

a TOC atualmente é vista como uma ampla filosofia gerencial, fundamentada na lógica de que todo sistema deve ser administrado em função do papel exercido pela(s) sua(s) restrição(ões). O TPC deve ser entendido como parte da TOC, ou como uma aplicação da TOC nas questões da manufatura (SOUZA, 2005).

Para Inman (2009) a TOC é definida como uma filosofia de gestão que proporciona um foco de melhoria contínua resultando na melhoria da performance organizacional. Boyd e Gupta (2004) definiram a TOC como uma teoria, identificando claramente uma "orientação ao ganho" juntamente com suas três dimensões: modelos mentais, medidas e metodologia. Segundo a visão de Antunes (1998) e Cox e Spencer (2002) a TOC pode ser entendida a partir dos seguintes componentes:

a) uma abordagem Logística e de Operações, que envolve os seguintes métodos:

- os cinco passos envolvendo o foco na melhoria dos processos;
- o processo de programação da produção envolvendo o gerenciamento via a lógica TPC (Tambor, Pulmão e Corda) e o gerenciamento dos pulmões no sistema produtivo;
- a análise dos sistemas produtivos adotando a classificação V-A-T.

b) um Sistema de Indicadores de Performance, que passa pela:

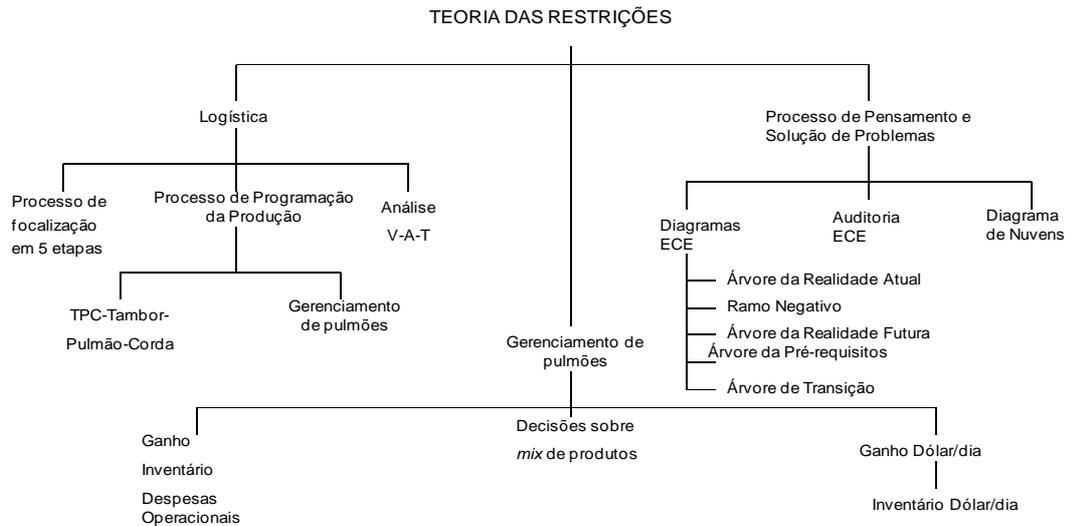
- definição dos Ganhos, Inventários e Despesas Operacionais da Empresa;
- definição do *mix* de produtos que deverá ser produzido visando maximizar os resultados;
- a lógica dos Ganhos por dia e dos Inventários por dia.

c) um Processo de Pensamento visando à solução de problemas, que envolve as seguintes técnicas:

- os diagramas de efeito-causa-efeito, que são: a Árvore da Realidade Atual, o método da Evaporação das Nuvens, Árvore da Realidade Futura, Árvore dos Pré-Requisitos e Árvore de Transição.

Para Iman, Sale e Green Jr. (2008), as definições gerais da TOC podem ser expressas de acordo com a Figura 8.

Figura 8 – Definições gerais da TOC



Fonte: Cox e Spencer (2002).

Segundo Goldratt (1984) o objetivo principal da TOC é identificar e gerenciar as restrições da empresa, e nesse sentido a TOC propõe os cinco passos de focalização:

1. **Identificar a(s) restrição(ões) do sistema.** Elas podem ser internas ou externas à empresa. Quando a demanda total de um dado *mix* de produtos é maior do que a capacidade da fábrica diz-se que se tem um gargalo de produção. Todavia, quando a capacidade de produção é superior à demanda de produção a restrição é externa ao sistema produtivo, ou seja, a restrição está relacionada com o mercado e ao desempenho da área comercial da empresa.
2. **Explorar da melhor forma possível a(s) restrição(ões) do sistema.** Se a restrição é interna à fábrica, a melhor decisão consiste em maximizar o ganho no(s) gargalo(s), liberando sua capacidade oculta. Se for externa ao sistema em um dado tempo, não existem gargalos na fábrica e o ganho estará limitado pelas restrições do mercado e ao desempenho das vendas da empresa.
3. **Subordinar todos os demais recursos à decisão anterior.** A lógica deste passo, independentemente da restrição ser externa ou interna, consiste em reduzir ao máximo os inventários e as despesas operacionais e ao mesmo tempo garantir o ganho teórico máximo do sistema de produção.

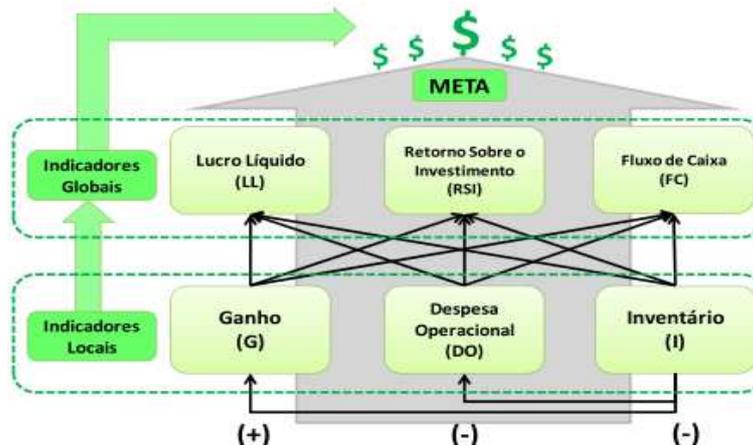
4. **Se necessário, elevar a capacidade da(s) restrição(ões).** Se o gargalo for interno é necessário aumentar sua capacidade produtiva. Isso pode ser feito através de mudanças de leiaute, compra de equipamentos, redução da variabilidade, redução de setup, etc. Nesse passo, o Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997) apresenta uma série de ferramentas de melhoria que podem ser usadas. Se a restrição for externa, implica em novas estratégias de marketing e vendas, busca de novos mercados, fidelização dos atuais clientes, inovação de produtos e serviços, e assim por diante.
5. **Voltar ao passo 1 para não deixar que a inércia tome conta do sistema.** Ao elevar a capacidade produtiva da restrição o sistema torna-se, a priori, um sistema genérico, o que gera a necessidade de analisá-lo novamente. Os passos 4 e 5 explicitam o caráter de melhoria contínua buscada na TOC, com o objetivo de atingir permanente e sistematicamente a meta global do sistema: “gerar lucro hoje e no futuro”.

O processo de tomada de decisão da TOC para gerenciar as restrições da empresa é feito pela análise de indicadores locais e globais, segundo Noreen et al. (1996). Nesse sentido as melhores decisões são as que aumentam o ganho e reduzam a despesa operacional e um indicador que norteia essa decisão é a taxa de retorno sobre o investimento. Os indicadores locais e globais são os seguintes:

1. **Indicadores locais:** (i) Ganho (G): índice pelo qual o sistema gera dinheiro por meio das vendas; (ii) Inventário (I): todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender; (iii) Despesas Operacionais (DO): todo o dinheiro que o sistema gasta transformando Investimento em Ganho.
2. **Indicadores globais:** (i) Lucro Líquido (LL): é obtido subtraindo as Despesas Operacionais do Ganho e informa o quanto a empresa gerou de dinheiro; (ii) Retorno sobre o investimento (RSI): é obtido dividindo Lucro Líquido pelo investimento realizado e informa a taxa de remuneração dos Investimentos da empresa; (iii) Fluxo de caixa: é considerado um indicador de sobrevivência da empresa.

A análise da Figura 9 permite evidenciar as inter-relações entre os indicadores locais e globais.

Figura 9 – Indicadores da TOC



Fonte: Manuel Jr. (2011).

A redução de I aumenta o ganho; a redução da DO também eleva o ganho; o aumento do ganho eleva LL, RSI e FC; enquanto que DO e I os reduzem. Segundo Goldratt (1991) reduzir I é mais importante do que DO, porque reduzindo I, reduzem-se desembolsos de FC e de DO, elevando assim o G. Enquanto I melhora diretamente RSI e FC e DO melhora LL, RSI e FC, reduzir I causa aumento de Ganhos futuros e a redução futura de DO; o que consequentemente causará o aumento de LL, RSI e FC. Para Noreen et al. (1996), há três caminhos para a empresa ser mais lucrativa: aumentar G, reduzir DO e reduzir I. Goldratt (1991) determina que prioridade de ações para os indicadores é a seguinte: aumentar o G, reduzir I e por último reduzir DO.

Recentemente, pesquisas analisando a evolução da TOC vêm sendo realizadas. Boyd e Gupta (2008) investigaram a amplitude da TOC realizando uma análise com a Gestão de Operações e obtiveram os seguintes achados: (i) a TOC oferece um novo paradigma em Gestão de Operações que substitui um ultrapassado consenso de se buscar eficiência para alcançar a meta da empresa; e assim, a busca da meta a partir de uma perspectiva global seria mais coerente para esse novo paradigma em gestão de operações; (ii) a TOC oferece abordagens para tomada de decisão em operações que ultrapassam a otimização local alcançando as fronteiras da empresa; (iii) a TOC possui no seu escopo critérios de definição e enquadramento como uma teoria válida em gestão de operações; contudo, mais testes empíricos são necessários a fim de validar a TOC como uma teoria válida em Operações; (iv) a TOC pode servir com uma teoria ou tema unificado em gestão de

operações provendo novos *insights* para pesquisadores e praticantes. Então, a conclusão geral é que, devido ao aperfeiçoamento e evolução do escopo da TOC ao longo dos anos, esta começa a ser discutida e analisada na perspectiva de se tornar uma teoria válida no campo da gestão de operações, o que implica na necessidade de sucessivas pesquisas relacionando-a com temas pertinentes e correlatos, como pretende, por exemplo, essa dissertação ao discutí-la com a estratégia de produção.

Avançando no entendimento atual sobre a TOC, Iman, Sale e Green Jr. (2008) ampliaram o modelo proposto por Boyd e Gupta (2004) e após analisar implementações da TOC, concluíram que: (i) quando completamente implementada (logística, processo de pensamento e indicadores de performance) a TOC é uma efetiva filosofia gerencial que resulta em resultados positivos como aumento do ganho, redução dos níveis de inventário e de despesa operacional; melhorando assim a performance organizacional; (ii) contrariando a idéia de que a orientação ao ganho melhora diretamente a o desempenho organizacional conforme o estudo de Boyd e Gupta (2004), Iman, Sale e Green Jr. (2008) concluíram que a relação entre a TOC e a performance organizacional é completamente mediada pelos resultados da TOC. Ou seja, a implementação da TOC não impacta diretamente na performance financeira e de mercado da firma conforme propunha Boyd e Gupta (2004). A conclusão é que a implementação da TOC melhora os resultados, que por sua vez impactam positivamente na performance organizacional. Assim, o impacto da implementação da TOC é sentido primeiramente no nível operacional, indicando quais métricas relatadas para o sucesso da TOC poderiam focar sobre os resultados operacionais e organizacionais.

De forma a concluir a relevância da TOC dentro da gestão de operações, é válido sintetizar o encontro entre Ohno e Goldratt em uma conferência realizada em Chicago, descrita e presenciada por Goldratt e outros especialistas em TOC, segundo Pirasteh e Fox (2010). Nesse encontro, Ohno descreveu que tentou por décadas remover as interrupções no fluxo, usando todas as técnicas (troca rápida, inspeção na fonte, multifuncionalidade, etc) desenvolvidas no STP, causadas por problemas de qualidade, quebras de máquinas e pela variabilidade em si. Destacou também que o *kanban* foi uma das últimas técnicas a ser implementadas, pois precisava de maior estabilidade na fábrica. Todavia, após Goldratt explicar, socraticamente, a lógica da TOC de priorizar os esforços e a proteção apenas na restrição do sistema, Ohno humildemente reconheceu a força da TOC ao ponderar

que se tivesse conhecido a TOC antes, teria desenvolvido o STP em dez anos ao invés de quarenta anos. Ohno justificou que a visão de foco na restrição do fluxo e seus efeitos globais, não eram conhecidos por ele e pelos demais criadores do STP. Entretanto uma pertinente crítica a ser feita nesse ponto advém dos achados de Antunes (1998). A pesquisa de Antunes (1998) evidenciou que as origens do OPT da TOC possuem a lógica do *kanban*, porém, agora informatizado em um *software*. O que remete a concluir que as origens da TOC estão baseadas no modelo japonês. Contudo, a conclusão emergente a partir das reflexões feitas até aqui é que, o pensamento enxuto aceita o pensamento da TOC e que suas complementaridades devem ser investigadas e entendidas por acadêmicos e organizações praticantes, em diferentes contextos e ambientes. Finalmente, após discutido os principais conceitos sobre a TOC, se faz necessário analisar outra abordagem discutida nessa dissertação, o *Lean Manufacturing*.

2.4.2 Lean Manufacturing

Segundo Ghinato (1996) o Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System*–STP) tem sido, mais recentemente, referenciado como “Sistema de Produção Enxuta”. O termo “*Lean*” foi cunhado originalmente no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack, Jones e Roos (1990), como resultado de um amplo estudo sobre a indústria automobilística mundial realizada pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*, EUA), no qual se evidenciou as vantagens no uso do STP. O estudo evidenciou, entre outras questões, que o STP proporcionava expressivas diferenças em relação à produtividade, qualidade, desenvolvimento de produtos e explicava o sucesso da indústria japonesa na época. Nesse sentido, os 5 princípios do *Lean*, segundo Womack e Jones (1996) são:

1. Precisamente definir o que é valor, por produto, e sob a ótica do cliente;
2. Identificar o fluxo de valor para cada produto;
3. Fazer o valor fluir sem interrupções;
4. Puxar;
5. Buscar a perfeição.

Tendo em vista que as origens do *Lean* remetem ao Sistema Toyota de Produção, se faz necessário aprofundar o entendimento do modelo japonês. Ohno (1997, p. 86) definiu o STP analisando-o com a Engenharia de Produção:

[...] para mim a Engenharia de Produção não é uma tecnologia parcial de produção, mas sim uma tecnologia total de manufatura, atingindo toda a empresa; a engenharia de Produção é um sistema e o STP é uma Engenharia de Produção ao estilo da Toyota. Porém, o STP difere-se da Engenharia de Produção tradicional no seguinte aspecto: o STP é gerador de lucro.

Ohno (1997, p. 86) avança na análise e afirma: “A não ser que a Engenharia de Produção resulte em redução de custos e aumento de lucros, eu acho que ela não tem sentido algum.” Nas palavras de Ohno, é claro o objetivo de subordinar a técnica à economia, já que, o STP foi criado a partir de uma visão econômica da empresa. E nesse sentido é coerente que a empresa mova esforços para elevar a capacidade e/ou remover as restrições que impedem a geração de lucro o que se traduz em um ponto de aproximação entre a TOC e o STP.

Segundo Ohno (1997) os pilares do STP, ou o chamado espírito Toyota, são dois: (i) a Autonomia: ou também entendida como automação com toque humano, consiste em dotar máquinas, equipamentos e pessoas da autonomia necessária de parar a produção sempre que uma condição pré-estabelecida, ou normal, for atingida (como a quantidade produzida) ou em condição anormal (em caso que há desvios no padrão de qualidade desejado); (ii) *Just-In-Time*: uma lógica de produção que tem como princípio básico gerar estoque em níveis estritamente necessários ao sistema, de forma a produzir no exato tempo apenas a quantidade necessária de produtos. Shingo (1996) sugere como principal contribuição do STP a visão dos sistemas de produção, sob a ótica do que ele definiu ser o Mecanismo da Função Produção (MFP), conforme Figura 10.

Figura 10 – Mecanismo da Função Produção (MFP)



Fonte: Shingo (1996)

Segundo Shingo (1996), todos os sistemas de produção podem ser analisados sob duas perspectivas: Função Processo e Função Operação, sendo: (i) Função Processo: o fluxo do produto (materiais, materiais, tarefas, idéias) no tempo e no espaço, rompendo assim com o paradigma tradicional do *Just in Case* que enxergava o processo como um conjunto de operações; (ii) Função Operação: o fluxo do sujeito de trabalho no tempo e no espaço, ou seja, os operadores e as máquinas. Nesse sentido, Shingo propõe que o foco das ações de melhoria deve ser a Função Processo, ou seja, no fluxo, o qual sofre forte impacto das esperas.

Na visão de Antunes (1998) a estrutura do Sistema Toyota de Produção possui os seguintes componentes:

- a) **Princípios Básicos de Construção de Sistemas de Produção:** (i) Mecanismo da Função Produção (Função Processo e Função Operação); (ii) O Princípio do não custo; (iii) As Perdas nos Sistemas Produtivos.
- b) **Um Conjunto de Subsistemas e Técnicas que suportam sua construção:** (i) Subsistema de Pré-Requisitos básicos de Engenharia de Produção (Troca Rápida de Ferramentas, Leiaute celular, Operação-Padrão); (ii) Subsistema de Defeito-Zero (Autonomação, Zero defeitos, *Poka-Yoke*); (iii) Subsistema de Quebra-Zero (TPM); (iv) Subsistema de Estoque-Zero.
- c) **Melhoria no sistema:** (i) A lógica do *kanban* amplo (Subsistema de sincronização e melhorias); (ii) O uso integrado de todos os Subsistemas e técnicas discutidas no item anterior.
- d) **Métodos de controle embasados na performance desejada do sistema:** (i) Custo-Alvo; (ii) Custo Kaizen;

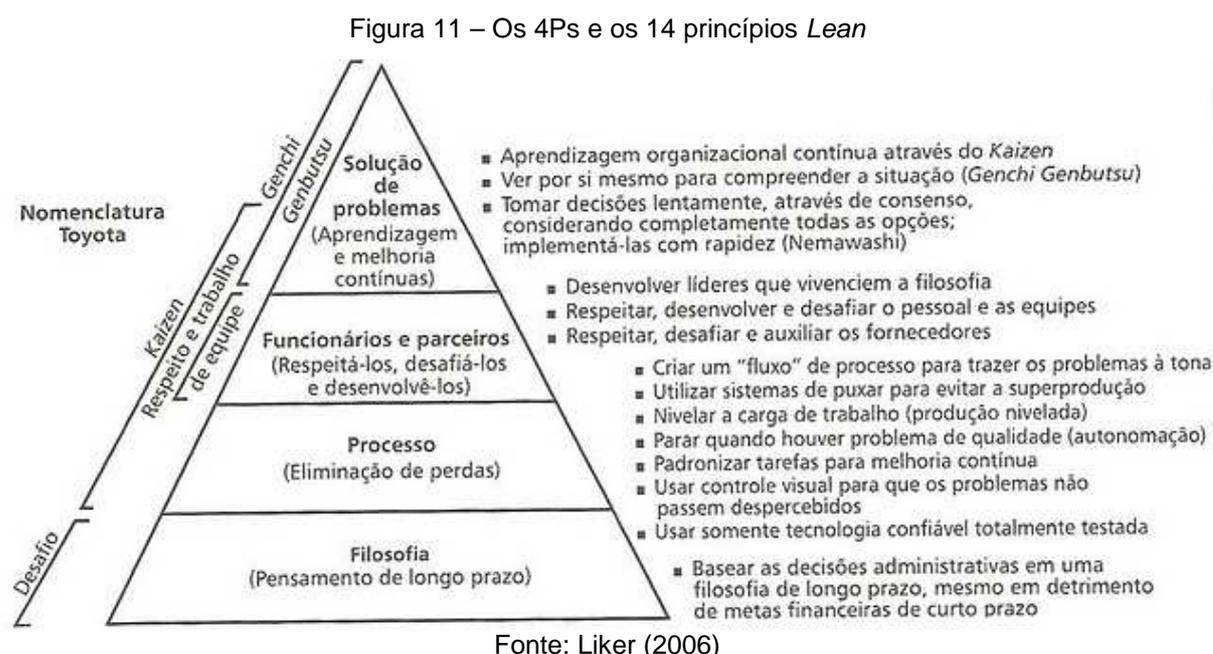
e) Mecanismo de Pensamento Científico proposto por Shigeo Shingo e o MIASP ao estilo japonês.

Como forma de explicar o *Lean Thinking*, Liker e Meier (2007) sugerem os 4Ps que explicam os princípios da produção enxuta: (i) *Philosophy* (Filosofia): a base para o pensamento de longo prazo é a filosofia enxuta onde os líderes vêem a empresa como um veículo para agregar valor aos clientes, à sociedade, à comunidade e aos seus funcionários; (ii) *Process* (Processo): o princípio é que processos certos geram resultados certos; (iii) *People & Partners* (Pessoas e Parcerias): segundo esse princípio é fundamental o desenvolvimento de longo prazo, de pessoas e parceiros como modo de adição contínua e sistemática de valor aos clientes; e uma boa alternativa é agregar valor ao clientes desafiando seus funcionários e parceiros a crescer; (iv) *Problem Solving* (Solução de Problemas): a solução contínua da raiz dos problemas conduz à aprendizagem organizacional e à melhoria contínua. Nesse sentido, os 4Ps são norteadores dos 14 reconhecidos princípios do *Lean* propostos por Liker (2006), que são:

- 1º Princípio:** basear as decisões de gestão em filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo;
- 2º Princípio:** criar um fluxo de processo contínuo para trazer problemas à tona;
- 3º Princípio:** usar sistemas “puxados” para evitar a superprodução como o JIT e o *kanban* que permitem a redução de estoques, tornando os problemas visíveis para que possam ser eliminados na sua fonte;
- 4º Princípio:** adotar o *Heijunka* ou nivelamento da produção e da carga de trabalho;
- 5º Princípio:** construir uma cultura de parar e resolver problemas para obter a qualidade desejada logo e sempre na primeira tentativa, segundo o *Jidoka*;
- 6º Princípio:** padronização é a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários;
- 7º Princípio:** usar controles visuais para que nenhum problema fique oculto;
- 8º Princípio:** implantar apenas tecnologia confiável e plenamente testada, que atenda aos funcionários e processos da empresa;
- 9º Princípio:** desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e ensinem os demais;

- 10º Princípio:** desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa;
- 11º Princípio:** desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e ensinem os outros;
- 12º Princípio:** ver por si mesmo no local onde as coisas acontecem (*Gemba*) para compreender completamente a situação;
- 13º Princípio:** tomar decisões lentamente, por consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez;
- 14º Princípio:** tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua.

O alinhamento entre os 4Ps e os 14 princípios *Lean*, são consolidados na Figura 11 a seguir, segundo a visão de Liker (2006):



Com o intuito de melhor compreender o que é realmente o *Lean*, se faz necessário trazer algumas definições presentes na literatura. Para Womack e Jones (1996), *Lean* é uma abordagem que busca uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo a qual é possível fazer cada vez mais com menos. Já conforme Hopp e Spearman (2004) *Lean Production* é um sistema integrado que realiza a produção de produtos e serviços usando o mínimo de estoques com baixos custos. Godinho e Fernandes

(2004) definem a Manufatura Enxuta como um modelo estratégico e integrado de gestão, direcionado a certas situações de mercado, que propõe auxiliar a empresa a alcançar determinados objetivos de desempenho (qualidade e produtividade), sendo um paradigma composto por uma série de princípios (ideias, fundamentos, regras que norteiam a empresa) capacitadores (ferramentas, tecnologias e metodologias utilizadas). E por fim, para Shah e Ward (2007) *Lean* é um sistema sócio-técnico integrado cujo objetivo principal é eliminar o desperdício pela concomitante redução ou minimização da variabilidade em fornecedores, clientes ou dentro da empresa. Ademais, uma discussão mais aprofundada sobre o impacto da variabilidade em sistemas produtivos pode ser encontrada nos textos dos criadores da *Factory Physics*, Hopp e Spearman (2001).

Recentemente diversos autores ligados à academia vêm discutido o que realmente é o *Lean* e quais são seus elementos. Pettersen (2009) realizou uma revisão sistemática das principais obras e autores sobre produção enxuta e dentre as principais conclusões destacam-se as seguintes: (i) não existe na literatura um consenso sobre uma definição de *Lean Production* entre os principais autores do tema, dentre eles Ohno (1988), Shingo (1984), Monden (1998), Schonberger (1982), Feld (2001), Dennis (2002), Liker (2004), Bicheno (2004) e Womack e Jones (2003); e essa divergência pode causar confusão para acadêmicos e principalmente para praticantes que visam implementar tal conceito; (ii) uma organização não deveria aceitar uma variação aleatória do *Lean*, mas sim fazer escolhas e adaptar o conceito de *Lean* às suas próprias necessidades; e através desse processo de adaptação a organização irá se habilitar a elevar sua performance e aumentar as chances de sucesso da implementação; (iii) outra conclusão importante é que há uma concordância de que o *Lean* é muito mais do que um conjunto de ferramentas e sim uma filosofia; contudo, quanto aos elementos do *Lean*, não há uma concordância quanto ao conjunto de práticas e ferramentas que o formam. Pettersen (2009) identificou, por exemplo, que 100% dos autores revisados concordam que faz parte do *Lean* as práticas JIT (*Heijunka*, produção puxada, produção no *takt* e sincronização dos processos), a redução de recursos (redução de lotes, eliminar perdas, setups, inventários, *lead time*), as estratégias de melhoria (*Kaizen* e círculos de melhoria) e controle de defeitos (Autonomação, *poka yoke*, inspeção 100% e *andons*). Em contraposição, divergências foram encontradas, pois *Supply Chain Management* está presente em 78% dos textos revisados, o controle estatístico da

qualidade é discutido por 56% dos autores e o TPM em 67%. Emerge a partir daí, uma nova dificuldade ao se definir o *Lean*: quais elementos compõem o *Lean Manufacturing*? Na tentativa de minimizar os efeitos dessa questão, para essa dissertação, a ampla revisão realizada por Pettersen (2009) foi discutida com especialistas nacionais e internacionais em *Lean* na tentativa de compor um panorama geral unificado sobre seus elementos. A fim de se atingir os objetivos dessa dissertação se faz necessário também revisar os principais conceitos a cerca do Seis Sigma.

2.4.3 Seis Sigma

A literatura tradicional sobre Seis Sigma, via de regra, remete suas origens às aplicações na Motorola na década 80. Entretanto há diversas opiniões quanto aos seus verdadeiros mentores. Sharma (2003) afirma que foi desenvolvido por Mikel Harry em meados de 1980 para prover uma consistente abordagem focada na solução de problemas em negócios. Tal abordagem era baseada em dados para solucionar complexos problemas de negócios, identificando a causa raiz, a solução e o controle estatístico da solução. Pirasteh e Fox (2011) identificaram como criador o nome de Bob Galvin, o presidente da empresa Motorola na época e Bill Smith um engenheiro. Há indícios de que o termo em si “Seis Sigma” também tenha sido cunhado por Bill Smith. Entretanto, parece razoável afirmar que as raízes do Seis Sigma começaram a ser cultivadas com o conceito de distribuição Normal proposto pelo matemático Fredrick Gauss (1777–1855). Como relevante contribuição à origem da abordagem, em meados de 1920, Walter Shewart sugeriu que a variação em mais de três sigmas (ou três desvios padrões) em relação à média, indicaria que o processo devia ser corrigido. Ou seja, Shewart definiu que três desvios padrão a cima ou abaixo da média era a tolerância ou variabilidade natural do processo devido à aleatoriedade e todos os eventos que estão além dessa posição seriam considerados raros ou causas especiais (PIRASTEH; FOX, 2011).

Sob o ponto de vista estatístico, o sigma é uma medida de variabilidade intrínseca de um processo definido pelo desvio padrão e representado pela letra grega Sigma (σ). Sobre condições de normalidade a medida Seis Sigma representa 2 partes por bilhão. Entretanto considerando a flutuação de 1.5 sigma do processo em uma perspectiva de longo prazo, o processo tende a operar em uma taxa de 3.4

defeitos por milhão (PPM), o que efetivamente equivale a 4.5 sigmas em relação a média (EHIE; SHEU, 2004). Assim, pelo conceito oriundo da Motorola, ainda que a média se desloque 1.5 sigmas em relação ao valor nominal, espera-se 3.4 defeitos por milhão de oportunidades. A Tabela 1 sinteticamente ilustra os principais valores adotados pela abordagem Seis Sigma, segundo Harry e Schroeder (2000). De forma que, se o valor do desvio padrão é baixo, mais uniforme será o processo e menor variação existirá entre os resultados; quanto menor for o desvio padrão então, melhor será o processo e menor será a possibilidade de falhas (TRAD; MAXIMIANO, 2009).

Tabela 1 – Escala Sigma

Nível Sigma	Nível da Qualidade	Taxa de Erro	Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO)	Custo da Não Qualidade (% do faturamento)
1σ	30.90%	69.10%	691.462	Não se aplica
2σ	69.10%	30.90%	308.538	Não se aplica
3σ	93.30%	6.70%	66.807	25 a 40%
4σ	99.38%	0.62%	6.21	15 a 25%
5σ	99.977%	0.023%	233	5 a 15%
6σ	99.99966%	0.00034%	3.4	< 1%

Fonte: Harry e Schroeder (2000).

Inicialmente o foco de aplicação do Seis Sigma se deu no contexto da manufatura. Todavia, com a maturidade da abordagem ao longo dos anos, o Seis Sigma vem ganhando força na área de serviços, saúde, alimentação e assim por diante. Segundo Santos e Martins (2010) após o foco de gestão da qualidade se destacando na medição, em métodos quantitativos, equipe especializada e definição clara de metas de desempenho, o Seis Sigma, passou a ser usado num contexto mais amplo sendo reconhecido como uma estratégia efetiva para melhorar o desempenho do negócio.

Atualmente, com foco na oportunidade de ganhos financeiros tangíveis, as organizações aproximam o Seis Sigma das questões estratégicas para definir as diretrizes, sob uma perspectiva *top-down*. Os estudos de Santos (2006) evidenciaram que empresas que alinham os projetos Seis Sigma à estratégia corporativa, possuem melhor desempenho em relação às que não o fazem. Além disso, outros fatores podem ser adicionados como críticos para o sucesso do Seis Sigma. O estudo de Trad e Maximiano (2009) elencou os seguintes fatores: (i) liderança e participação da alta administração: deve ser ativa e com objetivos

claramente traçados e comunicados; (ii) seleção de projetos: a escolha certa dos projetos alinhados à estratégia do negócio sob a ótica do cliente; (iii) recursos humanos: além do domínio técnico das abordagens quantitativas, competências como criatividade, colaboração, dedicação e comunicação são fundamentais; soma-se também a escolha correta da equipe.

Já a implementação propriamente dita do Seis Sigma envolve uma série de etapas focadas na melhoria contínua e os modelos adotados são o *Define, Measure, Analyze, Improve e Control* (DMAIC) e o DFSS (*Design For Six Sigma*) que adota o modelo DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design e Verify*). O modelo DMAIC foi concebido e aperfeiçoado para aplicações em processos já existentes em ambiente de manufatura, processos e serviços. Enquanto que, o modelo DMADV é adotado quando novas implantações de processos, produtos, serviços, etc. serão feitas ou quando o nível sigma atual já está alto, em torno de cinco sigmas, conforme afirma Bendell (2006). Para Bañuelas e Antony (2004) as etapas do modelo DMAIC contemplam:

- a) **Definir (*Define*):** é identificado o processo ou produto a ser melhorado;
- b) **Medir (*Measure*):** selecionam-se as características necessárias, coletam-se dados sobre o problema e estima-se a capacidade do processo no curto e longo prazo;
- c) **Analisar (*Analyze*):** a partir do uso de ferramentas, o problema a ser melhorado é analisado;
- d) **Melhorar (*Improve*):** são tomadas as ações necessárias para melhorar o problema em discussão;
- e) **Controlar (*Control*):** o objetivo dessa etapa é garantir que as condições melhoradas, serão sustentadas no longo prazo.

Uma vez apresentados as principais definições sobre TOC, *Lean* e Seis Sigma individualmente se faz necessário analisar criticamente as divergências e convergências entre tais abordagens, quando simultaneamente analisadas. A fim de se obter o entendimento sobre suas forças e fraquezas. É discutido a seguir, então, estudos de autores que já investigaram a combinação dessas abordagens.

2.5 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA: TOC *VERSUS* LEAN

Dettmer (2001) indicou os seguintes pontos de similaridade entre as duas abordagens: possuem o objetivo comum de aumentar lucros, valor é definido pelo cliente, o fator qualidade é essencial em ambas, preconizam a produção em lotes menores, visam o fluxo contínuo e o aumento da capacidade, buscam a minimização do inventário e a participação da força de trabalho cumpre papel relevante no sucesso do desdobramento do método e das ferramentas.

Alguns estudos de simulação computacional comparando JIT e TOC foram realizados em Miltenburg (1997); Chakaravorty e Atwater (1996); Cook (1994) e Watson e Patti (2008); Miltenburg (1997) evidenciou que JIT opera com menor inventário e *lead time*, enquanto a TOC gera maior produtividade. Chakaravorty e Atwater (1996), concluíram que TOC é adequada para sistemas com variabilidade e *downtimes* (indisponibilidade de produzir) relativamente altos, enquanto JIT é melhor em sistema de variabilidade e *downtimes* baixos. Cook (1994) concluiu que a performance da TOC é melhor e que o JIT teria que eliminar virtualmente todas as variabilidades do sistema para tornar o desempenho semelhante ao da TOC. O *survey* realizado por Sale e Inman (2003), mostrou que o uso combinado de JIT e TOC pode resultar em uma performance maior em relação ao uso individual das abordagens. Watson e Patti (2008) concluíram que TOC é mais tolerante a variabilidade, tem menor *lead time* e precisa em média 50% a menos de inventário que o JIT para a mesma produtividade.

Já Antunes (1998), em busca de um modelo geral, cita que as lógicas propostas pela TOC e da produção enxuta apresentam elevado grau de concordância à medida que propõem a visão do sistema produtivo como um todo. Antunes (1998), discutiu convergências, divergências e pontos independentes que existem em uma abordagem e não estão presentes na outra. As principais convergências gerais para Antunes (1998) são: (i) TOC e STP partem de uma visão de sistema aberto no que tange à concepção dos Sistemas de Produção; (ii) TOC e STP estão vinculados ao Paradigma da Melhoria nos Processos; (iii) utilizam-se do Método Científico aplicando-o para a solução de diversos problemas ligados à Administração da Produção; (iv) partem de uma Lógica Dedutiva para desenvolver soluções técnicas específicas para a melhoria dos Sistemas Produtivos. É possível, a partir do conhecimento básico dos Princípios que sustentam as duas

Teorias, gerar uma série de soluções particulares adaptadas aos casos específicos das Empresas analisadas; (v) utilizaram-se e se utilizam da Lógica Dialética, em contraposição à lógica formal linear, para a busca de soluções originais dos problemas encontrados nos Sistemas Produtivos; (vi) privilegiam a gestão a partir dos Subsistemas de melhorias, ou seja, dão uma ênfase prioritária ao Subsistema de Gestão das Melhorias e da Gestão da Inovação. O objetivo central das duas propostas consiste em buscar um aprimoramento contínuo dos Indicadores. No caso da TOC isto é materializado via o acompanhamento dos Indicadores Globais e Locais e no STP via a utilização das lógicas do Custo-Alvo e Custo-Kaizen; (vii) na TOC e no STP é dada uma prioridade máxima à lógica da sincronização da produção. Os esforços de melhorias propostos pela TOC e pelo STP estão diretamente relacionados com a ótica da melhoria contínua com foco centrado no aperfeiçoamento da sincronização da produção; (viii) os Sistemas Produtivos são visualizados enquanto uma cadeia ou corrente de eventos ou processos. Na TOC dá-se uma ênfase à gestão do elo mais fraco da corrente via os cinco passos da TOC, enquanto a gestão da cadeia no STP é feita via o *kanban* que, continuamente mostra os elos fracos da cadeia (corrente);

Já as principais convergências quanto à abordagem logística para Antunes (1998) são: (ix) têm em seu centro duas preocupações centrais: a necessidade da sincronização da produção e do estabelecimento de um processo sistemático de melhorias contínuas; (x) possuem técnicas específicas para abordar a problemática da sincronização, na TOC a lógica do Tambor-Pulmão-Corda (TPC) e na produção enxuta o *kanban*; (xi) são preocupadas com a melhoria contínua dos Sistemas Produtivos. Na TOC isto aparece no passo 4 (elevar a capacidade das restrições) a partir da análise já feita no passo 1 da TOC (identificar as restrições). Já o STP é um sistema completamente voltado às melhorias, pois foi desenvolvido a partir da eliminação sistemática de perdas; (xii) há a possibilidade de uso sinérgico da logística da Teoria das Restrições e dos subsistemas e técnicas do STP para implantar melhorias efetivas nas empresas, sustentam a importância de vencer a inércia para a implantação das novas idéias, fazem uma crítica sistemática à utilização da contabilidade de custos tradicional para efeitos de tomada de decisão, enfatizam a importância de vencer a inércia para a implantação das novas idéias, usam um embasamento científico comum através de relações do tipo efeito-causa-

efeito e o pensamento dialético para a Identificação, Análise e Solução de Problemas.

E as principais convergências quanto à solução de problemas para Antunes (1998) são: (xiii) utilização de um embasamento científico comum através de relações do tipo efeito-causa-efeito; (xiv) utilização do pensamento dialético para a solução de problemas, ou seja, um pensamento que rejeita soluções de compromisso para a solução de problemas e postulam a necessidade de construir soluções passíveis de serem implantadas.

Antunes (1998) também apresentou as principais convergências quanto ao sistema de performance: (xv) criticam a utilização da contabilidade de custos tradicional para a tomada de decisão, o que implicou na necessidade de construção de novos Sistemas de Performance. No caso da TOC a lógica dos Indicadores Globais (Lucro Líquido, Retorno Sobre o Investimento e Caixa) e os Indicadores Operacionais (Ganho, Despesas Operacionais e Inventário); na *Toyota* foi proposto um sistema de medidas de performance cujo objetivo prioritário consiste em reduzir custos (com isso aumentando os lucros) e não para calcular custos. Este sistema é baseado nos chamados Custos-Alvo e no Custo-Kaizen.

Já para Scheinkopf e Moore (1998) os pontos de aproximação entre TOC e *Lean* são: (i) percepção de valor pela perspectiva do cliente: no *Lean* o valor é claramente definido pelo cliente e na TOC a percepção de valor do cliente é fator determinante para o aumento de ganho do produto; (ii) fluxo de valor: o *Lean* adota o termo fluxo de valor e a TOC o termo valor adicionado para explicitar que o valor percebido pelo cliente é definido por uma cadeia de interdependências entre a fábrica e os fornecedores; (iii) fluxo e produção puxada: oferecem técnicas para controlar fluxo usando o conceito de puxar a demanda do mercado. O *Lean* puxa sequencialmente, já que o recurso não deve produzir até receber o sinal (*kanban*) do recurso à jusante. Puxar é a essência do TPC para sincronizar o gargalo com a demanda do mercado e promover a liberação de material no sistema; (iv) busca pela perfeição: segundo Goldratt (1984) uma empresa só irá prosperar a partir de mudanças, a partir da melhoria contínua. Essa ideia está expressa no passo 5 do Processo de Focalização da TOC e na filosofia Kaizen do *Lean*.

Antunes (1998) também destacou pontos independentes na TOC, que não estão presentes no STP que seriam: (i) classificação V-A-T que permite analisar em profundidade os Sistemas de Produção, não somente do ponto-de-vista da

sincronização da produção, mas também da priorização das técnicas de produção construídas a partir do STP; (ii) a adoção de um conjunto de Indicadores Globais da Fábrica (Lucro Líquido, Retorno Sobre o Investimento e Caixa) interligados com Indicadores Operacionais propostos por Goldratt: Ganho, Despesas Operacionais e Inventários. O que possibilitam verificar se uma dada decisão local está devidamente alinhada com o ótimo global do sistema; (iii) o método proposto por Goldratt não teria similar nos outros métodos no que tange à busca sistemática e criativa de soluções, isto graças à técnica da Evaporação das Nuvens que formaliza o uso do Método Dialético nos Métodos de solução dos problemas. Em contrapartida, os pontos independentes do STP, que não estão presentes na TOC seriam: (iv) os princípios básicos de construção dos SPEZ e a consequência disto, ou seja, o conjunto de subsistemas e técnicas de Engenharia de Produção. E por fim as divergências e contradições seriam: (i) no STP parece estar claro o conteúdo da transformação ou mudança, sobretudo a partir dos elementos da sua estrutura como: os subsistemas de pré-requisitos básicos (Operação-Padrão, Troca Rápida de Ferramentas, *Layout*), Subsistema de Quebra-Zero (5Ss e TPM), Subsistema de Defeito-Zero (Capabilidade de máquinas, Automação, Poka-yoke). Enquanto que na TOC, essa discussão não existe formalizada pois a TOC discute os meios e não o conteúdo, através do processo de pensamento, para formular as estratégias de transformação.

Segundo Dettmer (2001) TOC e *Lean* evoluíram para uma filosofia de visão sistêmica e sugere que modelo híbrido das duas abordagens é mais robusto, produtivo e de mais fácil implementação e o aspecto principal está na seleção dos elementos para o modelo. Dettmer (2001) sugere os seguintes pontos de congruência: são metodologias de sistemas, a melhoria contínua e o fluxo contínuo são essenciais, o fluxo de valor se estende para além da produção, a qualidade é essencial, produção em pequenos lotes, produção puxada (*Make-To-Order* ao invés de *Make-To-Stock*) e liberam capacidades escondidas. Entretanto, Dettmer (2001) propõe que as maiores diferenças residem em dois aspectos: como cada um trata a variabilidade e a incerteza e na forma como tratam os custos. Enquanto *Lean* visa à redução de custos fixo e variáveis, na TOC a redução de custos é limitada, mas a geração de ganho não, não tornado a redução de custos um objetivo secundário. A TOC aceita a variabilidade e a instabilidade de demanda e das operações usando pulmões estratégicos (físicos, tempo, capacidade), enquanto que o *Lean* visa

constantemente reduzir as variabilidades. De forma geral, Dettmer (2001) considera que existe uma sobreposição substancial entre o paradigma da mentalidade enxuta e da TOC onde a TOC oferece uma estrutura para orientar os esforços *Lean* evitando as armadilhas de aplicá-los onde eles são desnecessários.

2.6 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA: TOC *VERSUS* SEIS SIGMA

A abordagem Seis Sigma identifica projetos orientados para redução de defeitos no processo e para melhorias operacionais. Contudo, não envolve integralmente os operadores e não possui uma visão sistêmica para entender como esses projetos irão afetar o desempenho global do sistema. Segundo Husby (2007) esse aspecto pode levar não só à priorização de projetos sem impactos financeiros para a empresa como também na eliminação dos impactos positivos em outros processos. Como alternativa Husby (2007) sugere que os cinco passos de focalização da TOC podem complementar essa lacuna. Entretanto, o autor ressalta que o processo de pensamento da TOC para análise e solução de problemas usa uma linguagem intelectual complexa exigindo a condução por especialistas treinados e uma diferente abordagem para operadores e gerência.

Na visão de Jin et al. (2009), o foco do Seis Sigma é o cliente e o da TOC é a empresa e que apesar de serem filosofias diferentes, ambas vem sendo usados por diversas indústrias em processos de melhoria porque enquanto o Seis Sigma exige soluções em profundidade, a TOC pode revelar os gargalos e elevá-los. Para Nave (2002) a forma comum de integração entre TOC e Seis Sigma consiste em identificar a restrição da empresa e usar o Seis Sigma para reduzir sua a variação ou resolver esse problema.

Segundo Jin et al. (2009), as principais vantagens da combinação das duas abordagens são: (i) a restrição é analisada, medida e controlada por um conjunto de ferramentas estatísticas ampliando a compreensão do problema e as decisões; (ii) o gargalo é o primeiro ponto a ser analisado, gerando assim aumento de ganho financeiro pela empresa e o projeto Seis Sigma não será escolhido por uma única área de negócios e sim pela visão global da TOC que vai gerar os resultados do projeto em todo sistema. Já as desvantagens para Jin et. al (2009), são: (i) nem sempre a redução de variação irá elevar a capacidade da restrição; (ii) quando a redução da variação elevar a taxa de produção do gargalo, os processos à jusante

podem gerar maiores índices de rejeições já que o foco foi colocado apenas no gargalo; (iii) a incerteza entre aplicar os princípios da TOC e depois o projeto Seis Sigma ou o contrário. O modelo integrando TOC e Seis Sigma proposto por Jin et al. (2009) pressupõe um ambiente com orçamento restrito para efetuar melhorias e a aplicação do Seis Sigma nos recursos após o gargalo para garantir a qualidade e eficiência do sistema. Esse modelo foi replicado em uma empresa de manufatura de motores com resultados satisfatórios.

Para Ehie e Sheu (2005) há semelhanças entre os processos de melhoria do Seis Sigma (DMAIC) e da TOC (Cinco Passos de Focalização). Os autores propuseram um modelo integrado onde a etapa 1 de identificação da restrição é mesma nas duas abordagens; a etapa 2 segue a lógica da TOC para explorar a capacidade usando as fases Medir e Analisar do Seis Sigma como apoio; a etapa 3 também segue a lógica da TOC para explorar a capacidade usando a etapa *Improve* do Seis Sigma e suas ferramentas estatísticas para eliminar os problemas e as causas apontadas na etapa 2; a etapa 4 usa o passo Subordinar da TOC e o Controlar do Seis Sigma para garantir que todas as ações tomadas anteriormente sejam aplicadas no sistema; na etapa 5 são realizados esforços para elevar a capacidade da restrição e a etapa 6 avalia a próxima restrição para evitar a inércia do sistema. Para aperfeiçoar o modelo os autores sugerem incorporar o Processo de Pensamento da TOC para compreender as interações causa-efeito no sistema bem como adicionar outras abordagens voltadas à melhoria contínua.

2.7 ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA: SEIS SIGMA *VERSUS* LEAN

Para Arnheiter e Maleyeff (2005) *Lean* e Seis Sigma implementam uma cultura de melhoria contínua em todos os níveis dentro da empresa. E a vantagem do uso integrado reside na abordagem científica e quantitativa de qualidade fornecida pelo Seis Sigma, em relação às técnicas do *Lean*. Os projetos Seis Sigma focalizam seus esforços em reduzir a variação a partir da proposta padrão, o que pode levar a não focar nas exigências do cliente, mas apenas num exercício de redução de custos. Por isso sugere-se em paralelo adotar a visão de fluxo do *Lean* (BENDELL, 2006). Para Harrison (2006) o uso das abordagens de forma isoladas pode não ser eficaz, sob pena de criar duas subculturas dentro da empresa, competindo pelos mesmos recursos humanos e financeiros.

Há um limite de integração porque a estratégia utilizada para a melhoria depende do problema a ser resolvido, e portanto, deve haver alinhamento entre as duas abordagens para obter resultados eficazes (BAÑUELAS; ANTONY, 2004). Para Sharma (2003), o Seis Sigma deve ser utilizado para impulsionar a implementação dos esforços *Lean*. Para Bendell (2006) o equilíbrio reside na criação de valor sob o ponto de vista do cliente, de forma a focar o mercado e ao mesmo tempo reduzir a variação para níveis aceitáveis, reduzindo custos. Bendell (2006) ainda argumenta que os dois paradigmas são catalisadores da mudança e podem representar um instrumento poderoso ao alinhar os aspectos culturais do *Lean* com os projetos Seis Sigma. Existe um potencial enorme de uma abordagem sustentável de mudança organizacional e melhoria de processos integrando *Lean* e Seis Sigma (BENDELL, 2006).

Para Snee (2010) Seis Sigma é normalmente usado para resolver problemas complexos para os quais a solução é desconhecida. É fundamental lembrar que o objetivo é obter as causas do baixo desempenho e não apenas centrar-se nos sintomas. Nesse caso a visão de fluxo do *Lean* contribui para o uso do Seis Sigma e sugere-se o uso simultâneo das abordagens. Snee (2010) enumerou oito características chaves que contribuem para o desempenho ao se aplicar sinergicamente *Lean* e Seis Sigma: criam resultados financeiros, ativam o envolvimento da alta liderança, usa uma abordagem disciplinada (DMAIC), projetos são finalizados rapidamente, definição clara de sucesso, infraestrutura humana criada (*belts*), foco nos clientes e nos processos e o uso de uma abordagem estatística.

Já para Montgomery (2010) projetos de melhoria *Lean* podem ser gerenciados usando o DMAIC. Montgomery (2010) defende o uso do Seis Sigma e do *Lean* como um modelo que resgata a filosofia de melhoria contínua e o sistema de conhecimento profundo proposto por Deming. Higgins (2005) diferencia os dois sistemas argumentando que Seis Sigma é executado por poucos indivíduos específicos dentro de uma empresa, enquanto que no *Lean* a capacitação envolve todos os níveis da empresa para identificar e eliminar atividades sem valor agregado. Em contrapartida, Mika (2006) assume a posição crítica de que as duas abordagens são incompatíveis porque o Seis Sigma não pode ser adotado pelo trabalhador de nível médio da manufatura e argumenta que o *Lean* é acessível para

estes trabalhadores ao incentivar o trabalho em equipe através de equipes multifuncionais e grupos de melhoria.

Por outro lado, Arnheiter e Maleyeff (2005) apontam os seguintes aspectos entre as abordagens: as empresas *Lean* devem adotar o uso de dados quantitativos para tomar decisões e uma abordagem mais científica para a qualidade dentro do sistema. Enquanto que empresas que usam Seis Sigma, precisam de uma abordagem mais ampla dos sistemas, considerando os efeitos do desperdício no sistema como um todo. Bendell (2006) cita que *Lean* e Seis Sigma se tornaram filosofias mal definidas resultando na redução da eficácia e muitas vezes as metodologias apresentadas são colocadas juntas sem uma explicação lógica, sem nenhuma base teórica ou explicação para a escolha das técnicas. Spector e West (2006) salientam que ao adotar o *Lean* e Seis Sigma os profissionais podem encontrar um número grande de projetos que com resultados insuficientes para quantidade de tempo necessário para finalizá-los. Para Bendell (2006) é necessário se fazer ajustes nas duas abordagens de forma que possam resolver efetivamente os problemas enfrentados por uma empresa e a questão resume-se em como usá-las de maneira integrada. Seis Sigma complementa a filosofia *Lean*, fornecendo ferramentas e conhecimento para resolver problemas específicos que são identificados ao longo da jornada *Lean* (BENDELL, 2006).

Para Pepper e Spedding (2010) e Bendell (2006) as desconfianças sobre *Lean* e Seis Sigma devem-se à maneira míope de implementação. Por exemplo, a redução dos níveis de inventário não pode ser aplicada em ambientes de alta variabilidade e por isso, uma abordagem sistemática precisa ser adotada para otimizar todo o sistema e concentrar as estratégias certas nos lugares corretos. *Lean* e Seis Sigma devem ser vistos como a plataforma para o início da mudança cultural e operacional, levando à transformação total da cadeia de abastecimento. Para Bendell (2006) tais programas têm uma característica comum: eles focalizam no uso do pensamento do lado esquerdo do cérebro e isso pode ser tanto a grande força como a fraqueza. Ou seja, o autor percebe a falta do pensar com o lado direito do cérebro, relacionado com a criatividade e à inovação e sugere uma abordagem holística integrada, semelhante às práticas de grupos de melhorias presentes nas origens do Sistema Toyota de Produção. Bendell (2006) cita que tal prática contribui significativamente na implementação do Seis Sigma e do *Lean*.

Bendell (2006) cita que uma deficiência fundamental do Seis Sigma e do *Lean* é a freqüente falta de alinhamento com a política da empresa. Apesar da origem do Seis Sigma e do *Lean* ao defender apenas a satisfação do cliente, muitos projetos são escolhidos pelo custo baixo de implementação. Concentrando-se no controle e na redução da variação e do desperdício, o custo pode ser reduzido e a satisfação dos clientes pode ser aumentada (BENDELL, 2006). Por outro lado, segundo Snee (2010), a natureza do problema é que define a escolha da abordagem e das ferramentas a serem usadas. Para alteração do processo ou da variação do processo é adequado usar o Seis Sigma e nos casos de melhoria no fluxo de processo, de informações, de materiais ou redução da complexidade é indicado o uso do *Lean*. Porém, para Snee (2010) ambas podem ser usadas para redução de perdas, de valor não agregado e de tempo de ciclo. Uma alternativa para combinar as duas metodologias consiste em subordinar uma abordagem deixando a outra como dominante. Uma série de grandes empresas que adotam programas Seis Sigma colocam *Lean* em um grupo de ferramentas adicionais dentro do programa Seis Sigma, porém, o oposto não é tão comum (BENDELL, 2006).

Pensando na construção de um novo modelo integrando *Lean* e Seis Sigma, segundo Pepper e Spedding (2010) os principais fatores a serem analisados são: o modelo deve ser estratégico e focado em processos, o modelo deverá ter um balanceamento entre as duas filosofias aproveitando as reconhecidas vantagens de ambas, deverá ter equilíbrio entre a complexidade e a sua sustentabilidade e esse modelo deve ser estruturado sobre o tipo de problema ocorrido. Nessa proposta, *Lean* reforça a filosofia da estrutura e fornece direção estratégica para a melhoria, orientando a dinâmica geral do sistema e informando o estado atual das operações. *Lean* identifica as áreas fundamentais para a melhoria. Após serem identificados os pontos críticos, usam-se projetos Seis Sigma para focar na melhoria e conduzir o sistema para o estado futuro desejado.

Já o modelo conceitual proposto por Bendell (2006) tem como ponto central o mapeamento do processo ou a melhoria a ser realizada no sistema. E a partir da natureza do processo há quatro direções a serem seguidas pela empresa: projeto *Lean*, projeto seis sigma, investimento em recursos humanos ou em certificações de qualidade. No modelo proposto por Snee (2010) o primeiro ponto de análise é próprio negócio onde a necessidade do cliente é verificada: nessa análise é percebido se é preciso projetos de melhorias no sistema atual ou um sistema

puxado *Lean* para atender o mercado. Para cada fluxo há a escolha da abordagem a ser usada e a última etapa do modelo é a aplicação do *Lean* e do Seis Sigma para estabelecer a melhoria contínua de desempenho do negócio.

A partir das reflexões anteriores constata-se, em suma, que: (i) as duas abordagens são predominantemente complementares e é viável pensar-se em um modelo que integre as duas abordagens; (ii) para criar um modelo integrado, o gerenciamento de projetos e a estratégia corporativa precisam estar alinhados, para evitar de se ter sistemas separados entre a abordagem *Lean* e Seis Sigma; (iii) percebeu-se também que, se o *Lean* é implementado individualmente, faltam ferramentas específicas para alavancar seu pleno potencial conforme a complexidade do problema em análise. Da mesma maneira, se um projeto Seis Sigma é aplicado sem a visão sistêmica do *Lean*, o foco no fluxo global é esquecido e o desempenho do projeto de melhoria é comprometido.

3 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES: TOC, LEAN E SEIS SIGMA

De forma a generalizar as principais diferenças entre as três abordagens e complementando as discussões até aqui realizadas, essa seção visa consolidar o entendimento geral entre tais abordagens. A discussão de Thompson (2005), por exemplo, contribui inicialmente elencando um conjunto de forças, fraquezas e contramedidas para suprir tais fraquezas, conforme o Quadro 13, enquanto que uma discussão detalhada é feita no Quadro 14.

Quadro 13 – Forças e fraquezas entre TOC, *Lean* e Seis Sigma.

Prática	Elementos Fundamentais	Forças	Fraquezas	Contramedidas
Lean Manufacturing	<p>A causa da baixa performance é o excesso de perdas. Lean é uma estratégia baseada no tempo e usa uma estreita definição de perda (atividades que não agregam valor sob a perspectiva do cliente).</p> <p>A vantagem competitiva vem pela garantia de que toda atividade é focada na rápida transformação de materiais em produto acabado.</p>	<p>1. Provem uma abordagem estratégica para integrar melhorias através do fluxo de valor e no foco sobre a maximização da adição de valor.</p> <p>2. Promove diretamente e advoga um radical avanço em inovação.</p> <p>3. Ênfase na resposta rápida para oportunidades óbvias.</p> <p>4. Direciona a cultura do local de trabalho e a resistência a mudança através do envolvimento de times em todos níveis da organização.</p>	<p>1. Pode promover risco sem considerar um razoável equilíbrio de consequências globais.</p> <p>2. Pode não prover evidência suficiente dos benefícios do negócio para o gerenciamento contábil tradicional.</p> <p>3. É limitada quando lida com interações complexas e recorrentes problemas.</p>	<p>1. Força 3 do Seis Sigma.</p> <p>2. Força 2 do Seis Sigma e força 4 da TOC.</p> <p>3. Força 1 do Seis Sigma e força 3 da TOC</p>
Seis Sigma	<p>A causa da baixa performance é a variação no processo e qualidade do produto. Variação aleatória resulta em operações ineficientes, causando insatisfação dos clientes devido a produtos e serviços instáveis.</p> <p>O aumento da vantagem competitiva vem de estáveis previsíveis processos, permitindo elevar rendimentos, previsões e performance confiável do produto ou serviço.</p>	<p>1. Rigor e disciplina da abordagem estatística resolve problemas complexos que não podem ser resolvidos pela simples intuição ou tentativa e erro.</p> <p>2. A coleta de dados provem para a gestão forte subsídio suporte para tomada de decisão.</p> <p>3. O foco na redução da variação reduz os riscos e melhora a previsibilidade.</p>	<p>1. Métodos estatísticos não são bem ajustados para análise de problemas de sistemas integrados. Pode-se calcular o nível sigma para uma especificação de produto mas não para interações de processos e falhas.</p> <p>2. A pesada confiança sobre métodos estatísticos por sua própria natureza é reativa, já que requer uma repetição do processo para desenvolver tendências e níveis de confiança.</p> <p>3. O forte foco em processos estáveis pode levar a total aversão ao risco e pode penalizar inovadoras práticas que por natureza serão instáveis e variáveis.</p>	<p>1. Força 1 do Lean e força 2 da TOC.</p> <p>2. Força 2 e 3 do Lean</p> <p>3. Força 2 do Lean</p>
Teoria das Restrições	<p>A causa da baixa performance é a técnica de gerenciamento falha. Sistemas lógicos são usados para identificar restrições e focar recursos na restrição. A restrição se torna o sustentáculo gerencial.</p>	<p>1. Fornece um processo simplificado e administração de recursos através do estreito foco na restrição para gerenciar um processos, assim como esforços de melhorias (exploração).</p> <p>2. Vê através de todos os processo dentro de um contexto de sistema para garantir que recursos limitados não são usados para melhorar não restrições.</p> <p>3. Diferencia restrições políticas de físicas.</p> <p>4. Provém direção baseando-se em apropriados indicadores (G.I, DO)</p>	<p>1. A ênfase na restrição pode levar a aceitar ou tolerar excesso de perdas em processos não restritivos.</p> <p>2. Se o processo básico é fundamentalmente inadequado, não importa o quão bem gerenciado, pode não alcançar as metas e objetivos.</p> <p>3. Não encaminha diretamente a necessidade da mudança cultural. A mudança de processos da TOC é muito tecnicamente orientada e reconhece completamente a necessidade de outros métodos de melhoria.</p>	<p>1. Força 1 do Lean e 2 do Seis Sigma.</p> <p>2. Força 2 do Lean</p> <p>3. Força 2 do Lean</p>

Fonte: adaptado de Thompson (2005).

Quadro 14 – Análise crítica comparativa entre TOC, *Lean* e Seis Sigma

Critério	Teoria das Restrições	<i>Lean Manufacturing</i>	Seis Sigma
1.Origem	Goldratt (1980's)	Toyota (Toyoda, Ohno and Shingo-1950's)	Motorola e General Electrics (1980's)
2.Teoria	Gerenciar restrições e gerar ganho	Eliminação de perdas e aumento de lucro	Reduzir a variação
3.Estrutura de aplicação	1. Identificar a restrição 2. Explorar a restrição 3. Subordinar o processo 4. Elevar a restrição 5. Voltar ao passo 1	1. Especificar valor 2. Identificar o fluxo de valor 3. Fluxo 4. Puxar 5. Buscar a perfeição	1. Definir 2. Medir 3. Analisar 4. Melhorar 5. Controlar
4.Foco	Na restrição	No fluxo	No problema
5.Meta	Incremento contínuo dos lucros	Maximizar a produtividade	Maximizar resultados do negócio
6.Objetivo estratégico	Sincronizar	Simplificar	Estabilizar
7.Pressupostos	- Ênfase na velocidade e volume - Analisa sistemas existentes - Há interdependência entre os processos	- A redução das perdas aumenta a performance do negócio - Diversas pequenas melhorias são melhores do que a análise global do sistema	- Existe um problema - Ferramentas estatísticas são usadas - Melhoria na taxa de saída do sistema pela redução da variação nos processos
8.Efeito primário	Aumenta o ganho rapidamente	Redução do tempo de fluxo	Taxa de saída do processo uniforme
9.Efeitos secundários	- Redução de inventários e perdas - Ganho é o medidor de performance do sistema - Melhoria na qualidade	- Reduz a variabilidade - Gera saídas uniformes do processo - Redução de inventário. Novo sistema contábil - Fluxo é o medidor de performance dos gestores - Melhora a qualidade e a produtividade	- Reduz as perdas. Gera ganho rapidamente - Reduz inventário - Variabilidade é o medidor de performance dos gestores - Melhora a qualidade - Cultura de mudança

(continuação)

10.Deficiências	Ignora partes da organização e da manufatura ao focar a restrição	- Não aplica ferramentas estatísticas ou sistemas de análises - Foco limitado em perdas	- Não considera a interdependência dentro do sistema - Melhorias de processos feitas de forma independente. - Cria elite de empregados
11.Facilidade de implementação	Maior dificuldade	Menor dificuldade	Dificuldade média
12.Nível gerencial de aplicação	Alta gerência	Primeiro nível	Nível técnico e média gerência
13.Estrutura de implantação	Não faz referência	Não faz referência	Belts e Champion
14.Efeito sobre a variabilidade	Absorve a variação	Reduz	Reduz
15.Principais contribuições	Visão sistêmica das restrições	Puxar, takt time, Heijunka, fluxo unitário de peças, mapeamento de fluxo de valor e respeito às pessoas	Estrutura organizacional com especialistas em melhorias, projetos orientados e quantificação das reduções de custos
16.Aspectos do processo	- Métrica específicas de contabilidade. - Foco sistemático na restrição	- Gerenciamento do fluxo de trabalho pelo JIT - Otimização dos processos	- Ferramentas estatísticas específicas. - Terminologias específicas - Estrutura de especialistas específica
17.Tamanho de lotes	Lotes maiores para a restrição e menores para não gargalos	Lotes pequenos em todo sistema	Não faz referência
18.Controle da produção	A Corda do algoritmo Tambor-Pulmão-Corda é usada para liberar material	Kanban aciona a liberação da produção	Não faz referência
19.Planejamento da produção	Planejamento detalhado para a restrição e menos detalhado para não-gargalos TPC (Tambor, Pulmão e Corda)	- Planejamento detalhado da montagem final - As demais operações são acionadas para atender a montagem através do Kanban	Não faz referência
20.Distribuição do conhecimento	Conhecimento é centralizado e focado nas restrições	Conhecimento é compartilhado como redução de perdas e é de responsabilidade de todos	Conhecimento centralizado nos belts e a formação é altamente focada

(conclusão)

21.Aspectos culturais dominantes	- Requer uma mudança na abordagem - Estende-se em todas as partes negócio	- Cultura de mínimo desperdício - Ênfase na melhoria contínua	- Empoderamento dos funcionários - Altera a filosofia - Foco em clientes
22.Estilo de liderança	Líder de perfil direcionador	Líder de perfil facilitador	Líder de perfil direcionador
23.Requerimento de dados	Quantidade e acuracidade de dados é menos crítica em relação aos métodos tradicionais de produção	Quantidade e acuracidade de dados é parcialmente crítica em relação aos métodos tradicionais de produção	Exige elevadas quantidade e acuracidade de dados para a tomada de decisão
24.Inventário	- Inventário é necessário para facilitar a produção, mas a meta é minimizar o inventário - Buffers são colocados na frente do gargalo e na intersecção entre caminhos de não-gargalos e o caminho de um gargalo até suas ordens de produção	Estoque zero é a meta e depende do número de kanbans no sistema	Não faz referência
25.Planejamento da capacidade	- Considera capacidade finita - É planejada por simulação computacional	- Considera capacidade finita - É planejada por Kanban	Não faz referência
26.Tecnologia de Informação	Recursos computacionais são necessários para a implantação	Baixa necessidade	Recursos computacionais usados principalmente para análises estatísticas
27.Requisitos de estabilidade à implantação	- Indiferente, mas apresenta melhor desempenho em ambientes de média ou baixa estabilidade	Ambiente com alta estabilidade	Indiferente
28.Indicadores gerenciais de desempenho	- Indicadores Globais: Lucro Líquido (LL), Retorno sobre o investimento (RSI), Fluxo de Caixa (FC); - Indicadores Locais: Ganho (G), Inventário (I), Despesas Operacionais (DO)	- Custo-Alvo - Custo-Kaizen	DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades)

Fonte: Elaborado pelo autor (2012) e a partir de Michael Pitcher (2010), Nave (2002), Brown et al. (2008),

Sproull (2009), Lea e Min (2003) e Thompson (2005).

A partir das análises da seção anterior e dos estudos comparativos propostos por Michael Pitcher (2010); Nave (2002); Brown et al. (2008); Sproull (2009); Lea e Min (2003) e Thompson (2005), é possível propor uma análise crítica comparativa dos aspectos chaves das três abordagens em discussão, conforme Quadro 14, atendendo assim a um dos objetivos propostos nessa pesquisa.

A análise comparativa apresentada no Quadro 14 proporciona uma visão geral sobre os pontos de convergência e exclusão dos três paradigmas discutidos nesse trabalho e oferece elementos que devem ser considerados na proposição de um modelo integrado. A crítica sobre tais pontos entre as três abordagens será então apresentada nas subseqüentes seções a partir de tópicos.

3.1 ANÁLISE DA TEORIA E DA ESTRUTURA DE APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Pode-se dizer que enquanto o *Lean* visa eliminar as perdas produtivas e Seis Sigma visa reduzir a variabilidade dos processos, a TOC é voltada para a geração de lucro a partir da exploração das restrições do sistema. Nesse ponto de análise as três abordagens poderiam ser inseridas no escopo de integração de forma complementar da seguinte maneira: em primeiro lugar, a visão da TOC irá definir a restrição que impede a empresa de gerar ganho; após definida a restrição, deve-se analisar quais ferramentas do *Lean* e Seis Sigma serão usadas para explorar e elevar a capacidade da restrição. E por fim, poder-se-ia focar o Seis Sigma para estabilizar no longo prazo a restrição. Por outro lado, quanto à estrutura, pode-se afirmar que as três abordagens possuem individualmente cinco etapas claras de aplicação ou de compreensão, que pode contribuir para a crítica e análise das combinações dessas etapas dentro de uma perspectiva de integração.

3.2 ANÁLISE DO FOCO E META ESTRATÉGICA

Na TOC o foco das ações é a restrição que limita o ganho da empresa e a meta é o incremento contínuo do lucro. O *Lean* o prioriza o fluxo produtivo a partir da redução de perdas para aumentar a produtividade. Por outro lado, Seis Sigma tem foco no problema específico que impede a empresa de ganhar dinheiro. Analisando as três abordagens, sugere-se que o foco e meta da TOC são superiores ao *Lean* e

Seis Sigma para tratar a questão da priorização dos esforços. Esse argumento justifica-se na medida em que ao identificar a restrição de ganho do sistema como um todo, a TOC enxerga a empresa sistemicamente, contemplando as interações que existem entre os níveis organizacionais. Portanto, na elaboração de um modelo integrado entre as três abordagens sugere-se que a visão da TOC de priorização dos esforços é superior.

3.3 ANÁLISE DOS EFEITOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS

A comparação entre os efeitos primários das três abordagens no Quadro 14, mostra que a TOC aumenta o ganho global da empresa rapidamente, enquanto o *Lean* reduz *lead time* e o Seis Sigma reduz a variabilidade. Ora, sendo o objetivo de qualquer empresa ganhar dinheiro, pode-se sugerir que o efeito primário da TOC é superior aos demais. Contudo, a análise dos efeitos secundários entre os três paradigmas mostra pontos convergentes como redução de perdas, redução de inventário e a melhoria da qualidade. A conclusão emergente é que o uso integrado das três abordagens pode potencializar o desempenho da empresa.

3.4 ANÁLISE DAS DEFICIÊNCIAS E DA IMPLEMENTAÇÃO

A lacuna da TOC ao focar apenas gargalo do sistema é um aspecto relevante a ser considerado, tendo em vista que ignorar os demais recursos pode comprometer o desempenho da manufatura e afetar, conseqüentemente, em aspectos econômico-financeiros. É senso comum, que recursos com elevados índices de rejeições de qualidade, falta de materiais e indisponibilidade de equipamentos causada por quebras freqüentes, por exemplo, podem afetar o desempenho do sistema como um todo. Da mesma forma, os esforços nos projetos Seis Sigma não consideram a interdependência dos recursos no sistema, e sim um olhar individual do projeto e do problema a ser resolvido. Tais pontos reforçam a necessidade da visão de fluxo no sistema ao não negligenciar os demais recursos. Nesse sentido, a deficiência do *Lean* em focar a redução de perdas em todos os lugares, é balanceada pela sua visão de fluxo, cristalizada em técnicas como o mapeamento de fluxo de valor. Num modelo de integrado a prioridade dos esforços de melhoria além do gargalo, poderia ser feita classificando os recursos prioritários a

partir da visão de fluxo do *Lean*. Outra deficiência clara da TOC e do *Lean* é a falta de técnicas estatísticas para quantificar, modelar e solucionar problemas complexos. Num modelo integrado, essa deficiência é compensada pelo Seis Sigma e suas técnicas como o Controle Estatístico de Processo (CEP) e o *Design of Experiments* (DOE) para análise e solução de problemas. Portanto, parece viável concluir que as principais deficiências das três abordagens podem ser contrabalanceadas dentro de um modelo integrado conforme a escolha correta dos elementos de cada abordagem fazendo com que a implantação de um modelo integrado não seja mais difícil que sua implementação individual.

3.5 ANÁLISE DA VARIABILIDADE

Pode-se dizer o controle da variabilidade nos processos no *Lean* é feito de forma pró-ativa, evitando-a na origem a partir de técnicas de padronização, como Operação Padrão, gestão visual, etc. Enquanto que, no Seis Sigma é feito de forma reativa, após os locais de variabilidade alta serem identificados. Sugere-se então usar o *Lean* na tentativa de evitar a variabilidade e o Seis Sigma para controlá-la e reduzi-la. As duas abordagens têm desempenho superior ao da TOC, que aceita e absorve a variabilidade a partir do posicionamento de pulmões físicos e não físicos. Como os estoques, que acabam, a priori, elevando os custos de produção. Na perspectiva de integrar tais abordagens sugere-se que os esforços sejam empregados usando inicialmente a padronização do *Lean* e em seguida o Seis Sigma para controlar e reduzir a variação da restrição. Depois sugere-se que os esforços de melhoria sejam empregados à montante e à jusante da restrição. À montante, no recurso imediatamente anterior à restrição para garantir o abastecimento do gargalo. E à jusante, nos processos posicionados após a restrição visando não comprometer as saídas após o gargalo que podem comprometer o desempenho global do sistema. O resultado geral esperado dessas práticas é potencializar o desempenho da implementação do *Lean* e da TOC e aumentar a produtividade do sistema.

3.6 ANÁLISE DO TAMANHO DE LOTE

A estratégia de tamanho de lotes na TOC é diferente da visão *Lean*. Na TOC é desejável lotes de processamento maiores nos recursos gargalos de forma aumentar sua eficiência e evitar paradas, assim como tamanhos menores para lotes de transferência e nos demais recursos do sistema. Já o *Lean* busca o fluxo unitário de peças em todo o sistema, e nos pontos onde o fluxo unitário não é possível devido à alta variabilidade, o *kanban* é a alternativa apresentada. Um ponto de convergência entre as duas abordagens é o tamanho reduzido de lotes de transferência. Porém, um ponto não evidenciado na literatura é o tamanho de lote a ser produzido no gargalo. Outra vez a discussão sobre variabilidade se faz necessária para o debate. Em recursos instáveis a tendência é que os lotes de processamento sejam maiores que em recursos de baixa variabilidade, reforçando assim o uso de técnicas estatísticas do Seis Sigma para redução da variabilidade.

3.7 ANÁLISE DOS MECANISMOS DE CONTROLE DA PRODUÇÃO

Lean e TOC usam uma lógica puxada de controle da produção no chão de fábrica. No TPC um pulmão é posicionado na frente do gargalo (Tambor) para evitar paradas. A corda (informação ou até mesmo um *kanban*) sinaliza a necessidade de entrada de materiais no sistema para alimentar o estoque (Pulmão de tempo ou matéria prima) posicionado imediatamente antes do gargalo e limita a quantidade de matéria-prima liberada. Genericamente, o uso do TPC independe do nível de variabilidade dos recursos, pois o dimensionamento do pulmão deve considerar essa instabilidade. Já na lógica do *kanban* um número fixo de itens é produzido conforme os acionamentos realizados pelos recursos e se mostra adequado para ambientes com relativa previsibilidade da demanda, baixa variabilidade nos recursos e elevados volumes produzidos. O escopo do Seis Sigma não apresenta nenhum tipo de mecanismo de controle da produção e sua contribuição pode ser dada apenas no campo da variabilidade. Autores como Hopp e Spearman (2001); Godinho Filho e Uzsoy (2010) discutem com maior profundidade o efeito da variabilidade nos mecanismos de controle da produção na manufatura.

3.8 ANÁLISE DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Na TOC o planejamento da produção, pelo algoritmo TPC, deve ter maior nível de detalhamento no recurso gargalo em relação aos outros recursos. O objetivo do planejamento detalhado no gargalo é maximizar a sua utilização. Para maximizar a utilização do gargalo, alguns fatores podem ser contemplados no planejamento da produção, como: confiabilidade nos tempos de processamento, planejamento de setups e eliminação de perdas. Outros elementos também podem ser adicionados na lógica de planejamento da produção da TOC. A análise I-V-A-T segundo Cox III e Schleier Jr. (2010) de sistemas produtivos, por exemplo, sugere o posicionamento de pulmões estratégicos ao longo da cadeia produtiva e contribui com bons *insights* para melhorar o planejamento da produção. Já no *Lean* o planejamento da produção é focado na linha de montagem, de forma que os demais recursos da fábrica são programados via *kanban* para atender à montagem final (cliente). Outra vez a discussão sobre variabilidade se faz necessária, pois dependendo da complexidade do sistema produtivo e dos níveis de variabilidade dos recursos, o uso do *kanban* para interligar toda a cadeia pode se tornar inviável devido ao conseqüente aumento dos estoques e do *lead time*. Por outro lado, o nivelamento da produção a partir de uma dada demanda fixa no ambiente *Lean*, feito pelo *Heijunka*, auxilia a operacionalização do *kanban*. Contudo, a visão da TOC e do *Lean* é convergente no aspecto demanda, porque a confiabilidade da demanda planejada para a fábrica interfere de forma significativa no desempenho do *kanban* e do TPC. Por outro lado, parece não haver na literatura um senso comum sobre qual técnica de planejamento e controle da produção tem melhor desempenho quanto ao *lead time*, níveis de estoque e ganho do sistema. Nesse sentido, a discussão entre adotar *kanban* ou TPC está longe de ser esgotada nesse trabalho e carece de investigações de resultados empíricos.

3.9 ANÁLISE DO FATOR HUMANO E DA CULTURA DOMINANTE

O *Lean* é a abordagem que possui mecanismos claros de envolvimento dos empregados de chão de fábrica, em iniciativas como os grupos de melhorias, por exemplo. Por isso, antes de propor a integração das abordagens é preciso que essa lacuna seja discutida propondo uma metodologia para promover envolvimento dos

funcionários que contemple os elementos da cultura da TOC e Seis Sigma. O envolvimento da força de trabalho, por exemplo, é vista na literatura como um fator significativo para sustentar a manutenção e aperfeiçoamento do modelo. Outro relevante aspecto a ser analisado na unificação das abordagens é: qual será a cultura dominante da empresa? Como criar e como torná-la ativa através dos níveis organizacionais? As respostas a essas perguntas são fatores críticos e são uma lacuna na literatura pesquisada. Uma possível alternativa seria fazer o mapeamento da cultura atual da empresa, identificá-la com a cultura de uma das três abordagens, para depois adaptar os aspectos das duas abordagens restantes na cultura vigente. Esse trabalho evidenciou que pesquisas nesse sentido se fazem necessário. Além disso, outra lacuna evidenciada na literatura se refere à mudança organizacional. Como conduzir a mudança para implantação integrada das abordagens em uma empresa que já possui sua cultura consolidada e até mesmo já adota uma ou duas das três abordagens em seu modelo de gestão organizacional? Nesse sentido, a investigação de autores clássicos sobre gestão da mudança organizacional como Kotter (1997) que propõe as seguintes 8 etapas poderia gerar novos relevantes *insights* vistas à integração efetiva das abordagens. As oito etapas da gestão da mudança segundo Kotter (1997) são: (i) criar um sentido de urgência; (ii) trabalho de equipe; (iii) desenvolver a visão e a estratégia da mudança; (iv) comunicar para melhorar a compreensão; (v) motivar e capacitar aqueles que querem participar; (vi) obter pequenas vitórias; (vii) não desistir; (viii) criar uma nova cultura.

3.10 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE IMPLANTAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO DE CONHECIMENTO E LIDERANÇA

A síntese apresenta no Quadro 14 sugere a partir da literatura que os níveis de implantação da TOC são focados na alta gerência, do *Lean* o foco é o primeiro nível hierárquico enquanto no Seis Sigma o foco seria na média gerência e nível técnico. Todavia, com o intuito de alinhar a integração das abordagens, uma crítica à literatura pesquisada deve ser feita. É evidente que a alta direção da empresa precisa atuar diretamente na implantação, tendo em vista que a literatura aponta como principal causa de fracasso de implantação de programas de melhoria, o baixo envolvimento dos *stakeholders*. Logo, esse pressuposto é conflitante com os achados da literatura de que, por exemplo, a implantação do Seis Sigma é focada na

media gerência e técnica. Nesse sentido tem-se um conflito que carece de investigações aprofundadas com o seguinte objetivo: quais os níveis estruturais de implantação de um modelo integrado e como efetivar a sua coesão? Em que nível organizacional implantar cada abordagem? Contudo, uma possível resposta e crítica contrapondo aos achados da literatura pode ser feita no seguinte sentido: parece razoável pensar que dentro da empresa, quanto maior for a mobilização e participação das áreas e diferentes hierarquias, sobretudo da alta direção, maiores serão as chances de sucesso da implantação.

A resposta a essas perguntas remetem a outro importante ponto apresentado no Quadro 14: a distribuição do conhecimento e o perfil da liderança da mudança. Em primeiro lugar, o presente autor sugere que os níveis de implantação e a estrutura de recursos humanos de suporte devem considerar o compartilhamento do conhecimento e, sobretudo do aprendizado. Tal princípio parece ser coerente com o ambiente de competitividade atual. Todavia, é contrário à literatura que evidencia que o Seis Sigma cria uma elite de conhecimento e que no ambiente enxuto, este é pulverizado e amplamente disseminado. Assim, pode-se inferir que o elo de ligação entre a estrutura organizacional e o compartilhamento de conhecimento ao longo das estruturas da empresa é fortemente determinado pela liderança. E nesse ínterim, a literatura evidencia que para implantar a TOC e o Seis Sigma, o líder deveria, a priori, ter perfil direcionador enquanto para o *Lean* a característica dominante seria de facilitador. Uma possível conclusão emergente, é que a estrutura de implantação deve ser organizada de tal forma que os líderes sejam facilitadores e direcionadores, e que tenha capacidade de mobilização e sustentação do novo paradigma resultante da integração das três abordagens. Ademais, identificou-se que esse tema é pouco explorado na literatura e carece de maiores investigações no sentido de: a partir da integração de tais abordagens, qual é o perfil desejado dos líderes e dos liderados para esse novo modo enxergar as Operações? E quais disciplinas de conhecimento das abordagens devem ser compartilhadas para cada nível organizacional?

3.11 ANÁLISE DO INVENTÁRIO, PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE E REQUISITOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Conforme apresentado no Quadro 14, a TOC pressupõe níveis de inventários em pontos estratégicos do sistema para facilitar a sincronização da produção, usando o TPC. Em contraposição, no *Lean*, a meta, ainda que utópica, é o estoque zero, o qual é restringido pelo número de *kanbans* no sistema. Emerge então um conflito a ser solucionado: implementar TPC ou *kanban*? A literatura é divergente e não há um consenso sobre essa questão, pois alguns autores afirmam que a produção enxuta resulta em menor inventário e *lead time* (MILTENBURG, 1997) ou que a performance da TOC é melhor (COOK, 1994; WATSON; PATTI, 2008). Contudo, parece haver uma convergência no seguinte sentido: o desempenho do *Lean* é melhor em ambientes de baixa variabilidade, enquanto que a TOC performa melhor em ambientes de média e alta variabilidade. Conseqüentemente, os níveis de inventário no sistema serão resultantes desses níveis de variabilidade. Não se deseja esgotar essa discussão nesse estudo. Porém, sugere-se que o uso combinado das duas técnicas pode ser uma alternativa, pois um sistema de manufatura via de regra é complexo e apresenta diferentes configurações e fontes de variabilidade ao longo do fluxo. Essa sugestão concorda com os achados de Sale e Inman (2003) que mostrou que a combinação das duas práticas resulta em desempenho superior ao uso individual e com os requisitos de implantação da TOC e do *Lean*, aparentemente já consolidados na literatura.

3.12 ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

A análise dos indicadores de desempenho das três abordagens permite evidenciar, genericamente, que o conjunto de indicadores propostos pela TOC é mais robusto em relação aos demais indicadores, sobretudo do *Lean*. Apesar de não se evidenciar na literatura um conjunto de indicadores financeiros ou de performance operacional para o Seis Sigma, pode-se dizer que estes, uma vez existentes, por natureza estariam relacionados a índices de qualidade em níveis de conformidade ou não conformidades de produtos. Nesse sentido, o pressuposto central dos indicadores da TOC é que as melhores decisões podem ser avaliadas sob dois prismas: (i) uma perspectiva global da empresa: a partir dos indicadores Lucro

Líquido (LL), Retorno sobre o investimento (RSI) e Fluxo de Caixa (FC), e; (ii) uma perspectiva local: Ganho (G), Inventário (I), Despesas Operacionais (DO) e nesse caso o impacto das decisões gerenciais locais podem ser medidas nos indicadores globais como critério norteador decisório. Sabe-se que, atualmente, as organizações contemporâneas, via de regra, adotam uma série de indicadores de gestão oriundos a partir de várias entradas, tais como: necessidade de cumprir a legislação tributária, da contabilidade de custos, indicadores financeiros, de produtividade e etc. Todavia, pode-se dizer que as vantagens de se usar os indicadores da TOC na tomada de decisão gerencial são: (i) um conjunto de alguns indicadores traduzem a efetiva necessidade de análise das decisões internas à empresa, sobre a perspectiva intrínseca e de relevância indiscutível que é o paradigma financeiro e a geração de lucro das empresas; (ii) o uso do conjunto de indicadores da TOC não inviabiliza, na prática, o uso dos demais indicadores das organizações. Contudo, há que ponderar para que efetivamente os indicadores da TOC sejam os norteadores das decisões e não sejam corrompidos e afetados nas decisões diárias, pelos indicadores tradicionais da contabilidade de custos.

Assim, pretendeu-se nessa seção consolidar o entendimento de relevantes conceitos usados para a construção dessa pesquisa, dentre eles: critérios para a construção de modelos no campo da Gestão de Operações e na Engenharia de Produção, estratégia de operações e dimensões competitivas e especialmente divergências e convergências entre as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma. Partindo do referencial teórico, optou-se por realizar reflexões críticas acerca das abordagens o que possibilitou emergir algumas lacunas da literatura a serem investigadas em trabalhos futuros. De forma a completar e concluir a discussão visando responder à questão de pesquisa, a próxima seção realiza o debate e comparativamente analisa os modelos existentes na literatura envolvendo as abordagens aqui discutidas. O principal objetivo desse debate é investigar se os modelos dialogam com o contexto da estratégia de produção, bem como procurar compreender as virtudes e pontos fracos dos modelos já existentes.

4 MODELOS TOC, *LEAN* E SEIS SIGMA JÁ PROPOSTOS: DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

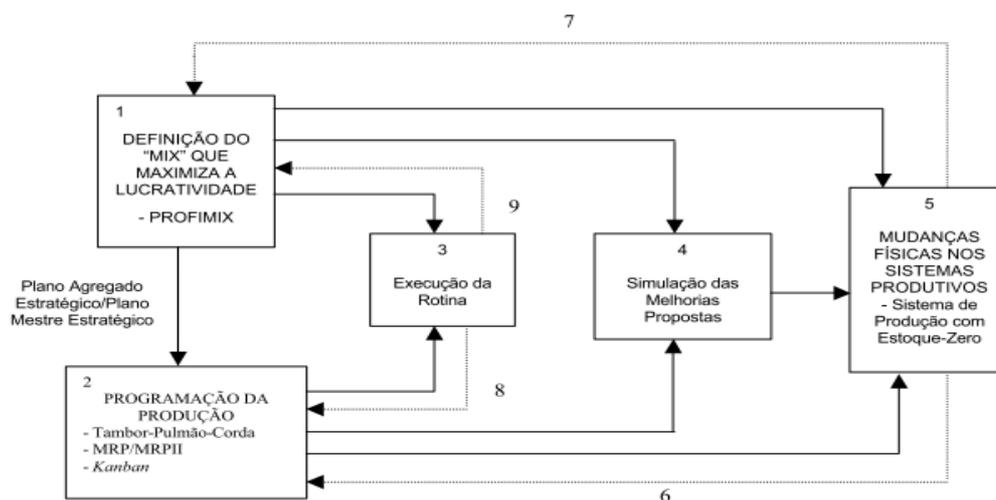
A discussão sobre os modelos que usam a combinação das três abordagens discutidas nessa dissertação é fundamental, pois: (i) permite apontar as fronteiras do conhecimento e estado da arte sobre tais técnicas; (ii) pode emergir as lacunas presentes na literatura, que somadas com as lacunas já analisadas na seção anterior desse estudo, pode gerar novas contribuições para o campo da Gestão de Operações e da Engenharia de Produção. Os modelos oriundos da revisão bibliográfica serão discutidos a seguir. Sendo que: todos os modelos integrando TOC e *Lean* e TOC e Seis Sigma encontrados na revisão bibliográfica são discutidos, enquanto que alguns modelos combinando *Lean* e Seis Sigma foram descartados por serem considerados superficiais, não contribuindo com essa dissertação.

4.1 MODELO TOC + *LEAN* DE ANTUNES (1998)

Antunes (1998) após analisar profundamente a possibilidade de unificação entre TOC e o STP, de forma pioneira na literatura de Gestão de Operações, sugere um modelo orientado a partir dos ciclos de rotina, melhoria e inovação do TQC para Indústrias de Forma. Os pré-requisitos para implantação do modelo são os seguintes: (i) antes de aplicar a lógica do modelo, se faz mister como pré-requisito, realizar melhorias no macro leiaute do ambiente de manufatura; (ii) em seguida, pressupõe-se que sejam tomadas medidas para o funcionamento efetivo do novo leiaute de forma a estabilizá-lo. Nesse ínterim, Antunes (1998) sugere algumas ações ligadas a alguns elementos enxutos: melhoria de *setup*, Operação-Padrão, Automação, *Poka-Yoke* e manutenção. O modelo proposto está apresentado na Figura 12. A primeira parte do modelo permite realizar a gestão da rotina da fábrica, envolvendo nas etapas 1-2 (planejamento), 3 (execução), 8-9 (controle): (i) uma ferramenta de modelagem determinística da fábrica com capacidade de, partindo da identificação do(s) gargalo(s) de produção (levando em conta uma série de restrições do sistema), determina um plano agregado estratégico de produção que maximize os indicadores de performance da fábrica; (ii) ferramenta(s) que, a partir

da definição do plano estratégico de produção, permitam fazer uma gestão sistêmica efetiva da programação da produção.

Figura 12 – Modelo integrando TOC e *Lean* de Antunes (1998)



Fonte: Antunes (1998).

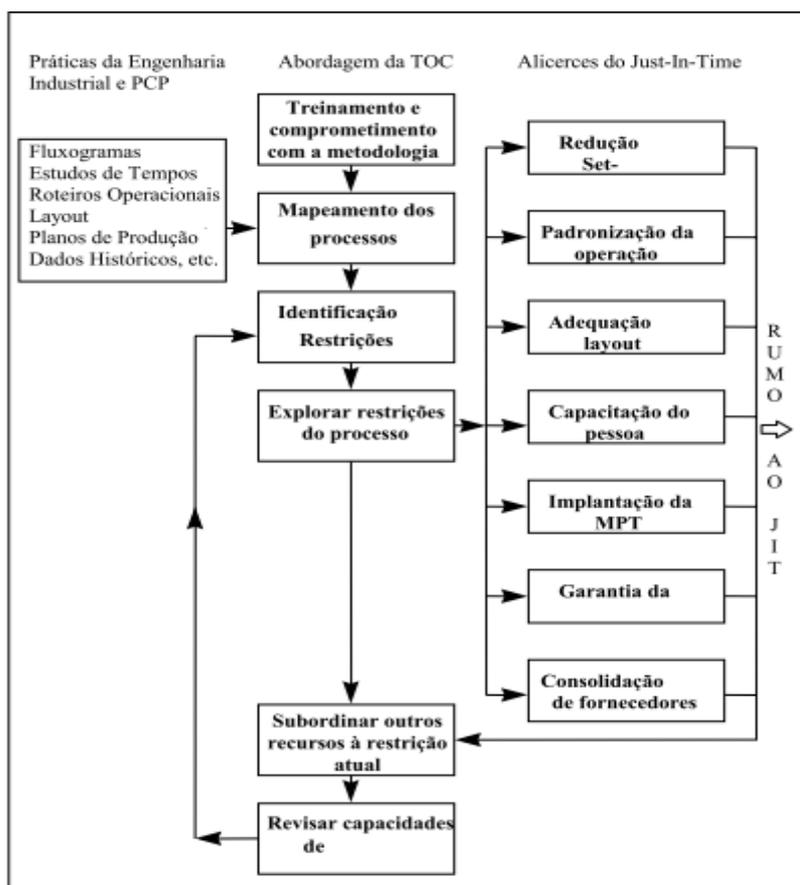
A segunda parte do modelo envolve o gerenciamento das melhorias, realizado pelas etapas 1-2-4 (planejamento), 5 (execução) e 6-7 (controle). Essa etapa exige uma composição mais complexa que envolve *software* e ações físicas no chão-de-fábrica, que são: (i) definição, via *software* de determinação do plano agregado estratégico de produção, do(s) gargalo(s); (ii) proposição de soluções para levantar a capacidade dos gargalos, que podem envolver redução de setup, elevar o rendimento global da manutenção da(s) máquina(s) gargalo(s), alterações no *layout*, utilização de horas-extras, aquisição de novos equipamentos (mecanização/automação), modificações amplas nos processos de fabricação, etc. Já a etapa final do modelo compreende o inter-relacionamento dos dois subsistemas anteriormente descritos com a lógica da Gestão da Inovação. Do ponto de vista amplo a Gestão da Inovação, através das alterações nos produtos e nos processos, alterará as variáveis de entrada dos elementos que constituem a Gestão das Melhorias e a Gestão da Rotina (ANTUNES, 1998).

4.2 MODELO TOC + LEAN DE GUSMÃO (1998)

Gusmão (1998) elaborou um modelo conceitual baseado no modelo de Monden (1984) integrando o *Lean* e TOC direcionado para pequenas e médias empresas. Na visão do autor, o modelo deve ser implementado diretamente nas

restrições e depois ser ampliado gradativamente até abranger toda a empresa. Outro pressuposto do modelo, é que, segundo Gusmão (1998) permite que a empresa alcance um padrão de produção enxuta, sobretudo a partir das suas ferramentas (redução de setup, operação padrão, etc) e pelos ciclos de aplicação do modelo. O modelo conceitual está apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Modelo integrando TOC e *Lean* de Gusmão (1998)



Fonte: Gusmão (1998).

O modelo inicia pela etapa de Treinamento e comprometimento com a metodologia que contempla o envolvimento de todos nos níveis organizacionais. Depois, é feito o mapeamento dos processos visando suprir a falta de informações em pequenas e médias empresas. E os dados de entrada para realizar essa etapa são os fluxogramas, estudos de tempo, roteiros, indicadores, etc. Na etapa 3 do modelo a restrição do sistema é identificada conforme passo 1 do processo de focalização da TOC, usando os dados do mapeamento feito anteriormente. Na etapa 4 é feita a exploração ao máximo das restrições, a partir da aplicação das ferramentas enxutas como redução de setup, operação padrão, melhorias de leiaute,

capacitação, TPM, Garantia da qualidade e a consolidação da relação com os fornecedores para evitar problemas de atendimento. A etapa 5 compreende a subordinação dos demais recursos à restrição e o autor reforça a importância da área de PCP da empresa. A etapa 6 de revisão das novas capacidades, contempla os passos 4 de focalização de elevar a capacidade da restrição, caso necessário, e o passo de 5 voltar o início do modelo para evitar a inércia.

4.3 MODELO TOC + LEAN DE DETTMER (2001)

O modelo conceitual proposto por Dettmer (2001) pressupõe, antes de iniciar a aplicação propriamente dita, os seguintes fatores: (i) a empresa deve adotar uma perspectiva de ganho do sistema, melhorando seus controles internos, e definir as fronteiras de tal sistema, determinando sua proposta e analisando como essa proposta será medida; (ii) após ampliado o controle sobre o sistema, espera-se como resultado a melhoria da estabilidade, e nesse aspecto, ferramentas de qualidade e do *Lean* são úteis; o mapa de fluxo de valor por exemplo pode sugerir etapas desnecessárias no sistema (as perdas); espera-se assim, reduzir as dependências da “corrente” da empresa; (iii) adicionar capacidade protetiva para suportar o ganho, permitir baixos níveis de *buffers* e melhorar o fluxo. Uma vez que a perspectiva de ganho interno foi estabelecida e o sistema definido, os cinco passos de focalização podem ser aplicados tendo com apoio as práticas *Lean*. A Figura 14 expressa o modelo sugerido por Dettmer (2001).

Figura 14 – Modelo integrando TOC e *Lean* de Dettmer (2001)

1. Identificar a restrição (TOC)	Identificar o fluxo de valor (<i>Lean</i>) Mapeamento de Processos (<i>Lean</i>) Análise da rotina (<i>Lean</i>) Determinação da capacidade (TOC) Leiaute celular (<i>Lean</i>) Trabalho padrão (<i>Lean</i>) Regras e responsabilidades (<i>Lean</i>)
2. Explorar a restrição do sistema (TOC)	<i>Kanban</i> (<i>Lean</i>) Dimensionamento dos lotes de transferência <i>One piece flow</i> (<i>Lean</i>) Dimensionamento dos lotes de processo (TOC) Planejamento para trás (TOC) <u>Foco no gargalo</u> (Troca rápida, <i>Poka-Yoke</i> , <i>Kaizen</i> , Intruções de trabalho)
3. Subordinar (TOC)	<i>Kanban</i> (<i>Lean</i>) Pulmão (TOC) <u>Foco nos CCRs</u> (5S <i>housekeeping</i> , Troca rápida, TPM, <i>Kaizen</i> , Treinamento sobre <i>Lean</i> e TOC)
4. Elevar a restrição (TOC)	
5. Voltar ao passo 1 (TOC)	

Fonte: Dettmer (2001).

A etapa 1 do modelo de identificar a restrição pressupõe aceitar as relações de dependência da corrente, com ajuda do mapa de fluxo de valor para estabelecer o elo mais fraco. Na etapa 2 de explorar a restrição, naturalmente as técnicas *Lean* são aplicadas com o objetivo geral de reduzir perdas; espera-se nessa etapa aumentar o Ganho do sistema, pela exploração da restrição. A etapa 3 de subordinar todo o sistema à restrição, implica manter capacidade protetiva nos recursos não restritivos, para que possam sempre alimentar a restrição. O que significa que as não restrições não serão totalmente eficientes, pois incrementos de eficiência em não gargalos é uma ilusão. Outra ação importante para maximizar a eficiência da restrição, é evitar o balanceamento de capacidade com carga de trabalho no sistema, pois implica em caos (*Murphy*). Segundo Dettmer (2001) o conceito de *kanban* do *Lean* é comparável com a idéia de subordinação da TOC, ao limitar a taxa de matéria prima que alimenta a restrição. A etapa 4 de elevar a restrição implica invariavelmente em gastar mais dinheiro para gerar mais dinheiro e deve ser realizada para melhorar a eficiência global do sistema garantindo capacidade protetiva para responder a variações internas e incertezas externas. O passo 5, por fim, pressupõe a idéia de melhoria contínua ao reavaliar o sistema.

4.4 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS TOC + *LEAN*

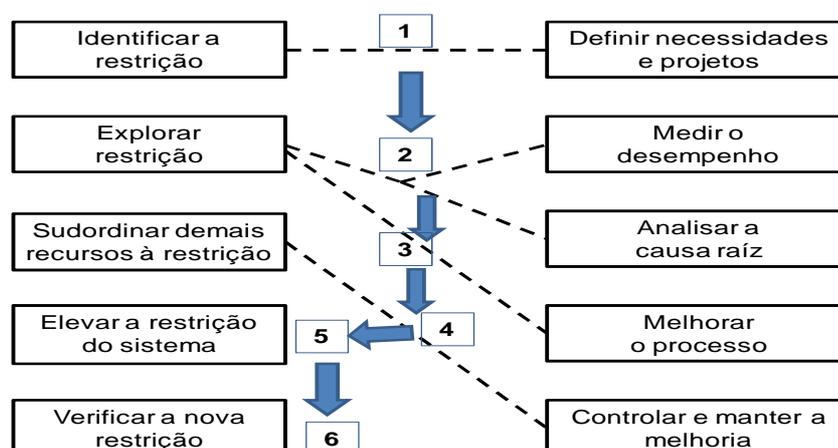
A análise crítica dos três modelos supracitados evidencia os seguintes pontos: (i) os três modelos partem da perspectiva de que a restrição é interna à empresa e está fundamentalmente posicionada em um recurso produtivo com problema de capacidade. Além disso, Antunes (1998) e Dettmer (2001) concordam que a estabilidade do sistema é pré-requisito importante para a implantação dos modelos; uma crítica necessária a se fazer nesse ponto, na visão do presente autor, é que estabilizar em definitivo o sistema, a priori, é uma ilusão. O que os autores propõem são na verdade ações de melhoria para antes de aplicar o modelo tentar “dar ordem ao caos”, dado que quantificar e garantir a estabilidade em todas as variáveis de um sistema produtivo é inviável; (ii) sobretudo os modelos de Dettmer (2001) e Gusmão (1998) estão ancorados nos cinco passos de focalização da TOC e adotam a identificação da restrição como pré-requisito. Nesse aspecto, o modelo de Antunes (1998) se diferencia dos demais ao explicitar uma nova variável: determinar o plano agregado estratégico de produção para maximizar os indicadores

de performance; (iii) a etapa de exploração da restrição é basicamente a mesma nos três modelos porque contempla aplicar as técnicas do *Lean* para explorar a restrição antes de investir na aquisição de capacidade adicional; (iv) a etapa de subordinar não está claramente explicitada no modelo de Antunes (1998) e está dos modelos de Dettmer (2001) e Gusmão (1998); nesse sentido, apenas Dettmer (2001) é específico ao determinar as práticas *Lean* que devem ser aplicadas nos recursos não-gargalos, enquanto que os modelos de Antunes (1998) e Gusmão (1998) não explicitam essa idéia; (v) elevar a capacidade da restrição e reavaliá-la é uma etapa comum aos três modelos; nesse sentido, Antunes (1998) propõe e difere ao interligar os dois subsistemas do modelo pela lógica da Gestão da Inovação de produtos e processos, enquanto que os demais modelos não determinam uma lógica específica de retro-alimentação dos modelos e sim apenas a identificação da nova restrição.

4.5 MODELO TOC + SEIS SIGMA DE EHIE E SHEU (2005)

Ehie e Sheu (2005) investigaram o potencial de combinar Seis Sigma e TOC para melhorar o desempenho de sistemas produtivos e propuseram um *framework* integrado, conforme a Figura 15 e o aplicaram em uma multinacional fornecedora de eixos para o segmento automotivo. A empresa se beneficiou não só da ênfase global da TOC que permitiu aos gestores melhor escolher os projetos de melhoria contínua, como também, das técnicas estatísticas para analisar causa raiz e projetar ações de correção.

Figura 15 – Modelo integrando TOC e Seis Sigma de Ehie e Sheu (2005)



Fonte: Ehie e Sheu (2005).

A etapa 1 de identificação da restrição é idêntica nas duas abordagens e o objetivo é identificar a restrição que bloqueia a melhoria de desempenho (satisfação do cliente e Ganho). A etapa 2 de explorar a restrição, segue a lógica da TOC para explorar a capacidade usando as fases Medir e Analisar do Seis Sigma para medir a performance atual e identificar a causa raiz necessária a ser corrigida. Após confirmada a causa raiz, a etapa 3 também segue a lógica da TOC para explorar a capacidade usando a etapa *Improve* do Seis Sigma e suas ferramentas estatísticas para eliminar os problemas e as causas apontadas na etapa 2. A etapa 4 usa o passo Subordinar da TOC e o Controlar do Seis Sigma para garantir que todas as ações tomadas anteriormente, sejam suportadas no sistema. Na etapa 5 são realizados esforços para elevar a capacidade da restrição e a etapa 6 avalia a próxima restrição para evitar a inércia do sistema. Para aperfeiçoar o modelo os autores sugerem incorporar o Processo de Pensamento da TOC para compreender as interações causa-efeito no sistema, bem como adicionar outras abordagens voltadas à melhoria contínua.

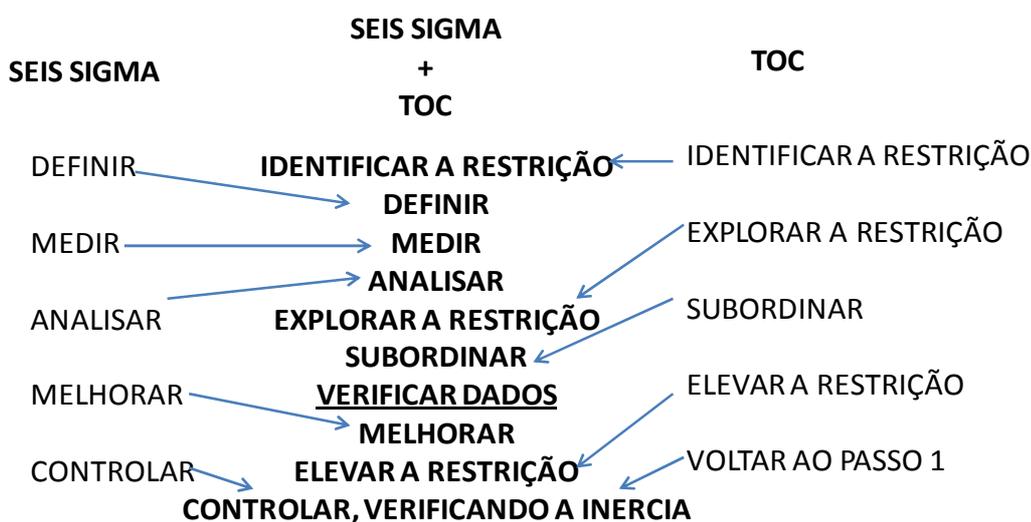
É importante para os objetivos desse trabalho discutir a condução empírica do modelo de Ehie e Sheu (2005). Na etapa 1, o time de projeto definiu a restrição considerando os aspectos satisfação do cliente a partir da melhoria da qualidade dos eixos, e o ganho global do sistema. A restrição processo de corte foi identificada pela quantidade de estoque nessa operação. Foi realizada também a análise de valor da restrição visando liberar capacidade produtiva e reduzir tempos de processo. Apesar de contatar melhor tecnologia disponível no mercado para esse processo, devido à falta de recursos, adotou-se o passo Explorar a restrição da TOC. Na etapa 2, usou-se o indicador de partes por milhão (PPM) convertido em nível sigma para caracterizar a performance do processo. Para conectar o conceito de satisfação do cliente com sistema de produção, a empresa converteu a taxa de defeito em um índice de especificação do cliente (que relaciona o número de produtos produzidos que atendem as especificações do cliente e o pico de capacidade produtiva). Foi possível assim identificar, em dois meses que, apenas 65% do pico de capacidade era usado para atender a necessidade dos clientes, e os 35% restantes representavam capacidade perdida em setup, espera de material, manutenção ou produtos fora da especificação. Após medida a capacidade do processo, fez-se a análise de causa-raiz usando o gráfico de pareto, onde a falta de lubrificação nas lâminas foi a causa principal. Na etapa 3 diversas ações de melhoria

para melhorar o desempenho das lâminas foram apontadas resultando em melhoria na produtividade em torno de 30%. Já na etapa 4 de subordinação, usou-se o CEP com forte participação dos operadores e programas de incentivos a melhorias feitas pelos operadores, usando as metodologias TOC e Seis Sigma. Por fim, na fase 5 a restrição não precisou ser elevada, mas a empresa tinha a opção de adquirir capacidade adicional ao subcontratar uma firma local e na etapa 6 o surgimento de uma potencial nova restrição passou a ser monitorado.

4.6 MODELO TOC + SEIS SIGMA DE JIN ET AL. (2009)

Jin et al. (2009) desenvolveram um modelo integrando TOC e Seis Sigma e o testaram empiricamente em uma linha de produção de motores, resultando em incremento de capacidade em peças/hora de 17%, redução de 60% de WIP e redução de falhas de 1.96% para 0.73%. Segundo os autores, o modelo foi concebido para pequenas empresas de orçamento restrito para aplicar em melhorias e segue uma ordem que mantém claro os objetivos das etapas de cada abordagem. O modelo proposto está apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Modelo integrando TOC e Seis Sigma de Jin et al. (2009)



Fonte: Jin et al. (2009).

Na etapa 1, a restrição é identificada segundo a TOC. Jin et al. (2009) indicam usar nessa fase a Árvore da Realidade Atual da TOC para o entendimento dos problemas e seus efeitos na indústria e complementarmente, pode-se usar a Árvore

da Realidade Futura para propor a nova visão do sistema e a Evaporação das Nuvens para identificar os fatores críticos que geram conflitos. Dependendo do problema os autores ainda sugerem usar o Mapeamento de Fluxo de Valor.

As etapas (2) Definir, (3) Medir e (4) Analisar seguem a lógica do Seis Sigma. A etapa Definir irá focar sobre as áreas atendidas pelas restrições, dado que o modelo é orientado para um ambiente de orçamento baixo. As técnicas sugeridas nessa etapa são: o painel de indicadores (que traduz os problemas em indicadores), o SIPOC (para entender às diferentes relações entre os fatores que podem contribuir ao projeto) e a Voz do Cliente-VOC (para ampliar a relação com as necessidades dos clientes). Na etapa de Medir ferramentas estatísticas como Histograma, Diagrama de Dispersão, Pareto e CEP são usados para entender a situação atual. Se existe interação humana no processo, estudos de Repetibilidade e Reprodutibilidade (R&R) devem ser feitos para observar a variação entre operadores e sobre outros fatores como: ambiente e equipamento. Na etapa 4 de Analisar o Mapeamento de Processos e a Espinha de Peixe podem ser usados para organizar o *Brainstorming* de idéias e encontrar as causas raízes. Estudos de FMEA podem ser usados para ranquear tais causas e uma vez que os fatores estão organizados a Análise de Regressão pode testar a correlação entre eles, separando os fatores críticos de não críticos. O estudo de ANOVA é indicado se alguma gritante modificação no processo pode levar a alguma melhoria pela comparação de médias de um conjunto de dados.

As etapas (5) Explorar a Restrição e (6) Subordinar à Restrição seguem a lógica da TOC. Explorar a Restrição visa maximizar seu uso e diferentes técnicas podem ser usadas. Em Subordinar, todas as áreas irão seguir a restrição combatendo excessivo WIP entre as áreas. Jin et al. (2009) sugerem o uso do Mapeamento do Fluxo de Valor e o algoritmo TPC, dependendo do problema.

A etapa (7) Validar ou Verificar Dados não pertence aos 5 passos de focalização da TOC e ao DMAIC do Seis Sigma. Todavia, essa etapa visa validar a melhoria de desempenho das modificações realizadas. Na etapa de (8) Melhorar o Projeto o modelo sugere usar o *Design of Experiments* (DOE) ou sua filosofia para achar a solução que satisfaça a variação. Estudos de pré-testes e pós-testes podem verificar se a melhoria tem impacto atual na área e se é suficiente para se manter. Tais testes podem ser conduzidos com: ANOVA, Teste-T ou Chi-Quadrado, mas

sugere-se preferencialmente usar as técnicas adotadas nas etapas (3) Medir e (4) Analisar.

Após a etapa 8, considerando que a restrição foi melhorada, Jin et al. (2009) propõe a seguinte decisão gerencial: caso haja orçamento suficiente, continuar realizando outro projeto Seis Sigma ou então elevar a restrição. Caso não exista orçamento para nenhuma das duas opções, é sugerido avançar para a etapa (10) Controlar e verificar a inércia. Assim sendo, caso seja necessário o modelo segue para a etapa (9) Elevar a Restrição, que pode ser feito adquirindo novas máquinas, aumentando a força de trabalho, novos escritórios e processos estáveis. Ademais, técnicas previamente usadas podem ser aplicadas para verificar a transferência da restrição para outra área. Nessa etapa, os autores não sugerem quais técnicas usar. A última etapa (10) Controlar e verificar a inércia garante que as melhorias irão se manter funcionando. É sugerido o uso da certificação ISO ou similar para realizar auditorias de manutenção. O time de projeto deve criar Planos de Controle para descrever o progresso da melhoria se valendo de controles visuais, gráficos de controle ou estudos estatísticos. E como fator crítico, Jin et al. (2009) finalizam sugerindo adotar o TPM na área da restrição.

4.7 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS TOC + SEIS SIGMA

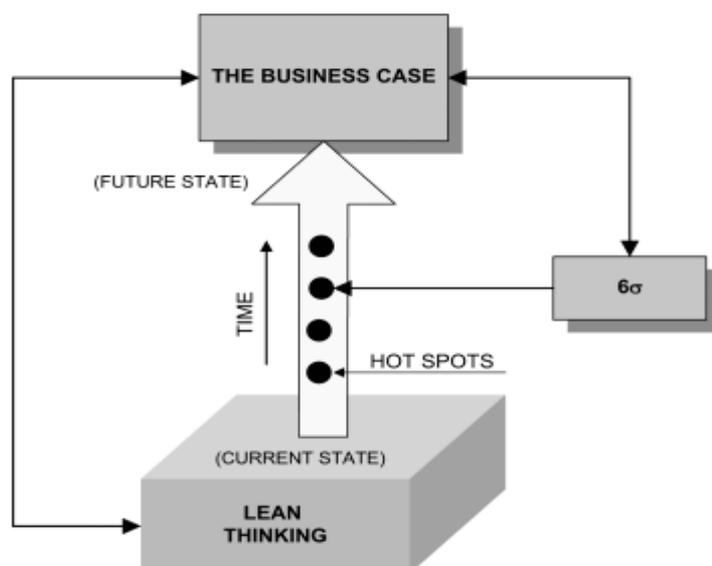
A partir da análise crítica dos modelos de Ehie e Sheu (2005) e Jin et al. (2009) verificou-se que possuem algumas convergências e divergências, que são: (i) enquanto o modelo proposto por Jin et al. (2009) propõem a aplicação de forma individualizada e bem definida das etapas dos 5 Passos de Focalização da TOC e das cinco etapas DMAIC do Seis Sigma, o modelo proposto por Ehie e Sheu (2005) combina sinergicamente algumas etapas de cada abordagem dentro das seis fases do modelo; (ii) há pouca concordância entre a visão dos autores, sobretudo quanto à eficácia do Processo de Pensamento da TOC para análise e solução de problemas. Enquanto que Ehie e Sheu (2005) sugerem o processo de pensamento da TOC para aperfeiçoar o modelo, Jin et al. (2009) indicam seu uso já na etapa 1 do modelo para ajudar a identificar a restrição; (iii) uma lacuna evidenciada nos dois modelos é que a identificação da restrição é feita seguindo uma lógica qualitativa, sobretudo no modelo de Jin et al. (2009). Já Ehie e Sheu (2005) não mencionam como identificá-la. Dado que os modelos partem do pressuposto de que a restrição é interna à

empresa e está na manufatura, essa lacuna poderia ser compensada pela análise de capacidade e demanda conforme sugerem Antunes et al. (2008); (iv) outro relevante aspecto a destacar é que o modelo de Ehie e Sheu (2005) não explicita quais ferramentas adotar em cada etapa visando atingir os resultados. Em contrapartida, Jin et al. (2009) sugerem ao longo do modelo diversas ferramentas das abordagens discutidas.

4.8 MODELO *LEAN* + SEIS SIGMA DE PEPPER E SPEDDING (2010)

Pepper e Spedding (2010) concluíram que não há um *framework* padrão de integração entre *Lean* e Seis Sigma (LSS) na literatura. Na tentativa de propor um modelo que otimize o sistema com o um todo, focando as estratégias corretas nos lugares corretos, é proposto o modelo da Figura 17.

Figura 17 – Modelo integrando *Lean* e Seis Sigma de Pepper e Spedding (2010)



Fonte: Pepper e Spedding (2010).

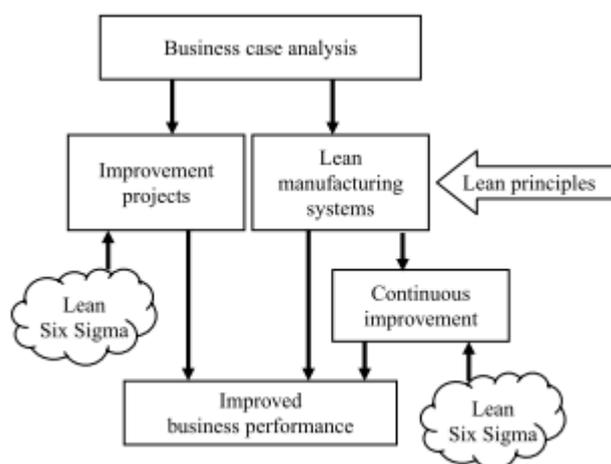
Na lógica do modelo proposto, a filosofia *Lean* provém a direção estratégica e uma cultura de melhoria, orientando a dinâmica geral do sistema ao informar o estado atual das operações. A partir daí, o pensamento *Lean* identificaria as áreas chaves para melhoria (*hot spots*). Uma vez que essas áreas chaves foram identificadas, Seis Sigma fornece um projeto baseado na metodologia de melhoria para atingir as áreas chaves e dirigir o sistema em direção ao estado futuro. Na

visão de Pepper e Spedding (2010) o LSS deve ser visto como um precursor para produzir melhor resposta na *Supply Chain* através da efetiva comunicação entre alianças estratégicas. E concluem ao afirmar que *Lean* implementado sem Seis Sigma, carece de ferramentas para alavancar melhorias em pleno potencial.

4.9 MODELO *LEAN* + SEIS SIGMA DE SNEE (2010)

Snee (2010) concluiu que: (i) as organizações possuem diferentes necessidades de melhoria que requerem objetivos e métodos que estão na metodologia LSS; (ii) o desenvolvimento de melhorias sustentáveis são as maiores questões que podem ser superadas pela construção de uma estrutura realizadora de melhorias no negócio; (iii) as questões mais críticas incluem usar LSS para gerar caixa em momentos de economia difícil, desenvolver um sistema de gerenciamento baseado em dados e melhorias no trabalho com desenvolvimento de liderança. O modelo do autor está mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Modelo integrando *Lean* e Seis Sigma de Snee (2010)



Fonte: Snee (2010).

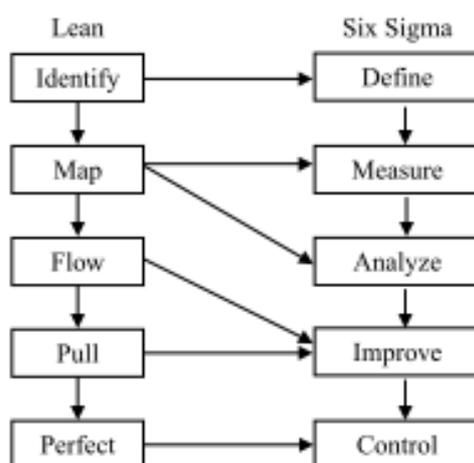
A etapa inicial do modelo é a análise do negócio para decidir a natureza que a implementação do *Lean* deverá ter: implantar o *Lean* (pela lógica da produção puxada) ou desenvolver projetos de melhoria (segundo a lógica de adicionar valor). A necessidade de melhorar fluxo de informação e materiais é endereçada ao se implantar a produção puxada. Segundo Snee (2010) as duas naturezas produzem melhorias globais de desempenho. Contudo, para sustentar o *Lean* e lidar com os problemas de deterioração de processos é necessário um sistema de melhoria

contínua baseado no *Lean* Seis Sigma e suas ferramentas como o DMAIC para executar os processos iniciais de melhorias e manter o sistema rodando efetivamente.

4.10 MODELO *LEAN* + SEIS SIGMA DE SALAH, RAHIM E CARRETERO (2010)

Salah, Rahim e Carretero (2010) discutem alguns modelos existentes e propõe um modelo detalhado em etapas, seguindo o PDCA, e estruturado no DMAIC, conforme a Figura 19.

Figura 19 – Modelo integrando *Lean* e Seis Sigma de Salah, Rahim e Carretero (2010)



Fonte: Salah, Rahim e Carretero (2010).

A etapa *Define* do modelo contempla: (1) apresentar as metodologias e ferramentas *Lean* e Seis Sigma; (2) identificar oportunidades, avaliar e selecionar o projeto e o time; (3) desenvolver a carta de projeto, cronograma e escopo; (4) entender a Voz do Cliente (VOC), usando o SIPOC que servirá de preparação ao VSM, e aplicar o QFD, matriz de características críticas da qualidade; (5) identificar as ferramentas *Lean* Seis Sigma e a abordagem para selecionar projeto assim como o foco: se no fluxo ou na variabilidade.

A etapa *Measure* pressupõe: (6) construir as métricas de medição do projeto para estabelecer a base de medição usando: gráficos de controle, de barras, diagramas de dispersão, histogramas, pareto. É importante usar estatística descritiva para medir a localização central e a variabilidade dos dados; (7) medir a capacidade do processo (índices de capacidade, PPM, DPMO); (8) visualizar o

estado atual usando o VSM e identificando perdas e oportunidades. Os indicadores de coleta sugeridos são: inventário, *lead time*, tempo de ciclo, valor adicionado, não adicionado e *downtimes*; (9) realizar evento Kaizen para implementar melhorias rápidas e conduzir as idéias geradas; (10) e (11) revisar e detalhar a análise financeira (identificar e quantificar custos de variação e defeitos, quantificar as 8 perdas introduzindo o pensamento *Lean* nessa fase; (12) usar MSA para validar a confiabilidade dos dados (estudos de R & R); (13) usar diagrama de causa-efeito para emergir as variáveis e *inputs* que afetam a saída do processo; (14) aplicar o FMEA para identificar potenciais falhas de processo e projeto; (15) diferenciar *inputs* potenciais e ações rápidas.

Na etapa *Analyse*, (16) são implementadas as ações rápidas; (17) constrói-se um plano de coleta de dados para analisar quais *inputs* são críticos; (18) usa-se ferramentas gráficas (*box plots*, gráfico de intervalo de efeitos) para investigar as razões da variação e diferença no processo por diferentes fatores; (19) gerar hipóteses sobre as fontes de variação e forças de relacionamento (testes de hipóteses, intervalo de confiança); (20) usar correlação, regressão e análise de variância para estudar o impacto dos *inputs* nos *outputs*; (21) listar alguns *inputs* críticos (KPIs) para perdas, passar para a próxima fase de melhorias; (22) analisar o estado atual do VSM (perdas, fluxo de produtos x informação, *lead time*, tempo de ciclo, *downtime*, retrabalhos); (23) criar o estado futuro do VSM para implantar na próxima fase: maximizar a adição de valor e eliminar perdas.

Na etapa *Improve*, (24) otimiza-se os *inputs* críticos e melhora-se o processo usando *benchmarking*, análise de regressão, simulação de processos, DOE, *box plot* e cartas de controle; (25) documenta-se os procedimentos padrão e as melhores práticas, incluindo o processos revisados e os requerimentos do MSA; (26) constrói-se o plano de ação de melhoria para iniciar a implantação e reconhecimentos; (27) faz-se evento Kaizen para implantar melhorias como: leiaute celular, balanceamento da linha, redução de lotes, *kanban*, padronização de processos, redução de *setup*, implantar o 5S, *poka-yokes* e padrões visuais.

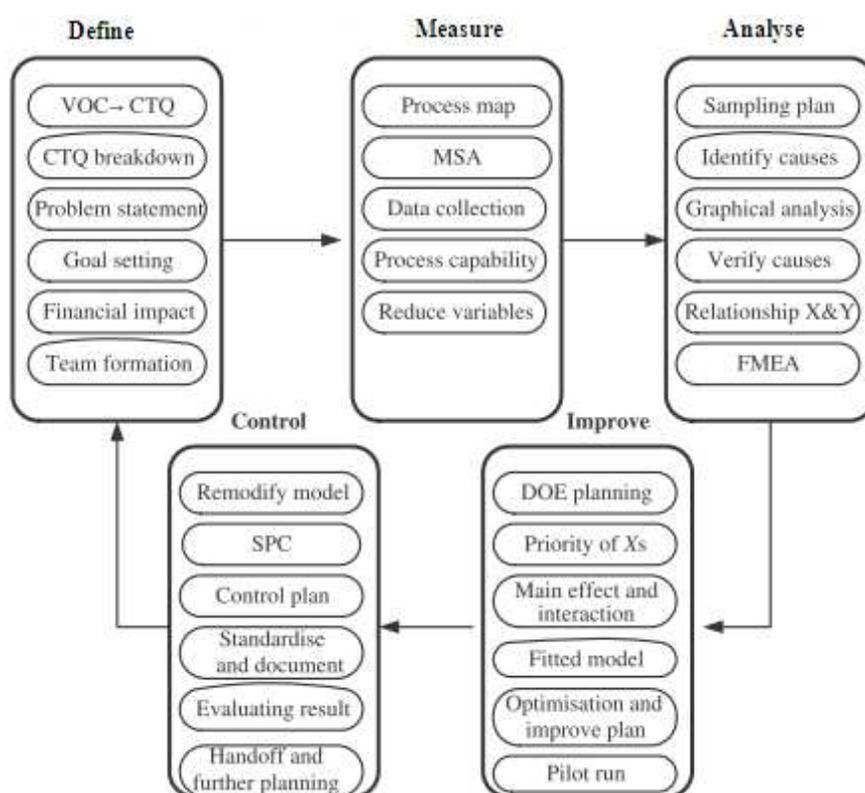
Por fim, na etapa de *Control*, (28) é validado o FMEA, MSA, capacidade, nível sigma e cartas de controle; (29) é criado um plano de controle usando *poka-yokes* e definindo responsáveis para: monitorar as métricas (KPIs), controlar, fazer os padrões visuais, criar um plano de auditoria (revisando o projeto após 3, 6 e 12 meses); (30) são reconfirmadas as análises financeiras (custo benefício); (31) são

treinados os responsáveis pelo uso do plano de controle e monitorados continuamente.

4.11 MODELO *LEAN* + SEIS SIGMA DE CHEN E LYU (2009)

A lógica do modelo de Chen e Lyu (2009) da Figura 20, também está organizada segundo as etapas de DMAIC, semelhante à proposta de Salah, Rahim e Carretero (2010).

Figura 20 – Modelo integrando *Lean* e Seis Sigma de Chen e Lyu (2009)



Fonte: Chen e Lyu (2009).

A etapa *Define* visa definir o time de projeto, responsáveis, escopo metas financeiras e de desempenho do projeto, tendo com base os requerimentos do cliente. As fases dessa etapa são: (1) realizar aquisição, identificação e análise da VOC; (2) reconhecer e traduzir as necessidades do cliente em requerimentos críticos de qualidade; (3) desenvolver claramente uma preliminar declaração do problema; (4) ajustar e desenvolver a meta; (5) avaliar o impacto financeiro dos benefícios do

projeto; (6) formar o time Seis Sigma, incluindo Black Belts, Green Belts, Champion e o dono do processo.

A etapa *Measure*, é usada para entender o estado atual do processo e coletar dados confiáveis em relação à velocidade, qualidade e custos que serão usados para entender as causas do problema, de acordo com as fases: (7) mapear os processos ligando os fornecedores aos clientes; (8) analisar o sistema de medição visando garantir precisão e acuracidade; (9) coletar dados como especificações de resposta e dados do processo de manufatura; (10) calcular a capacidade do processo de curto prazo (Cp e Cpk) e de longo prazo (Pp e Ppk); (11) identificar requisitos de melhoria mensuráveis críticos para a qualidade.

A etapa *Analyse* localiza com precisão e verifica as causas que estão afetando as variáveis de entrada e saídas críticas para a meta do projeto, e (12) o plano é executado em uma pequena amostra; (13) identificar as causas de variação pelos fatores chaves; (14) realizar análises gráficas de relacionamento entre as variáveis; (15) as causas dessa variação gerando uma lista de fatores estatisticamente significantes, se baseando nos dados históricos; (16) determinar a relação X&Y entre a resposta e os fatores chaves; (17) avaliar os modos e efeitos de falha pelo FMEA.

A etapa *Improve* é usada para aprender com as implementações piloto e executar as implementações completas, de acordo com as fases: (18) realizar o DOE para obter conhecimento pela alteração simultânea de diferentes níveis de diversos fatores do processo; espera-se identificar o ajuste otimizado das variáveis críticas para atender as saídas das características de qualidade; (19) priorizar os fatores chaves de entrada multiplicando os processos chaves de saída pelo consenso do efeito sobre a qualidade nos fatores de entrada e nos produtos; (20) gerar os principais efeitos e interações pela diferença de resposta entre os níveis de um fator individual, sobre os níveis de vários outros fatores; (21) criar um modelo de ajuste entre as variáveis de entrada e as variáveis de saída; (22) otimizar e melhorar o plano de operações, otimizando os ajustes dos fatores chaves; (23) gerar rodadas de confirmação do plano.

A etapa *Control* é usada para completar o projeto e repassar para o dono do processo as melhorias e procedimentos para manter os ganhos, de acordo com as fases: (24) reajustar o modelo feito anteriormente; (25) realizar o Controle Estatístico de Processo para monitorar o processo de manufatura revisado; (26) fazer o plano

de controle, especificando limites de controle para os fatores chaves; (27) padronizar e documentar usando novos índices de qualidade; (28) avaliar os resultados da melhoria; (29) validar os resultados da implementação do projeto e gerar plano futuro.

O modelo foi testado em uma empresa de painéis eletrônicos obtendo resultados relevantes na melhoria da qualidade. Entretanto, uma crítica pertinente a ser feita ao modelo é que, apesar de Chen e Lyu (2009) definirem como um modelo integrando *Lean* e Seis Sigma, este é predominantemente orientado à lógica Seis Sigma. As ferramentas específicas para usar em cada uma das 29 fases não claramente apresentadas como é feito no modelo de Salah, Rahim e Carretero (2010). Todavia, os autores sugerem o seguinte quadro geral de ferramentas, da Figura 21 por etapas e não por fases, onde surgem algumas poucas ferramentas do *Lean* como o VSM e *Poka-yoke*.

Figura 21 – Ferramentas *LeanSeisSigma* do modelo de Chen e Lyu (2009)

Define phase	Measure phase	Analyse phase	Improve phase	Control phase
1. Tree Diagrams	1. Macro Map (RTY, COPQ, DPU, Cycle Time)	1. Marginal plots	1. Randomised block design	1. Evolutionary Operation (EVOP)
2. Affinity Diagrams	2. Process Flow Diagram	2. Box plots	2. Factorials designs	2. Revised FMEA
3. SIPOC Diagrams	3. Detailed Process Map	3. Main effects plots	3. Contour plot	3. Standardise
4. Fishbone Diagrams	4. C & E Matrix	4. Interaction plots	4. Response surface methods	4. Poka yoke
5. Force Field Diagrams	5. MSA	5. Draftsman plots	5. Orthogonal arrays	5. Knowledge management
6. Pareto Analysis	6. Process capability(C_p , C_{pk} , P_p , P_{pk})	6. Multi-vari graphs	6. S/N rations	6. Statistical process control
7. C & E Matrix	7. Graphical Analysis	7. Analysis of means and variance	7. Taguchi methods	
8. Financial Index	8. Descriptive Statistics	8. Hypothesis Testing	8. 5S practice	
9. Descriptive Statistics		9. FMEA	9. TPM	
10. Hoshin Planning			10. Lean system (value stream mapping, set-up reduction time, Kanban cellular manufacturing)	

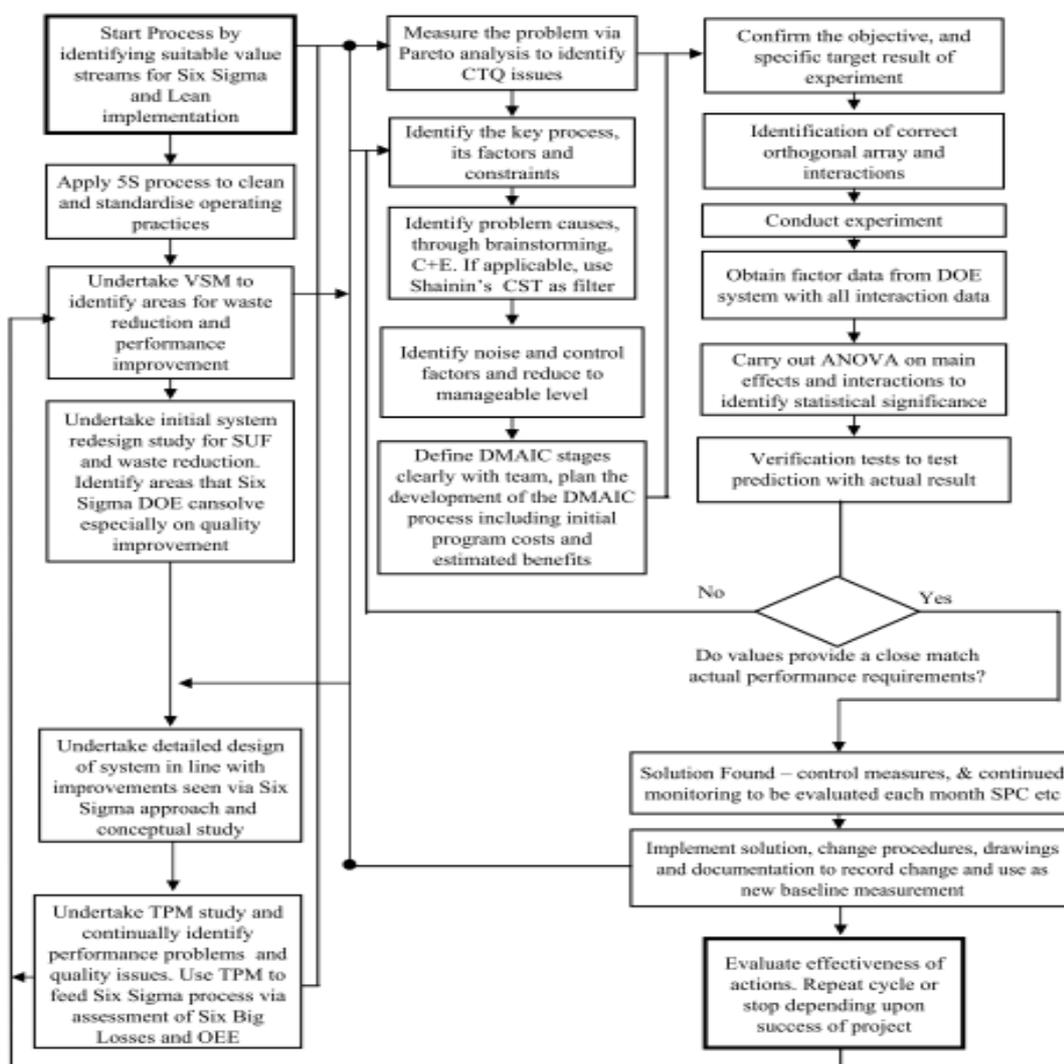
Fonte: Chen e Lyu (2009).

4.12 MODELO *LEAN* + SEIS SIGMA DE THOMAS ET AL. (2009)

O modelo de Thomas et al. (2009) da Figura 22 foi aperfeiçoado após ser aplicado em diversas organizações. Thomas et al. (2009) discutem em particular, o caso de uma multinacional fornecedora de assentos para o setor automotivo e aeroespacial e os maiores impactos para a empresa foram em qualidade, custo e

prazo de entrega. Um dos objetivos do modelo é romper com a idéia de que *Lean* e Seis Sigma são inviáveis em ambientes operacionais devido aos altos custos e à complexidade de implementação.

Figura 22 – Modelo integrando *Lean* e Seis Sigma de Thomas et al. (2009)



Fonte: Thomas et al. (2009).

O modelo da Figura 22 é detalhado e a condução do estudo de caso e seus resultados serão brevemente discutidos. A aplicação se divide em duas macro etapas: (i) etapas de (1) a (5) seguindo os passos do DMAIC, com domínio do time de projeto; (ii) etapas de (6) a (10) aplicação do *Lean*, com envolvimento ativo dos funcionários da área crítica a ser melhorada. A etapa (1) *Define* começa com a identificação do problema através de pareto e do mapeamento de processos. Também se inicia nessa etapa o projeto de DOE. Na etapa (2) *Measure*, realizou-se pré-testes, após medições das principais características serem coletadas. Na etapa

de (3) *Analyse* realizou-se *brainstorming* para identificar os fatores chaves de qualidade para o problema atacado: era variabilidade das peças de espuma e tais fatores foram relacionados o diagrama de espinha de peixe. Na etapa (4) *Improve*, foi realizado um DOE de Taguchi para identificar os principais fatores e interações impactantes no problema. Após a seleção ótima ser identificada avançou-se para a próxima etapa. Na etapa (5) *Control* testes de verificação foram conduzidos e o CEP foi implantado.

A etapa (6) é a Implementação do 5S para melhorar a estabilidade dos métodos de trabalho. A etapa (7) realizou o VSM para identificar as perdas, e na etapa (8) o estado futuro do sistema foi desenhado e projetos menores de redução de perdas foram feitos. Na etapa (9) efetivaram-se melhorias e na etapa (10) o TPM foi implementado para padronizar o regime de limpeza e inspeção dos equipamentos.

4.13 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS *LEAN* + SEIS SIGMA

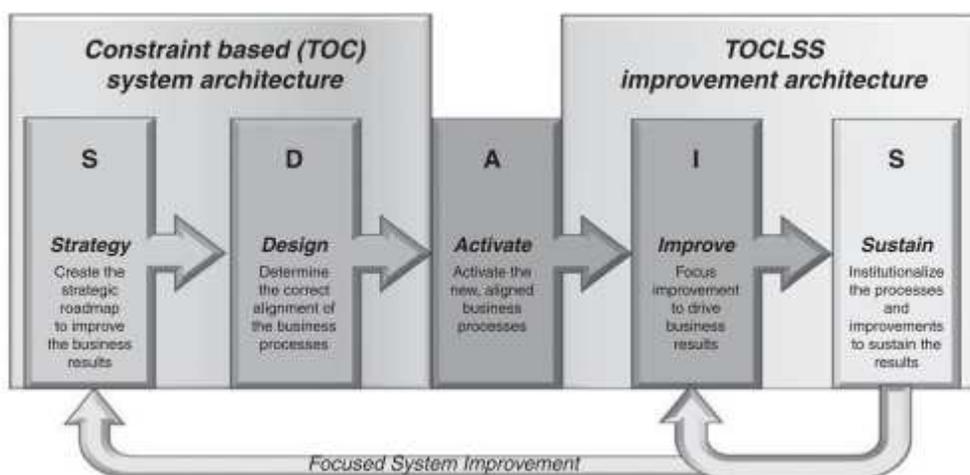
A análise crítica dos modelos *Lean* Seis Sigma supracitados permite evidenciar que: (i) não convergem quanto à estrutura das etapas, pois Salah, Rahim e Carretero (2010), Chen e Lyu (2009) usam as etapas do DMAIC para estruturar o uso de ferramentas *Lean* e do Seis Sigma. Já Thomas et al. (2009) não seguem uma estrutura e ao longo das etapas, intercalam ferramentas *Lean* e Seis Sigma e o DMAIC surge pulverizado em algumas etapas; (ii) os modelos de Pepper e Spedding (2010) e Snee (2010) são genéricos e partem de uma perspectiva estratégica do negócio. Já por outro lado, Salah, Rahim e Carretero (2010) e Chen e Lyu (2009) se limitam como visão estratégica propondo o entendimento da Voz do Cliente. Enquanto que, Thomas et al. (2009) adotam uma visão estreita do problema ao desconsiderar a estratégia do negócio explicitamente em seu modelo; (iii) existe uma variação quanto ao uso das ferramentas das abordagens em cada etapa dos modelos; essa discordância é notada ao analisar os três modelos mais detalhados, discutidos por Salah, Rahim e Carretero (2010), Chen e Lyu (2009) e Thomas et al. (2009). Ou seja, nesse sentido, é possível questionar até que ponto as ferramentas das abordagens são, individualmente ou então de forma combinadas, escolhidas e

aplicadas com critério e parcimônia. Essa dissertação em especial, tentará preencher essa lacuna ouvindo um amplo quadro de especialistas no tema.

4.14 MODELO TOC + *LEAN* + SEIS SIGMA DO GOLDRATT INSTITUTE (2010)

Segundo Cox III e Schleier Jr. (2010) a forma mais poderosa de integrar TOC, *Lean* e Seis Sigma começa pela estratégia e tal estratégia fornece um *roadmap* para melhorar os resultados do negócio. Esse *roadmap*, fornece a direção para as áreas da empresa que mais podem beneficiar o sistema e estabilizar a performance, focando na proteção e gerenciamento da restrição. O *Goldratt Institute* (2010) denomina esse modelo de *Velocity* que consiste em três pilares: (i) a arquitetura do sistema baseado na TOC; (ii) a melhoria de processo integrando TOC, *Lean* e Seis Sigma; (iii) e o desenvolvimento do modelo pelas etapas do SDAIS. O modelo do Goldratt Institute (2010), ilustrado na Figura 23, foi debatido na recente novela de negócios *Velocity* (2011) e suas etapas serão aqui objetivamente descritas.

Figura 23 – Modelo integrando TOC, *Lean* e Seis Sigma do *Goldratt Institute* (2010)



Fonte: Cox III e Schleier Jr. (2010).

Na etapa *Strategy* (Estratégia), pressupõe como saída um claro e único *roadmap* aceito para melhorar o resultado do negócio. Nessa etapa usa-se, predominantemente, o Processo de Pensamento da TOC. Envolve usar a lógica de causa-efeito para entender os conflitos da empresa e após validar o conflito, desenvolver a árvore da realidade futura que rompe o conflito e adiciona outras injeções necessárias para melhorar o sistema. A vantagem de usar o Processo de

Pensamento da TOC é que usar a lógica rigorosa de causa-efeito permite evidenciar a seqüência e as interdependências no plano estratégico, evitando uma isolada lista de ações para cada departamento, que via de regra, a maioria dos planejamentos estratégicos fazem.

Na etapa *Design* (Projeto), líderes e especialistas definem as políticas, indicadores, regras e responsabilidades do modelo operacional. Durante o desenho do processo, é reconfigurado o modelo operacional, políticas, indicadores, regras e responsabilidades e sistemas de informação dentro do contexto da estratégia. Nessa etapa os líderes também fornecem soluções da TOC e ferramentas de execução gerencial. Cox III e Schleier Jr. (2010) nesse ponto não citam quais ferramentas da TOC ou de outras abordagens são adotadas.

Durante a etapa *Activate* (Ativar), as novas políticas, indicadores, regras, responsabilidades, sistemas de informação e ferramentas de execução gerencial são implementadas. Essa arquitetura de sistema baseada na restrição irá produzir um sistema onde os processos são desenhados, alinhados e operam de maneira estável e previsível. Uma vez que o sistema está estabilizado e entregando resultados previsíveis, melhorias são aplicadas para sustentar o resultado global, adotando de forma sinérgica e coerente TOC, *Lean* e Seis Sigma.

Na etapa *Improve* (Melhorar), esforços de melhoria são realizados para direcionar o sistema operacional a alcançar os efeitos esperados e os objetivos estratégicos identificados no plano estratégico. As melhorias são avaliadas pela capacidade de aumentar Ganho, reduzir Inventário e Despesas Operacionais. Também é realizada nessa etapa a avaliação dos Indicadores Chaves de Desempenho (KPIs) para identificar lacunas entre o presente e os níveis de performance desejados. Tal análise também gera oportunidades de foco aos esforços de melhoria. Nessa etapa, especialistas definem quais técnicas de melhoria são necessárias e projetos de melhoria são priorizados. Algumas técnicas úteis sugeridas por Cox III e Schleier Jr. (2010) são: 5S, Trabalho Padrão, *Setup* Rápido, eliminação de perdas, TPM, Ponto de uso, *Poka-yoke*, Gerenciamento Visual, CEP, estudo de capacidade e DOE.

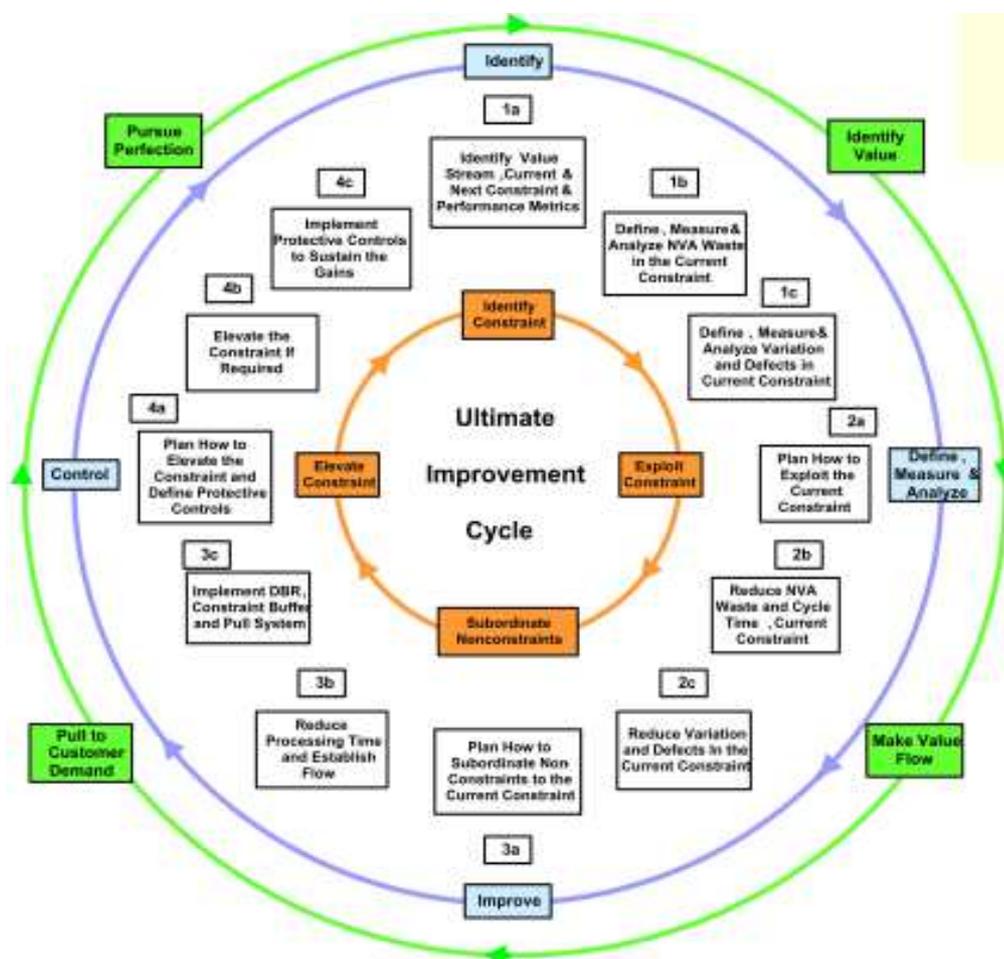
Na etapa *Sustain* (Manter), a memória organizacional é criada e suportada para estabelecer a documentação da estratégia e o projeto operacional e as melhorias focadas no sistema são detalhadas. Os KPIs são revisados

continuamente para avaliar, direcionar e consolidar as políticas, indicadores e comportamentos para garantir que os resultados globais não sejam degradados.

4.15 MODELO TOC + LEAN + SEIS SIGMA DE SPROULL (2010)

O modelo combinando TOC, *Lean* e Seis Sigma de Sproull (2010), apresentado na Figura 24, possui 4 etapas subdivididas em 12 passos.

Figura 24 – Modelo integrando TOC, *Lean* e Seis Sigma de Sproull (2010)



Fonte: Sproull (2010).

Assim como nos modelos apresentados anteriormente, Sproull (2010) também não considera as dimensões competitivas e é focado nas 5 etapas de Focalização da TOC, nos 5 princípios do *Lean* e nas 5 etapas do DMAIC que avançam juntas na lógica do modelo. Uma crítica a ser feita ao modelo é que não apresenta explicitamente as seguintes etapas: a etapa 5 de Focalização da TOC, de

identificar a próxima restrição e o segundo princípio do *Lean* (identificar o fluxo de valor, sob a ótica do cliente).

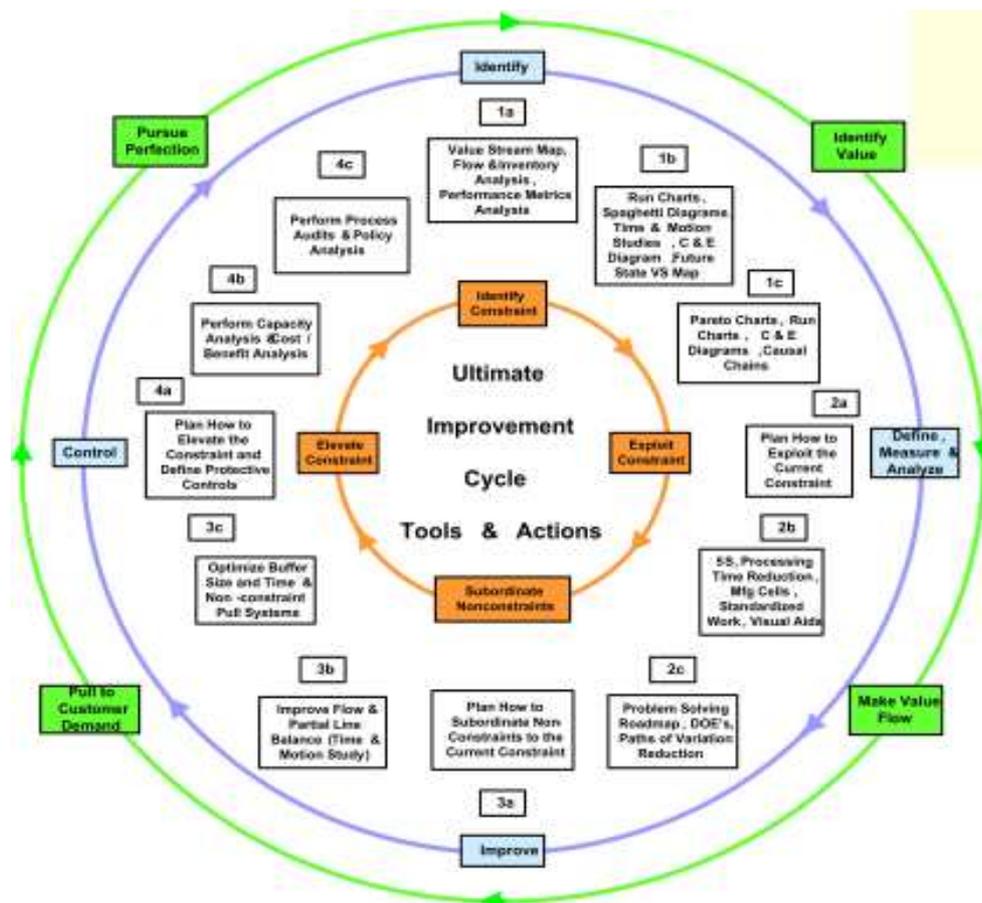
A etapa 1 do modelo integra a lógica do passo 1 de Focalização da TOC (Identificar a restrição), o primeiro princípio do *Lean* (Identificar valor) e as três primeiras etapas do DMAIC do Seis Sigma (Definir, Medir e Analisar). Seus passos lógicos são: (i) passo 1a: identificar o fluxo de valor, identificar a atual e a próxima restrição, identificar os indicadores de desempenho; (ii) passo 1b: definir, medir e analisar as perdas na atual restrição; (iii) passo 1c: definir, medir e analisar a variação e defeitos na atual restrição;

E etapa 2 contempla o passo 2 de Focalização da TOC (Explorar a restrição, o terceiro princípio *Lean* (Fazer o fluxo fluir) e a quarta etapa do DMAIC do Seis Sigma (*Improve* - Melhorar), seguindo os seguintes passos: (i) passo 2a: planejar como explorar da melhor maneira a atual restrição; (ii) passo 2b: reduzir perdas e tempo de ciclo na atual restrição; (iii) passo 2c: reduzir a variação e defeitos na atual restrição.

A etapa 3, por sua vez, integra o passo 3 de Focalização da TOC (Subordinar), o quarto princípio *Lean* (Puxar) e a quarta etapa do DMAIC do Seis Sigma (*Improve* - Melhorar), seguindo os passos: (i) passo 3a: planejar como subordinar os demais recursos à restrição; (ii) passo 3b: reduzir tempo de processo e estabelecer fluxo. Pode-se dizer a lógica do passo “estabelecer fluxo” é a mesma do terceiro princípio *Lean* (Fluxo contínuo); (iii) passo 3c: implementar o algoritmo TPC da TOC para garantir o pulmão antes da restrição e puxar o sistema.

Por fim, a etapa 4 é formada pelo passo 4 de Focalização da TOC (Elevar a restrição), o quinto princípio *Lean* (Buscar a perfeição) e a quinta etapa do DMAIC do Seis Sigma (*Control* - Controlar), seguindo os passos: (i) passo 4a: planejar como elevar a restrição e definir proteções e controles para a restrição; (ii) passo 4b: se necessário elevar a restrição; (iii) passo 4c: implementar controles projetivos para garantir os ganhos. As ferramentas de cada abordagem sugerida para usar em cada passo e as ações, estão apresentadas na Figura 25.

Figura 25 – Ferramentas e ações para o modelo de Sproull (2010)



Fonte: Sproull (2010).

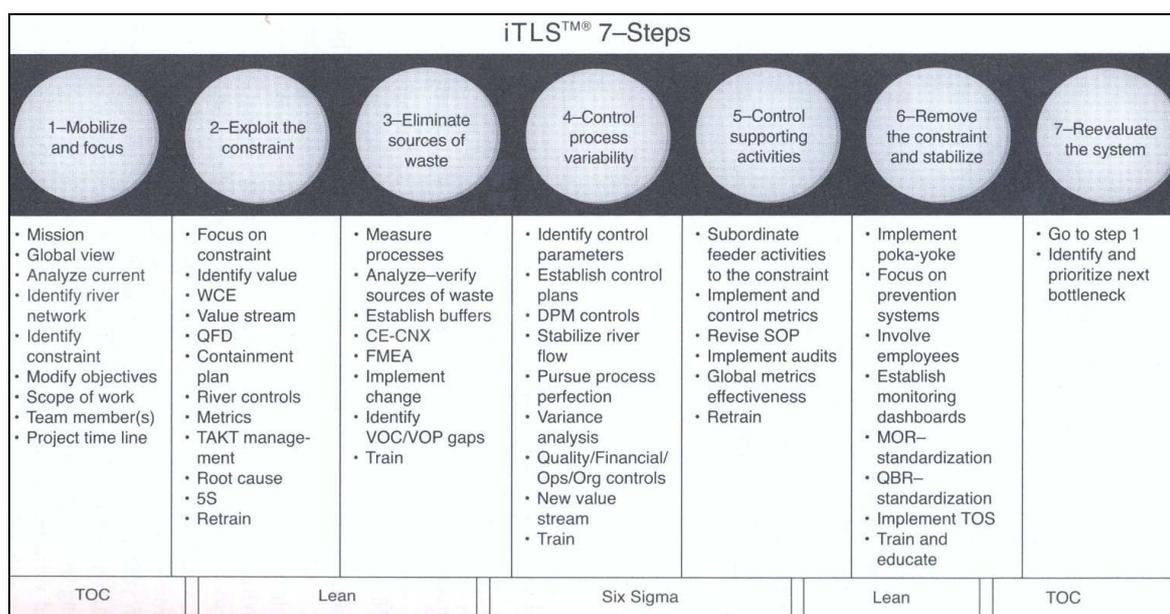
A análise do modelo revela alguns aspectos relevantes. Em primeiro lugar, não contempla diversas reconhecidas técnicas *Lean* (SMED, *Kaizen*, *Poka Yoke*, etc.), da TOC (Decisão do *mix* pela lógica do Ganho, Inventário e Despesa Operacional, análise I-V-A-T, Gerenciamento de pulmões, etc.) e Seis Sigma (QFD, FMEA, etc.). Outro ponto que pode ser destacado em específico, é que a etapa 4a pressupõe elevar a restrição sem analisar a real necessidade bem como os níveis necessários antes, o que é sugerido na etapa posterior 4b. O modelo também é falho ao não especificar como identificar a restrição do sistema. Por exemplo, partindo-se da definição de gargalo e da relação capacidade *versus* demanda, o modelo poderia incluir na etapa 1a, a realização da análise de capacidade dos

recursos para identificar se a restrição é interna ou externa. O critério usado para indicar cada ferramenta em sua respectiva etapa também não é justificado pelo autor, fazendo com que o modelo se aproxime de uma seqüência de uso de ferramentas sem critérios justificados.

4.16 MODELO TOC + LEAN + SEIS SIGMA DE PIRASTEH E FOX (2010)

O modelo de Pirasteh e Fox (2010) da Figura 26 também integra explicitamente TOC, *Lean* e Seis Sigma e sua ferramentas. Resultados empíricos, indicam que essa integração entrega resultados de quatro a seis vezes maiores em relação ao uso do *Lean* ou do Seis Sigma de forma isolada. O modelo está dividido em 7 etapas e dentre outros aspectos, se diferencia dos demais modelos discutidos por estar integrado à estratégia competitiva da empresa pelo BSC.

Figura 26 – Modelo integrando TOC, *Lean* e Seis Sigma de Pirasteh e Fox (2010)



Fonte: Pirasteh e Fox (2010).

Etapa 1 - Mobilização e Foco. Alguns fatores são destacados nessa etapa: envolvimento dos *stakeholders* desde o início do projeto e manter uma comunicação aberta com todos os níveis organizacionais envolvidos e pessoas chaves. As principais fases dessa etapa são: (i) aplicar os princípios da TOC para identificar a restrição que está bloqueando o ganho; (ii) enxergar o sistema segundo a analogia de um rio (lógica I-V-A-T), para identificar os potenciais pontos de controle e melhor

forma de gerenciar as operações para aliviar a restrição; (iii) definir, revisar e validar a restrição e então propor uma definição acurada do problema. É importante considerar que o processo de solução de problemas só pode ser seguido se a restrição é considerada ser parte do critério de solução; (iv) identificar a causa-raíz que gera a restrição; (v) criar carta do projeto definindo escopo, plano e cronograma do projeto;

Etapa 2 – Decidir como explorar a restrição. Uma vez que, a natureza da restrição está claramente identificada e que um plano de projeto está feito, se avança para a etapa 2 seguindo as seguintes etapas: (i) especificar valor adicionado e não adicionado sobre a perspectiva do cliente, através do mapeamento de fluxo de valor e indicadores; (ii) identificar todas as restrições no processo que impedem atender o tempo *takt*; (iii) planejar *kanbans* ou pulmão para proteger a restrição e adicionar capacidade reserva na restrição; (iv) usar a lógica I-V-A-T para projetar pulmões de tempo nos pontos de controle; (v) implementar o programa 5S.

Etapa 3 – Eliminar as fontes das perdas. A meta dessa etapa é identificar a causa raiz das fontes das perdas e eliminá-las. Suas fases são: (i) usar análise de causa efeito para identificar e quantificar fontes de perdas e variabilidade; (ii) aplicar o FMEA nos fatores que se supõe estarem contribuindo para o efeito; (iii) remover as perdas da restrição.

Etapa 4 – Controlar a variabilidade do processo. Nessa etapa usa-se Seis Sigma para reduzir a variabilidade dos processos críticos que impactam a restrição, os pulmões de tempo e na própria restrição: (i) a partir do VOC, determinar os níveis esperados de PPM e DMPO nos processos, sob a perspectiva do mercado; (ii) estabelecer planos de controle e gráficos de controle para monitorar a restrição, usando com indicador o Cpk; (iii) revisar os indicadores de medição de performance do processo usando o MSA. O objetivo é analisar detalhadamente o indicador, identificando o verdadeiro valor, e as fontes de erro por repetibilidade, reprodutibilidade, viés, etc.

Etapa 5 – Adotar atividades de suporte ao controle. O objetivo dessa etapa é estabelecer padrões e mecanismo de controle para garantir que os processos críticos irão ficar sob controle estatístico e não irão variar fora dos limites definidos. Essa etapa pressupõe: (i) implementar *poka-yokes* e controle estatístico de processo para prevenir a variabilidade; (ii) estabelecer plano de auditorias

periódicas para validar a condição das restrições e a subordinação dos alimentadores da restrição.

Etapa 6 – Remover a restrição e estabilizar. Essa etapa visa monitorar as operações no longo prazo, incluindo a restrição e os medidores de ganho. Suas principais fases são: (i) definir painel de controle visual dos indicadores de medição (CPk, eficiência, materiais, qualidade, etc) e garantir que a gestão desses dados seja feita pelos operadores de forma manual; (ii) garantir o alinhamento desses indicadores, com a medição de desempenho da força produtiva e capacitá-los à solução de problemas.

Etapa 7 – Reavaliar o sistema. Nessa etapa verifica-se se os objetivos definidos no início do projeto foram alcançados e se a restrição mudou de lugar. A lógica consiste em medir o antes x depois e os indicadores sugeridos são: DPMO, Cpk, Retrabalho (\$), tempo de ciclo, satisfação do cliente, Inventário, Ganho, Despesa Operacional.

4.17 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES ACERCA DOS MODELOS TOC + *LEAN* + SEIS SIGMA

A análise crítica dos modelos permite evidenciar os seguintes pontos: (i) diferentemente dos modelos anteriormente apresentados e criticados na seção 4.13, emerge a necessidade de relacionar o desdobramento dos modelos alinhados à estratégia corporativa. Nesse ínterim, o modelo de Cox III e Schleier Jr. (2010) parte de um *roadmap* da estratégia usando o Processo de Pensamento da TOC que permite evidenciar a sequência e as interdependências no plano estratégico, evitando ações isoladas por departamentos da empresa. Já o modelo de Pirasteh e Fox (2010) usa o BSC na etapa 1, integrando-o com a Missão e Visão, para desdobrar os indicadores críticos de sucesso aos demais níveis organizacionais. E por fim, Sproull (2010) não considera explicitamente a visão estratégica em seu modelo e parte inicialmente da visão de valor e do fluxo de valor sob o ponto de vista do mercado; (ii) nenhum dos modelos discute as dimensões competitivas e tampouco uma maneira de priorizá-las a partir do uso da TOC, *Lean* ou Seis Sigma; cabe aqui reforçar então, que sendo esses os modelos encontrados na literatura integrando as três abordagens, a questão de pesquisa desse estudo está focada em preencher esta lacuna, agora então aqui detalhadamente apresentada e discutida;

(iii) o modelo de Cox III e Schleier Jr. (2010) da *Goldratt Institute* é o único a determinar claramente a necessidade de redesenhar os processos de negócio para suportar as novas políticas, indicadores, regras e responsabilidades determinadas no *roadmap* estratégico. Apesar de não afirmar, subentende-se que abordagens específicas de redesenho de processos como o BPM (*Business Process Management*) sejam adotadas nessa etapa, o que expõe e amplia a complexidade do tema discutido nessa pesquisa; (iv) novamente, assim como já discutido nos modelos anteriores, nem todas as ferramentas que compõem cada abordagem são discutidas e apresentadas nos modelos. Cox III e Schleier Jr. (2010) sugerem algumas principais ferramentas *Lean* e Seis Sigma. Sproull (2010) mescla diversas ferramentas *Lean* e Seis Sigma ao longo das quatro etapas do modelo, conforme Figura 22. Já o modelo de Pirasteh e Fox (2010) se diferencia dos demais ao adicionar ferramentas da TOC como a análise I-V-A-T e os conceitos de Inventário, Ganho, Despesa Operacional.

De forma a complementar a análise crítica dos modelos existentes na literatura, e visando atingir a um dos objetivos propostos dessa pesquisa, faz-se necessário investigar alguns aspectos desses modelos à luz de dois construtos já discutidos seção 2.1, que são: (i) os critérios para construção de modelos em Gestão de Operações, e: (ii) virtudes para a construção de teoria em Operações. Assim sendo, essa pesquisa realiza a análise crítica, consoante o Quadro 15 a seguir, dos principais modelos revisados frente a esses construtos. Foi adotada uma escala de ponderação e as justificativas de alguns aspectos principais para tal ponderação comparativa. Dessa maneira, cumpri-se um dos objetivos inicialmente colocados para essa pesquisa e necessário para fazer a proposição do modelo integrando a estratégia de produção e TOC, *Lean* e Seis Sigma nesse trabalho.

Quadro 15 – Análise crítica: critérios para construção de modelos e sua validade em Gestão de Operações

#	Fator de análise	Autor	*Critério de análise	Síntese do critério segundo o Autor	Classificação do modelo conforme aderência ao *Critério de análise, onde: 1-mais baixa aderência; 2-baixa aderência; 3-aderente; 4-alta aderência; 5-mais alta aderência.										
					Antunes Jr. (1998)	Gusmão (1998)	Dettmer (2001)	Ehie e Sheu (2005)	Jin et al. (2009)	Salah, Rahim e Carretero (2010)	Chen e Lyu (2009)	Thomas et al. (2009)	Goldratt Insitute (2010)	Sproull (2010)	Pirasteh e Fox (2010)
1	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	O quê?	Todos os fatores (variáveis, construtos, conceitos) relevantes foram incluídos?	5	2	4	2	3	2	3	1	3	4	4
2	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	Como?	Como os fatores estão relacionados?	5	5	2	3	3	3	4	4	5	5	3
3	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	Por quê?	Há justificativas lógicas e convincentes para as diferentes visões, explicando os “por quês” com base nos “o quês” e “comos”?	5	2	3	2	2	1	2	2	3	4	5
4	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	Quem, onde e quando?	O modelo limita as proposições geradas? Delimita as fronteiras de generalização e, assim, constituem o alcance e a extensão da teoria?	5	4	2	1	1	2	2	1	4	4	4

(continuação)

#	Fator de análise	Autor	*Critério de análise	Síntese do critério segundo o Autor	Classificação do modelo conforme aderência ao *Critério de análise, onde: 1-mais baixa aderência; 2-baixa aderência; 3-aderente; 4-alta aderência; 5-mais alta aderência.										
					Antunes Jr. (1998)	Gusmão (1998)	Dettmer (2001)	Ehie e Sheu (2005)	Jin et al. (2009)	Salah, Rahim e Carretero (2010)	Chen e Lyu (2009)	Thomas et al. (2009)	Goldratt Insitute (2010)	Sproull (2010)	Pirasteh e Fox (2010)
5	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Singularidade	Deve ser diferenciada de outras	4	4	4	5	4	1	1	3	5	4	5
6	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Conservacionismo	Não pode ser substituída a menos que a nova teoria seja superior em virtudes	4	3	3	3	3	2	2	3	4	4	4
7	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Generalização	As áreas a mais que uma teoria pode ser aplicada a torna melhor	2	2	2	3	4	4	2	2	4	3	4
8	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Fecundidade	Uma teoria que é mais fértil na geração de novos modelos e hipóteses é melhor do que uma teoria que tem menos hipóteses	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3

(conclusão)

#	Fator de análise	Autor	*Critério de análise	Síntese do critério segundo o Autor	Classificação do modelo conforme aderência ao *Critério de análise, onde: 1-mais baixa aderência; 2-baixa aderência; 3-aderente; 4-alta aderência; 5-mais alta aderência.										
					Antunes Jr. (1998)	Gusmão (1998)	Dettmer (2001)	Ehie e Sheu (2005)	Jin et al. (2009)	Salah, Rahim e Carretero (2010)	Chen e Lyu (2009)	Thomas et al. (2009)	Goldratt Insitute (2010)	Sproull (2010)	Pirasteh e Fox (2010)
9	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Parcimônia, simplicidade e eficiência	Sendo todos aspectos iguais, a teoria com menos pressupostos é a melhor	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4
10	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Consistência interna	Identificou todos os relacionamentos e dá explicações adequadas?	5	3	2	2	2	2	2	3	5	4	5
11	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Riscos empíricos	Qualquer teste empírico de uma teoria deve ser arriscado e a refutação deve ser muito possível, para ser considerada boa	1	1	1	4	4	1	3	5	2	4	5
12	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Abstração	É independente de tempo e espaço	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Alguns fatores ponderados entre os modelos de Antunes (1998), Dettmer (2001) e Gusmão (1998) serão qualitativamente discutidos. Quanto ao critério 1 (O quê?) analisado, por exemplo, evidenciou-se que o modelo de Gusmão (1998) não contempla diversas ferramentas enxutas que estão presentes nos modelos de Antunes (1998) e Dettmer (2001). Já a análise do critério 2 (Como?) pode-se dizer que os relacionamentos são melhores explicados e interligados no modelo de Antunes (1998) e Gusmão (1998) pois além envolver o uso de “setas para conectar as caixas” segundo Whetten (2003), também, delimitam claramente a ordem aos conceitos. No critério 3, por exemplo, Antunes (1998) realiza com mais detalhes e profundidade a articulação e justificativa das etapas do modelo, em relação aos demais, que o fazem superficialmente. Quanto ao critério 11 de análise, atribui-se peso 1, pois os três modelos não tiveram aplicação empírica visando refutação e aperfeiçoamento.

Quanto aos fatores ponderados nos modelos de Ehie e Sheu (2005) e Jin et al. (2009) case ressaltar que quanto ao critério 1 (O quê?), o modelo de Jin et al. (2009) se diferencia ao inserir mais elementos do Seis Sigma e da TOC (como o Processo de Pensamento na etapa inicial do modelo) em relação à proposta de Ehie e Sheu (2005). Analisando os critérios 3, 4 e 10 pode-se dizer que os dois modelos realizam poucas justificativas lógicas e convincentes para as relações entre suas etapas, assim como não delimitam as proposições geradas e não definem o escopo de uso empírico do modelo. Em relação ao critério 7, Ehie e Sheu (2005) especificam que o modelo foi concebido para melhorar sistemas produtivos. Em contrapartida, Jin et al. (2009) não definem no estudo um foco de uso, e de forma a corroborar com tal visão os autores adotam o Processo de Pensamento da TOC na etapa inicial do modelo, o que, a priori, permite evidenciar mais tipos de restrição, além do recurso com falta de capacidade.

Já para analisar os modelos combinando *Lean* e Seis Sigma, optou-se por não discutir os modelos de Pepper e Spedding (2010) e Snee (2010) por considerá-los genéricos e com pouca capacidade de agregar à validação dos critérios e virtudes do Quadro 15. Discutindo o critério 1, notou-se que Thomas et al. (2009) trazem menos elementos das abordagens *Lean* e Seis Sigma no modelo, diferentemente de Salah, Rahim e Carretero (2010) e Chen e Lyu (2009). Analisando os critérios 2 e 10 e as respectivas Figuras dos modelos, verifica-se que apesar de inserir menos elementos das abordagens, o modelo de Thomas et al. (2009) é mais

específico e direto ao relacionar em forma de fluxuograma as etapas. Enquanto que os modelos de Salah, Rahim e Carretero (2010) e Chen e Lyu (2009) têm caráter mais amplo organizado em macro etapas, tornando os relacionamentos entre as etapas mais aberto.

Concluindo a análise, quanto aos modelos integrando TOC, *Lean* e Seis Sigma, é importante ponderar que: (i) seguindo a lógica do critério 1 do Quadro 15, nenhum dos três modelos analisados, considera e discute as dimensões competitivas como posicionamento estratégico ou priorização de esforços de melhoria de forma alinhada com a estratégia corporativa; (ii) também é pertinente ressaltar que diversas ferramentas da TOC não estão consideradas no modelo de Sproull (2010), assim como reconhecidas ferramentas *Lean* e Seis Sigma não estão presentes no modelo de Cox III e Schleier Jr. (2010); (iii) analisando os critérios 8 e 9, notou-se que os modelos Cox III e Schleier Jr. (2010) e Pirasteh e Fox (2010) são mais amplos e possibilitam gerar variantes de novos modelos e hipóteses porque estão estruturados a partir da estratégia corporativa, permitindo adaptar o modelo para restrições de capacidade, política ou áreas internas à empresa. A partir das discussões até aqui apresentadas e do entendimento gerado no que tange a lacunas e oportunidades, entende-se que a apresentação do delineamento metodológico se faz necessária para avançar nos esforços de pesquisa e atender à questão de pesquisa proposta.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Essa seção conceitua, caracteriza e justifica o delineamento de pesquisa seguido nessa dissertação.

5.1 MÉTODOS DE PESQUISA

Todas as ciências caracterizam-se pela utilização de métodos científicos. Em contrapartida, nem todos os ramos de estudo que empregam estes métodos são ciências. Dessas afirmações podemos concluir que a utilização de métodos científicos não é da alçada exclusiva da ciência, mas não há ciência sem o emprego de métodos científicos (MARCONI; LAKATOS, 2008). Dado a importância do método como ponto de partida e fio condutor da pesquisa científica, esse capítulo apresenta os elementos e passos metodológicos seguidos nessa pesquisa. O Quadro 16 apresenta as definições extraídas da literatura quanto à natureza, abordagem e objetivos da pesquisa científica, que norteiam e servem como referência metodológica para o delineamento da dissertação.

Quadro 16 – Definições quanto à natureza, abordagem e objetivos da pesquisa científica

Classificação	Tipo de pesquisa	Definição
Natureza	Básica	Pesquisa que visa preencher uma lacuna no conhecimento. Objetiva gerar conhecimentos novos e úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista.
	Aplicada	Visa resolver problemas identificados no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem. Objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática dirigida a solução de problemas específicos.
Abordagem	Quantitativa	Pesquisa aplicada através de estudos estatísticos voltados a quantificação do objeto de estudo.
	Qualitativa	Pesquisa onde o processo de interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa. Os dados são analisados indutivamente.
	Mista	Combinação dos elementos presentes na abordagem Quantitativa e Qualitativa.
Objetivos	Exploratória	Tem como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.
	Descritiva	Visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou estabelecimento de relações entre as variáveis.
	Explicativa	Visa identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. Aprofunda o conhecimento dado que explica o "porquê" das coisas.

Fonte: Gil (2010) e Yin (2004).

A partir da classificação organizada no Quadro 16, pode-se dizer que essa pesquisa possui alguns aspectos de natureza básica, visto que irá tentar preencher uma lacuna na literatura da estratégia de operações ao sugerir um modelo

integrando estratégia de produção com TOC, *Lean* e Seis Sigma a partir das dimensões competitivas. Os resultados dessa discussão poderão gerar novos conhecimentos para a ciência e especificamente para o campo da Engenharia de Produção e da Gestão de Operações a partir das lacunas identificadas e já apresentadas na seção 1 desse trabalho. Entretanto, pode-se dizer que essa pesquisa é, predominantemente, de natureza aplicada. Uma vez que, tenta resolver um problema identificado no âmbito das organizações e ao mesmo tempo apresenta um modelo (artefato) integrando TOC, *Lean* e Seis Sigma, que permite a aplicação prática e seu aperfeiçoamento após sucessivas aplicações.

Analisando o Quadro 16, também pode-se afirmar que quanto à abordagem essa pesquisa é mista pois combina etapas qualitativas e quantitativas. A abordagem quantitativa é necessária para analisar, interpretar e sintetizar os elementos da TOC, *Lean* e Seis Sigma discutidos. A articulação dos conceitos, paradigmas de sustentação e suas práticas individuais é um aspecto crítico nesse trabalho, que, portanto, sustentar-se-á com a análise qualitativa extraída de livros, artigos, teses, etc. Já análise quantitativa será usada para os tratamentos dos dados resultantes do *survey*, ao adotar uma série de técnicas de análises estatística de dados inter-relacionadas. Pretende-se assim dar maior consistência a essa pesquisa assim como preencher algumas das lacunas identificadas na literatura e já citadas.

Quanto aos objetivos essa pesquisa pode ser definida como exploratória e descritiva. Exploratória, em primeiro lugar, porque a discussão exige atingir uma familiaridade com o objeto de pesquisa para, *a posteriori*, realizar a articulação desses elementos vistas a propor um modelo que sustente as dimensões competitivas integrando as abordagens. Em segundo lugar, porque inicialmente, foi necessário elaborar um profundo levantamento bibliográfico acerca das abordagens discutidas para o desenvolvimento do trabalho. É considerada descritiva, porque para responder à questão de pesquisa foi necessário identificar e estabelecer diversas relações de análise entre as abordagens analisadas, visando identificar suas convergências e divergências.

Segundo Gil (2010, p.29), a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado, seja impresso ou digital como: artigos, teses, revistas, dissertações etc. Praticamente toda pesquisa acadêmica requer em algum momento a realização de trabalho que pode ser caracterizado como pesquisa bibliográfica. Tanto é que, na maioria das teses e dissertações, uma seção é dedicada à revisão

bibliográfica (GIL, 2010). Consoante com essa definição, essa pesquisa é classificada com bibliográfica, pois como pré-requisito para responder à questão de pesquisa, será necessário realizar a revisão teórica sobre estratégia de produção, TOC, *Lean* e Seis Sigma visando desenvolver o modelo.

Pesquisas acadêmicas sobre gestão e negócios possuem sérios problemas de utilização na prática das organizações (AKEN, 2004; BEYER; TRICE, 1982; PORTER; MCKIBBON, 1988). Na visão de Aken (2004) esses problemas podem ser atenuados, sobretudo no campo da engenharia e da administração, se a pesquisa adotar o paradigma do “*design science*” apresentada na obra seminal de Simon (1969). De acordo com Simon (1969) *design*, resulta na criação de artefatos e tem potencial de contribuir na gestão de negócios.

5.2 DESIGN SCIENCE

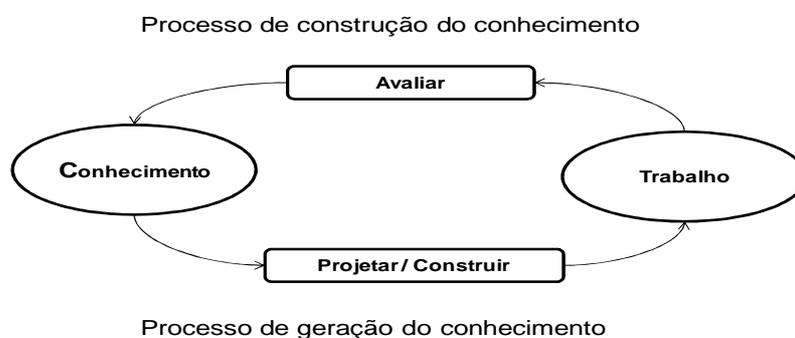
Para Aken (2004) a missão da “*design science*” pode ser: (i) desenvolver conhecimento para o projeto e realização de artefatos; (ii) resolver problemas de construção ou; (iii) para melhorar o desempenho das entidades já existentes. Para Manson (2006) artefatos não precisam ser necessariamente objetos físicos, eles podem ser abstratos, como por exemplo: constructos (denominações e símbolos), modelos (abstrações e representações), métodos (práticas e algoritmos), exemplificações (sistemas implementados e protótipos). Nas palavras de Aken (2004, p. 225):

[...] Pesquisa visa desenvolver conhecimento e sua aplicação deve levar aos resultados pretendidos. Eu uso o termo *design science* porque o último objetivo de pesquisa nessas ciências é desenvolver o conhecimento válido e confiável para ser utilizados na concepção de soluções de problemas. Eu prefiro evitar o termo ciências aplicadas, pois o termo sugere que a missão destas ciências é apenas para aplicar as leis básicas das ciências explicativas, desconsiderando a quantidade impressionante do conhecimento desenvolvido pela *design science*.

A idéia de distinguir entre ciências explicativas e *design* está fortemente inspirada na obra “As ciências do artificial” de Simon (1969). Muitas pesquisas em *design science* são baseadas no paradigma explicativo, que visa descrever e explicar para compreender ou melhorar problemas. Porém, entender não é suficiente. A última missão é desenvolver conhecimento de *design*, ou seja, o conhecimento que pode ser usado no desenvolvimento de soluções para os problemas no campo em questão (AKEN, 2004). No caso dessa dissertação o

campo em análise é a estratégia de produção e as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma. No sentido de desenvolver o conhecimento prático, o modelo de geração e acúmulo de conhecimento em *design science* é representado na Figura 27.

Figura 27 – Modelo de geração e acúmulo de conhecimento

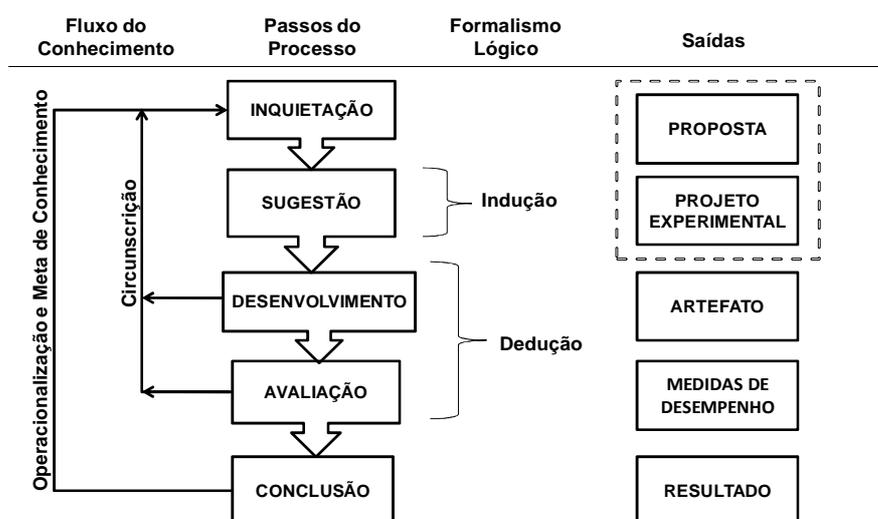


Fonte: Vaishnavi e Kuechler (2005).

5.2.1 Metodologia do Design Research

O processo de usar o conhecimento para projetar (*design*) e criar um artefato, e então, cuidadosamente, de forma sistemática e rigorosa analisar a eficácia que o artefato atinge, é um processo gerador de conhecimento que pode ser chamado exatamente pesquisa. Este tipo de investigação é comumente chamado de *Design Research* (VAISHNAVI; KUECHLER, 2005). A Figura 28 mostra as etapas do *Design Research* (DR) segundo Vaishnavi e Kuechler (2005).

Figura 28 – Etapas do *design research*



Fonte: adaptado de Vaishnavi e Kuechler (2005).

Visando detalhar a Figura 28, as cinco etapas do DR são assim descritas segundo Vaishnavi e Kuechler (2005):

- a) Inquietação ou sensibilização com o problema:** o processo de investigação começa quando o pesquisador toma conhecimento de um problema. O pesquisador irá então, construir uma proposta formal ou informal para iniciar um novo esforço de pesquisa, que é a saída desta etapa para a próxima.
- b) Sugestão:** o pesquisador traz uma ou duas tentativas de *Design* e estes projetos preliminares estão intimamente ligados com a proposta. Qualquer proposta formal deve incluir pelo menos um projeto experimental, sob pena de invalidar os esforços da pesquisa.
- c) Desenvolvimento:** o pesquisador constrói um ou mais artefatos. As técnicas utilizadas variam amplamente conforme o artefato.
- d) Avaliação:** o artefato deve ser avaliado em função dos critérios implícitos ou explícitos contidos na proposta. Quaisquer desvios das expectativas devem ser tentativamente explicados. Antes e durante a construção, o pesquisador constrói hipóteses sobre como o artefato vai se comportar. Raramente, em DR, as hipóteses iniciais são completamente validadas. Na pesquisa positivista, esta fase permite ao pesquisador determinar se a hipótese foi falseada ou não, e isto marca a conclusão do esforço da pesquisa. Todavia, em DR este é apenas o começo. As hipóteses iniciais são raramente rejeitadas, mas os desvios sobre o comportamento esperado do artefato forçam os pesquisadores a introduzir novas sugestões (melhorias). O projeto é então modificado frequentemente após futuras pesquisas em direções sugeridas pelo comportamento inesperado. O conhecimento novo é gerado pela Circunscrição (o conhecimento só é válido em certas situações e seu uso só pode ser determinado pela detecção e análise de contradições) e Operacionalização, conforme Figura 28. Ou seja, o pesquisador aprende algo novo quando as coisas não funcionam "conforme a teoria" e então, ele é forçado a voltar à inquietação.
- e) Conclusão:** em algum momento da pesquisa embora exista desvio no comportamento do artefato, o esforço de pesquisa é considerado suficiente. O conhecimento é então classificado como: firme (pode ser replicado

repetidamente) ou solto (as anomalias não são explicadas e voltam a ser pesquisadas).

5.2.2 Desdobramentos da Metodologia do *Design Research*

Após a descrição do *Design Research*, as razões para o seu uso nessa dissertação são justificadas pelo esforço necessário para responder à questão de pesquisa que visa propor um artefato. Assim sendo, a aderência a tal método de investigação pode ser assim justificada e descrita:

Inquietação: antes da pesquisa na literatura, pode-se dizer que o pesquisador tinha diversas incertezas e questionamentos entre a relação das dimensões competitivas com as abordagens de melhoria contínua. Tal interesse foi despertado e construído ao longo do curso de mestrado *strictu sensu* e da vivência profissional na indústria. Após a extensa revisão da literatura e partir das lacunas encontradas na literatura, foi possível identificar o problema de pesquisa, a partir daí, propor a questão de pesquisa. Assim sendo, esse estágio, pode ser classificado de Inquietação segundo a lógica do *Design Research*.

Sugestão: essa pesquisa pretende propor um modelo, onde a criação de uma proposta conceitual (hipótese) deve ocorrer no início dos esforços da pesquisa, para que ao longo do trabalho seja então aceita provisoriamente ou refutada como pressupõe o método hipotético-dedutivo (POPPER, 1975). Atendendo à etapa de Sugestão, o modelo em seu estágio inicial de pesquisa (denominado M1) será submetido a um processo de validação com especialistas. A banca é composta por pesquisadores especialistas ao tema. Assim, uma primeira etapa de análise crítica à pesquisa foi conduzida.

Desenvolvimento: após o artefato ser avaliado pela banca examinadora, o pesquisador retornou ao artefato para avaliá-lo e aperfeiçoá-lo baseando-se nas hipóteses apresentadas pelos avaliadores, sobre o prisma da questão de pesquisa; pretendeu-se avançar na pesquisa nessa etapa aperfeiçoando o modelo obtendo então o que se pode chamar de M2.

Avaliação: após as análises críticas dos especialistas, o artefato M2 foi novamente aperfeiçoado e então a nova proposta (M3) foi submetida à avaliação de especialistas das abordagens em discussão na banca final de defesa. Novamente, as hipóteses geradas pelo corpo crítico serão avaliadas, sob o prisma da questão de

pesquisa, visando dar robustez ao modelo. Cabe aqui ressaltar que um número maior de especialistas foi ouvido para validar as relações entre as dimensões competitivas e as práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma.

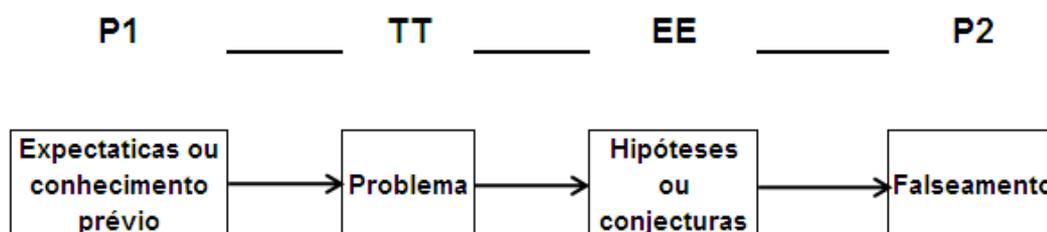
Conclusão: a partir dos julgamentos feitos pela banca de especialistas, o artefato (M3) é aperfeiçoado. As oportunidades de melhoria do modelo testarão mais uma vez as hipóteses da pesquisa e conduzirão a uma nova etapa de aperfeiçoamento do modelo (M4) como pressupõe o método hipotético-dedutivo (POPPER, 1975). O modelo é considerado então provisoriamente concluído. E estará nessa etapa, disponibilizado para a aplicação empírica em ambientes de manufatura, encerrando-se assim os esforços de pesquisa dessa dissertação.

5.3 O MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO

Outra caracterização necessária da pesquisa é quanto ao método científico empregado. Pode-se afirmar que essa pesquisa tem caráter hipotético-dedutivo. Para Koche (2003, p.69) na ciência contemporânea, a pesquisa é um processo decorrente da identificação de dúvidas e da necessidade de construir respostas para esclarecê-las e o método científico hipotético-dedutivo pode auxiliar a compreensão e interpretação dessa ciência.

O método científico hipotético-dedutivo de Popper (1975) parte de um problema P1, ao qual se oferece uma solução provisória (teoria tentativa – TT), passando-se depois a criticar a solução visando à eliminação do erro (EE) e, assim como na dialética, esse processo se renovaria dando origem a novos problemas (P2) (MARCONI; LAKATOS, 2008). As etapas do método hipotético-dedutivo segundo Popper podem ser expressos conforma Figura 29.

Figura 29 – Etapas do método hipotético-dedutivo



Fonte: adaptado de Marconi e Lakatos (2008).

A ótica da ciência dedutiva desenvolvida por Popper (1975) é baseada num processo contínuo de formulação de hipóteses e refutações dessas hipóteses, a partir de testes empíricos. O critério de demarcação de ciência defendido por Popper (1975) é a falseabilidade, ou seja, a hipótese só é considerada científica, se for falseável. Se a hipótese não supera os testes, estará falseada, refutada e exige nova reformulação do problema e da hipótese. Se a hipótese superar os testes rigorosos, estará corroborada e confirmada provisoriamente; mas não definitivamente como querem os indutivistas (MARCONI; LAKATOS, 2008).

De acordo com a definição do método hipotético-dedutivo vista na Figura 29, é possível posicionar os elementos que justificam o enquadramento dessa pesquisa como tal. As expectativas ou conhecimento prévio do método de Popper (1975) pressupõe que o pesquisador seja familiar ao tema. Esse elemento é aderente à pesquisa, dado que o pesquisador possui familiaridade com o tema, pois o tema em discussão faz parte do programa *stricto sensu* ao qual o pesquisador pertence, o tema faz parte da vivência profissional do pesquisador e o pesquisador obteve publicações de diversos artigos em temas consoantes com o pesquisado.

A etapa problema, que segundo o método hipotético-dedutivo advém de conflitos de teorias existentes, corrobora com a ótica dedutiva dessa dissertação. Essa etapa reintera a aderência ao método, porque a questão de pesquisa foi formulada a partir de lacunas identificadas na literatura sobre estratégia de produção, na falta de um modelo de estratégia de produção que sustente as dimensões estratégias a partir de abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma. A etapa conjuntura do método hipotético-dedutivo se dá pela proposição de um modelo (artefato) realizado por essa pesquisa. Por fim a etapa de falseamento é aderente na medida em que, essa dissertação usará técnicas qualitativas e quantitativas de coleta de dados a partir da crítica de especialistas sobre o tema e disponibilizará o artefato para aplicação prática na tentativa de falsear suas hipóteses e gerar novas hipóteses e proposições.

Nesse ponto da análise, sugere-se uma forte congruência e sentido de complementação entre o método de investigação *Design Research* e o método científico hipotético-dedutivo, visto que: ambos pressupõem a experiência prática e sucessivos testes da teoria em questão e possuem como elemento de análise uma nova teoria, ou nesse caso, um modelo (artefato). A síntese da discussão realizada,

até então, entre método científico, método de investigação e o conseqüente encaminhamento para essa dissertação conduz ao Quadro 17.

Quadro 17 – Método científico x método de investigação x encaminhamentos da dissertação

	Na visão de...	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
Método de pesquisa hipotético-dedutivo	Popper (1975)	problema(P1)	teoria-tentativa(TT)	eliminação do erro(EE)	problemas novos (P2)
	Marconi e Lakatos(2008)	expectativas ou conhecimento prévio	problema	conjecturas ou hipóteses	falseamento
Método de investigação Design Research	Vaishnavi & Kuechler (2005)	inquietação ou sensibilização	sugestão	desenvolvimento	avaliação e conclusão
Encaminhamento da dissertação	Presente autor (2012)	revisão da literatura artigos publicados programa <i>stricto senso</i> questão de pesquisa	proposta de modelo inicial feita pelo autor (M1)	análise crítica de especialistas e proposta de modelo (M2)	ajustes no modelo, nova análise crítica de especialistas e proposta de modelo (M3)

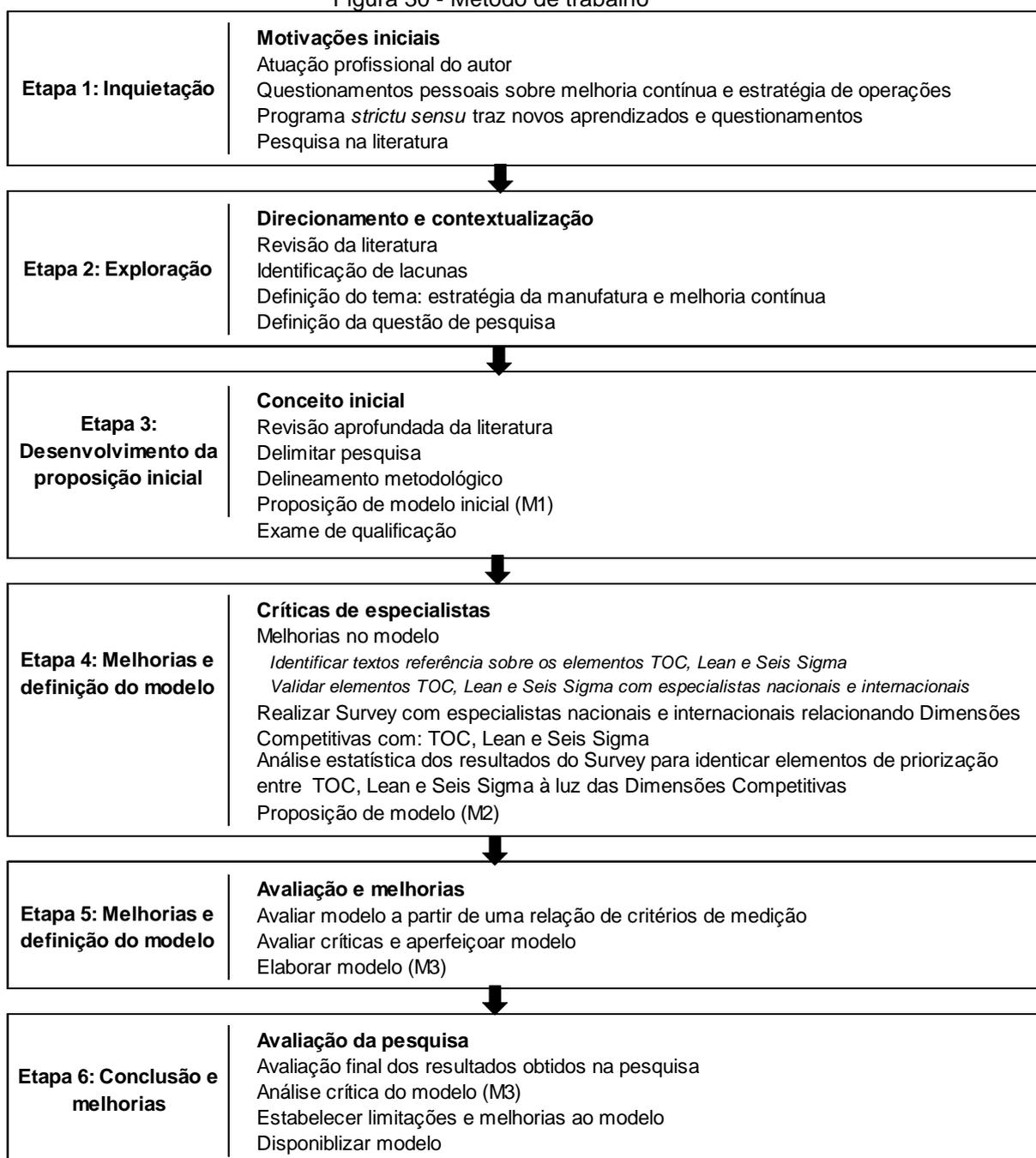
Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

5.4 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que orientam e sustentam a geração de conhecimentos válidos, direcionando assim o caminho a ser seguido na pesquisa. A Figura 30 apresenta o método de trabalho geral utilizado no desenvolvimento dessa pesquisa. Suas etapas são assim explicadas:

Etapa 1 : Inquietação. Essa etapa contempla o caminho inicial da pesquisa e suas motivações, onde a partir da vivência profissional e acadêmica do autor, as primeiras reflexões entre os temas abordagens de melhoria contínua e estratégia de operações foram tecidas. Assim, reflexões no seguinte sentido, a exemplificar, foram realizadas: (i) Qual abordagem de melhoria melhor contribui com a estratégia de produção? (ii) Quais ferramentas devem ser priorizadas na manufatura para contribuir com a estratégia de produção ? (iii) Quais ferramentas contribuem mais para que a manufatura desenvolva as dimensões competitivas exigidas pelo mercado?

Figura 30 - Método de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Etapa 2 : Exploração. Nessa etapa realizou-se a revisão horizontal da literatura a fim de identificar as principais lacunas existentes nos seguintes temas: estratégia de produção e práticas de melhoria contínua. Primeiro fez-se a revisão e leitura em artigos seminais sobre estratégia de operações. Depois, foram identificados diversos possíveis temas e lacunas de pesquisa dentro do tema geral estratégia de produção que poderiam ser abordados na pesquisa. A partir das

lacunas foi possível identificar e definir, por exemplo, que TOC, *Lean* e Seis Sigma seriam as abordagens discutidas no contexto da estratégia de produção. A revisão da literatura permitiu identificar alguns fatores: (i) a necessidade de apresentar à academia e aos praticantes uma visão mais detalhada entre as divergências e convergências existentes entre TOC, *Lean* e Seis Sigma; (ii) a falta de direcionamentos sobre quais ferramentas de melhoria contínua são prioritárias frente a necessidade de alavancar as dimensões competitivas; (iii) a falta de modelos de desdobramento da estratégia de produção que contemplem as abordagens de melhoria contínua amplamente difundidas e consolidadas como *Lean*, Seis Sigma e TOC. Após essa seqüência lógica então, fez-se a proposição da questão de pesquisa a ser discutida na dissertação.

Etapa 3 : Desenvolvimento e proposição inicial. A partir da questão de pesquisa e da delimitação da pesquisa, as palavras-chaves foram definidas e pesquisadas em profundidade nas bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na instituição em que o autor é vinculado. Após a organização e identificação dos principais textos nacionais e internacionais, construiu-se o referencial teórico. A partir dos passos da etapa 3 assim e do resultado das anteriores, foi possível construir a proposição inicial de artefato (M1). Tal proposição foi submetida à análise crítica de especialistas na etapa de qualificação da dissertação.

Etapa 4 : Melhorias e definição do modelo. O modelo foi melhorado após as observações feitas pelos especialistas realizadas na etapa 3. Para realizar tais melhorias, uma pesquisa bibliográfica mais específica e focada foi realizada para identificar textos seminais trazendo a discussão acerca da definição de TOC, *Lean*, Seis Sigma e, sobretudo quais elementos compõem tais abordagens. De forma a consolidar esse panorama, os resultados da literatura foram enviados para especialistas nacionais e internacionais, tidos como referência nos tema ou co-fundadores de tais abordagens. Como resultado dessa validação (Apêndices A e B), foi possível definir um conjunto de práticas para cada abordagem. Após isso, tendo o conjunto de práticas definido e escolhido as dimensões competitivas investigadas, foi realizado uma *survey* (Apêndices C, D, E, F, G, H) com especialistas nacionais e internacionais com o objetivo de investigar quais abordagens e quais práticas de tais abordagens possuem, a priori, mais impacto nas cinco dimensões em discussão. De

posse desses resultados, foi possível fazer a análise estatística e a proposição do modelo (M2).

Etapa 5 : Melhorias e definição do modelo. Nessa etapa o modelo resultante (M2) foi avaliado frente a três construtos: (i) os critérios para construção de modelos em Gestão de Operações por Whetten (2003); (ii) virtudes para a construção de teoria em Operações segundo Wacker (2004); (iii) os critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo *Design Research* conforme Hevner et al. (2004). Novamente o modelo foi submetido a crítica de especialistas. As considerações feitas foram analisadas, as sugestões seguidas ou não foram justificadas, e assim foi possível propor a versão final de modelo para essa dissertação (M3).

Etapa 6 : Conclusão e melhorias. De forma a finalizar os esforços de pesquisa dessa dissertação, o modelo (M3) com as melhorias consideradas a partir do ponto de vista dos especialistas, levam o pesquisador a disponibilizá-lo à aplicação empírica na indústria.

5.5 COLETAS DE DADOS

A coleta de dados é um aspecto central em pesquisas qualitativas, sobretudo em pesquisas que fazem análise comparativa entre diferentes abordagens. Acredita-se que na pesquisa científica, em geral, o primeiro passo é procurar trabalhos anteriores com preocupações similares (BIOLCHINI et al., 2005 apud SILVA, 2009). Assim sendo, uma relevante fonte de coleta de dados para esse estudo foi a revisão sistemática da literatura. Segundo Gil (2010, p. 29), a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado, seja impresso ou digital como: artigos, teses, revistas, dissertações etc. Praticamente toda pesquisa acadêmica requer em algum momento a realização de trabalho que pode ser caracterizado como pesquisa bibliográfica.

Para Khan et al. (2001) a principal vantagem de usar um método de revisão sistemática é que fornece informação sobre a efetividade de intervenções ao identificar, avaliar e sumarizar os resultados de uma quantidade de dados não tratáveis de outra forma. Essa dissertação usa como base os trabalhos de Silva (2009), obra importante no contexto brasileiro sobre revisão da literatura em Gestão de Operações e da Engenharia de Produção, bem como o estudo de Tranfiel et al.,

(2003), identificado em Silva (2009) como autor seminal sobre trabalhos em revisão de literatura em *Management*. As etapas do procedimento adotado para revisão da literatura estão sintetizadas na Figura 31.

Figura 31 – Etapas do procedimento de revisão da literatura

Etapa 1	Extrair palavras-chave a partir da questão de pesquisa
Etapa 2	Definir bases de dados para pesquisar publicações
Etapa 3	Realizar busca de escopo amplo
Etapa 4	Identificar na literatura principais palavras-chave adotadas e defini-las. Mapear os principais autores
Etapa 5	Definir horizonte de tempo da pesquisa
Etapa 6	Realizar busca em profundidade usando as palavras-chave
Etapa 7	Analisar títulos e resumos das publicações
Etapa 8	Decidir pela inclusão ou exclusão de textos
Etapa 9	Análise, síntese e inclusão das informações da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Dividiu-se a revisão da literatura em três objetivos: evidenciar as razões de falhas na implantação das abordagens discutidas, evidenciar os fatores críticos de sucesso na implantação e buscar o estado da arte sobre a combinação das abordagens TOC, *Lean* Seis Sigma e seu impacto nas dimensões competitivas. Os critérios de busca a esses objetivos e as palavras chaves estão respectivamente nos Quadros 18, 19 e 20. Já as bases e dados pesquisadas estão no Quadro 21. A sistemática adotada foi a seguinte: pesquisou-se as palavras-chaves usando os campos *Abstract*/resumo das bases de dados. Primeiramente fez-se a análise da aderência da publicação pelo seu título. O campo entrada da Tabela 2 indica quantos títulos foram analisados para cada critério de busca. Posteriormente, a partir da aderência do título fez-se a leitura do *Abstract*/resumo visando compreender o escopo da pesquisa e alinhamento com essa dissertação. O número de *Abstracts*/resumos analisados está quantificado no campo Resumos da Tabela 2. E por último, nesse processo, a partir da análise do *Abstract*/resumo selecionou-se e arquivou-se ou não o artigo/tese/dissertação para ser usado na pesquisa. A quantidade de trabalhos arquivados nesse caso está quantificada na coluna Selecionados da Tabela 2.

Quadro 18 – Critérios de busca para abordar falhas em TOC, *Lean* e Seis Sigma

Objetivo	Categoria	Palavras-chaves e operadores usados
Evidenciar as razões de falhas na implantação das abordagens discutidas	palavras-chaves em inglês	failing implementation AND continuous improvement failing implementation AND lean manufacturing failing implementation AND six sigma failing implementation AND theory of constraints failure implementation AND continuous improvement failure implementation AND lean manufacturing failure implementation AND six sigma failure implementation AND theory of constraints fail implementation AND continuous improvement fail implementation AND lean manufacturing fail implementation AND theory of constraints
	palavras-chaves em português	falhas implementação AND melhoria contínua falhas implementação AND lean manufacturing falhas implementação AND JIT falhas implementação AND enxuta falhas implementação AND seis sigma falhas implementação AND teoria das restrições lacuna implementação AND melhoria contínua lacuna implementação AND lean manufacturing lacuna implementação AND JIT lacuna implementação AND enxuta lacuna implementação AND seis sigma lacuna implementação AND teoria das restrições
		fail implementation AND six sigma fail implementation AND theory of constraints shattering implementation AND continuous improvement shattering implementation AND lean manufacturing shattering implementation AND six sigma shattering implementation AND theory of constraints unsuccessful implementation AND continuous improvement unsuccessful implementation AND lean manufacturing unsuccessful implementation AND six sigma unsuccessful implementation AND theory of constraints insucesso implementação AND melhoria contínua insucesso implementação AND lean manufacturing insucesso implementação AND JIT insucesso implementação AND enxuta insucesso implementação AND seis sigma insucesso implementação AND teoria das restrições fracasso implementação AND melhoria contínua fracasso implementação AND lean manufacturing fracasso implementação AND JIT fracasso implementação AND enxuta fracasso implementação AND seis sigma fracasso implementação AND teoria das restrições

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Quadro 19 – Critérios de busca para abordar fatores de sucesso em TOC, *Lean* e Seis Sigma

Objetivo	Categoria	Palavras-chaves e operadores usados
Evidenciar os fatores críticos de sucesso na implantação das abordagens discutidas	palavras-chaves em inglês	critical success factors AND continuous improvement critical success factors AND lean manufacturing critical success factors AND six sigma critical success factors AND theory of constraints
	palavras-chaves em português	fatores críticos de sucesso AND melhoria contínua fatores críticos de sucesso AND lean fatores críticos de sucesso AND enxuta fatores críticos de sucesso AND seis sigma fatores críticos de sucesso AND teoria das restrições
		success factors AND continuous improvement success factors AND lean manufacturing success factors AND six sigma success factors AND theory of constraints fatores de sucesso AND melhoria contínua fatores de sucesso AND lean fatores de sucesso AND enxuta fatores de sucesso AND seis sigma fatores de sucesso AND teoria das restrições

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Quadro 20 – Critérios de busca para abordar integração entre abordagens

Objetivo	Categoria	Palavras-chaves e operadores usados
Buscar o estado da arte sobre a combinação das abordagens discutidas	palavras-chaves em inglês	lean AND six sigma lean AND theory of constraints
	palavras-chaves em português	lean AND seis sigma JIT AND seis sigma enxuta AND seis sigma lean AND teoria das restrições JIT AND teoria das restrições
		six sigma AND theory of constraints lean AND six sigma AND theory of constraints enxuta AND teoria das restrições seis sigma AND teoria das restrições lean AND seis sigma AND teoria das restrições JIT AND seis sigma AND teoria das restrições enxuta AND seis sigma AND teoria das restrições

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

As bases de dados disponíveis e usadas em toda a pesquisa são essas apresentadas no Quadro 21.

Quadro 21 – Base de dados usadas

Base de dados	Congressos	Teses	Internet
Scopus	Anais SIMPEP	IBICT (BR)	Gigapédia
Emerald	Anais ENEGEP	UMI (USA, Europa)	Google Academico
Periódicos Capes	Proquest		
Springer Link	Comut		

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Tabela 2 – Síntese da revisão bibliográfica

Objetivo	Tipo de base de dados	Base de dados	Entradas	Resumos	Selecionados
Evidenciar as razões de falhas na implantação das abordagens discutidas	Periódicos científicos nacionais e internacionais	Emerald	11	6	5
		Springe link	29	2	0
		scopus	405	45	14
		Ebsco	2	1	1
		Scielo-BR	1	0	0
		Scielo-Internacional	0	0	0
		ScienceDirect	40	9	5
		Subtotal	488	63	25
	Dissertações e teses	IBTC	2	2	0
		UMI	4	3	2
		Subtotal	6	5	2
	Congressos nacionais	ENEGEP	0	0	0
		SIMPEP	0	0	0
		Subtotal	0	0	0
		TOTAL	494	68	27
Evidenciar os fatores críticos de sucesso na implantação	Periódicos científicos nacionais e internacionais	Emerald	32	12	8
		Springe link	8	1	0
		Scopus	152	18	7
		Ebsco	0	0	0
		Scielo-BR	1	0	0
		Scielo-Internacional	0	0	0
		ScienceDirect	13	4	2
		Subtotal	206	35	17
	Dissertações e teses	IBTC	1	1	0
		UMI	0	0	0
		Subtotal	1	1	0
	Congressos nacionais	ENEGEP	0	0	0
		SIMPEP	0	0	0
		Subtotal	0	0	0
		TOTAL	207	36	17
Estado da arte sobre a combinação das abordagens e impacto nas dimensões competitivas	Periódicos científicos nacionais e internacionais	Emerald	20	20	13
		Springer link	34	4	1
		Scopus	535	51	9
		Ebsco	252	21	2
		Scielo-BR	3	2	2
		Scielo-Internacional	0	0	0
		ScienceDirect	24	4	1
		Subtotal	868	102	28
	Dissertações e teses	IBTC	2	2	0
		UMI	3	2	0
		Subtotal	5	4	0
	Congressos nacionais	ENEGEP	20	12	10
		SIMPEP	8	6	5
		Subtotal	28	18	15
		TOTAL	901	124	43
	TOTAL GERAL	1602	228	87	

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

O horizonte de tempo pesquisado foi o período entre o limite inferior e o superior dos anos disponíveis em cada base de dados. A maioria das bases à exceção dos anais SIMPEP e ENEGEP onde o limite superior é o ano de 2010, para as demais bases de dados usou-se o ano de 2011. Exemplo: nas pesquisas nos anais do ENEGEP o limite inferior disponível é 1996 e o superior é 2010; já os anais SIMPEP possuem artigos de 1999 a 2010. Enquanto que nos periódicos o limite superior de busca é o ano vigente de 2011. As pesquisas realizadas na base IBCT, por exemplo, contempla dissertações e teses com uma amplitude temporal que tem

como limite inferior o ano de 1953 e o limite superior 2011. A síntese dos resultados da revisão bibliográfica está na Tabela 2.

O detalhamento do número de publicações por ano, em cada base de dados está apresentado no Apêndice I. Por ser de relativa importância para essa pesquisa a Tabela 3 detalha a evolução do número de publicações que discutem especificamente o uso entre TOC, *Lean* e Seis Sigma considerando todas as bases de dados pesquisadas com a palavra-chave pesquisada em inglês e em português no campo *abstract/resumo*. Verifica-se um número bem maior de publicações abordando *Lean* e Seis Sigma em relação às demais combinações.

Tabela 3 – Publicações específicas sobre TOC, *Lean* e Seis Sigma

Critérios de busca X Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
lean e seis sigma	1		1	1	3		6	5	29	60	70	73	72	134	123	121	36
lean e teoria das restrições				3	1	3	1	3	3	5	6	7	7	9	13	7	
teoria das restrições e seis sigma	1			1	1		1	3	1	3	4	3	3	2	7	3	
lean, seis sigma e teoria das restrições								2		2	1	1	3	1	3	3	

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Outra fonte relevante de coleta de dados se deu a partir do método *survey* com especialistas, em diversas etapas da pesquisa, conforme apresentado na Figura 30 do método de trabalho. Segundo Hair Jr. et al. (2005) *survey* é um procedimento para coleta de dados primários a partir de indivíduos. O objetivo das coletas de dados através do *survey* realizadas foram: (i) consolidar um conjunto de práticas que atualmente contemplam a TOC, o *Lean* e o Seis Sigma; (ii) coletar a opinião de especialistas sobre TOC, *Lean* e Seis Sigma à luz das dimensões competitivas; (iii) analisar criticamente o modelo proposto. Hair Jr. et al. (2005) afirma que os métodos de coleta de dados do *survey* recaem em duas categorias amplas: administração de questionário e entrevistas. Essa pesquisa adotou uma sequência de questionários eletrônicos em diferentes etapas do estudo, seguindo os seguintes critérios sugeridos em Hair Jr. et al. (2005): uso de linguagem simples, objetividade, evitar ambigüidade, evitar questões dominantes e questões múltiplas, análise da ordem das questões e do efeito global do contexto, mensuração e definição da escala, apresentação clara do questionário e suas instruções.

Na etapa 4 de Melhorias e definição do modelo da Figura 30, inicialmente, o conjunto de práticas extraídos de textos referência das abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma. Para TOC escolheu-se o estudo de Inman, Sale e Green Jr. (2008).

Para *Lean* adotou-se o estudo de Pettersen (2009) e para Seis Sigma usou-se o artigo de Mehrjerdi (2011). O conjunto de práticas apresentados por esses autores foram validadas a partir do envio de um *survey* com pergunta aberta (Apêndice A) para um grupo de sete especialistas internacionais reconhecidos como co-fundadores ou pesquisadores renomados em uma das abordagens. Logo, a amostra é relacionada dentro de cada grupo ou abordagem e independente (respondentes diferentes) ao se comparar os 3 grupos entre si. As respostas dos especialistas passou pela análise de conteúdo (BARDIN, 2002), outro método de coleta de dados classificado com uma abordagem observacional por Hair Jr. et al. (2005), os quais podem ser obtidos pela observação humana mecânica ou eletrônica. A observação eletrônica foi então a seguida nesse caso. Posteriormente, a partir da análise de conteúdo, as respostas dos especialistas foram analisadas e consolidadas (Apêndice B) e serviram como referência para o desenvolvimento do segundo questionário eletrônico que visa compreender a relação de impacto entre as práticas de cada abordagem e as cinco dimensões competitivas.

Esse segundo questionário, foi desenvolvido segundo os critérios sugeridos por Hair Jr. et al. (2005) e em seguida enviado inicialmente para um pequeno grupo de especialistas nacionais para realizar pré-teste e avaliar se os critérios de construção do questionário estavam coerentes, bem como apontar oportunidades de melhorias. Em seguida, após validar o questionário, enviou-se o *survey* (Apêndices C a H) para um amplo grupo de especialistas nacionais e internacionais sobre cada uma das abordagens. Para os especialistas nacionais, os critérios de escolha foram os seguintes e nessa ordem de prioridade quanto à decisão de envio do *survey* eletrônico: (i) pesquisador com artigo publicado em revista nacional com estrato B2 ou B3 conforme Área 13, Engenharias III da Capes. Se destacaram nesse caso autores com artigos publicados nas seguintes revistas e estratos: B2 (Gestão da Produção e Produção), B3 (Produção On Line e RAE); (ii) a partir da análise do currículo Lattes dos professores pesquisadores, dos cursos de Pós Graduação a nível de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção, foi possível identificar pesquisadores que conduzem ou conduziram nos últimos 5 anos projetos de pesquisa referentes ao tema ou orientaram dissertações e teses no tema; (iii) autores de teses e dissertações identificados na base de dados da IBICT.

Já para os especialistas internacionais, os critérios foram os seguintes e nessa ordem de prioridade: (i) autores dos artigos de periódicos internacionais com

estrato A1, A2, B1, B2 ou B3 conforme Área 13, Engenharias III da Capes, que haviam sido selecionados na revisão bibliográfica ou não. Nesse caso, via de regra, o perfil dos pesquisadores e do artigo possuía alta aderência a essa pesquisa; (ii) autores reconhecidos de livros considerados clássicos sobre os temas em debate; (iii) pesquisadores com maiores número de citações dentro dos artigos pesquisados e selecionados; (iv) pesquisadores que estão alocados a institutos reconhecidos e aderentes a essa pesquisa. Os pesquisadores da TOC escolhidos estão alocados ao Goldratt Institute e a Goldratt Brasil. Os pesquisadores em *Lean* escolhidos estão alocados ao *Lean Institute* e os pesquisadores em Seis Sigma estão alocados à ASQ (*American Society for Quality*).

Com essa sequência de sucessivas etapas de validação pretendeu-se atingir a validade necessária para a pesquisa. Para Hair et al. (2005) validade é o ponto até onde um construto mede o que deve medir. Um construto com validade perfeita não contém erros e mensuração e uma medida fácil de validade seria comprar mensurações observadas com a mensuração verdadeira, porém, é raro conhecer a mensuração verdadeira. E para avaliar a validade da mensuração, usou-se: validade de conteúdo ou *face validity*, validade de construto e validade de critério (HAIR JUNIOR et al., 2005). A validade de conteúdo em geral se dá pela consulta a uma pequena amostra de respondentes especialistas para julgar a adequação dos itens escolhidos para o construto. Nesse caso, por exemplo, buscou-se validade ao analisar as práticas (itens) com cada uma das três abordagens (construtos ou conceitos). Já a validade de construto avalia o que o construto ou escala está de fato medindo e sua avaliação é feita pelo entendimento da fundamentação teórica subjacente às medidas obtidas. E assim, a teoria é usada para explicar por que a escala funciona e como os resultados de sua aplicação podem ser interpretados (HAIR et al., 2005). A validade de construto foi observada nessa pesquisa das seguintes formas: (i) pela definição da escala ordinal de mensuração do *survey* final segundo os oito passos propostos por Hair et al. (2005); (ii) garantindo que a definição e nomenclatura das práticas do *survey* sejam claramente distintas entre si mantendo assim diferença entre os três construtos (três abordagens); (iii) pela clara definição conceitual de cada uma das cinco dimensões competitivas no *survey*, segundo Slack (2000); (iv) e pela verificação se o tamanho da amostra de respondentes garante a confiabilidade desejada a partir do teste Alfa de Cronbach.

Por outro lado, a análise estatística da coleta de dados das respostas dos especialistas, contempla o uso de algumas técnicas de análise e foi dividida em quatro etapas. Para operacionalizar todas as técnicas de análise de dados, essa pesquisa usou o *Software* SPSS (PASW Statistics 18). Na primeira etapa, a confiabilidade das respostas, nesse caso entende-se por confiabilidade o grau de consistência entre múltiplas medidas de uma variável, foi avaliada usando a estatística do Alfa de Cronbach (HAIR et al., 2009). Para pesquisas exploratórias, entende-se que um valor de Alfa de Cronbach acima de 0.6 atribui confiabilidade à amostra de dados (HAIR et al., 2009). O teste de Cronbach também permite avaliar o grau de compreensão de questionários. Nesse caso pode-se julgar que as questões foram compreendidas pelos respondentes se Cronbach é igual ou maior a 0.55 (CRONBACH, 1951). A estatística do Alfa de Cronbach é calculada pela Equação 1.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[\frac{\sigma_{\tau}^2 - \sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_{\tau}^2} \right] \quad (1)$$

Onde: K é número de itens; σ_i^2 é somatório da variância dos itens de cada coluna e σ_{τ}^2 é a variância da soma dos itens em cada linha.

Na segunda etapa fez-se a análise da preferência dos respondentes dentro de cada um dos três construtos (TOC, *Lean* e Seis Sigma) pela Prova de Wilcoxon e pela Prova de Friedman. Pretendeu-se assim identificar quais práticas são, a priori, prioritárias na implantação e na tomada de decisão gerencial, para se melhorar cada uma das dimensões competitivas tratando cada abordagem em separado. A Prova de Wilcoxon é adotada em escalas ordinais para comparar duas amostras relacionadas (SIEGEL, 1975). Assim, todas as práticas de cada abordagem, foram analisadas separadamente com cada uma das dimensões competitivas em análise pareadas ou duas-a-duas dentro de cada um dos três grupos. Segundo Siegel (1975) a Prova de Wilcoxon é extremamente útil para: (i) dizer qual membro de um par é maior do que o outro; (ii) dispor diferenças por ordem de seu valor absoluto. A estatística quando se faz a aproximação à distribuição Normal, é dada pela Equação

2. A hipótese H0 do teste é de que as duas amostras sejam iguais e H1 de que sejam diferentes.

$$Z = \frac{T_+ - \mu_{T_+}}{\sigma_{T_+}} = \frac{T_+ - \frac{N \cdot (N+1)}{4}}{\sqrt{\frac{N \cdot (N+1)(2N+1)}{24}}} \sim \mathbf{N}(0,1) \quad (2)$$

Onde: N é o número de amostras; μ_{T_+} representa a média e $\sigma_{T_+}^2$ a variância.

Complementarmente, usou-se a Prova de Friedman indicada segundo Siegel (1975) em escalas ordinais ou intervalares de dados, porém agora para comparar K amostras relacionadas. Pretendeu-se assim, identificar a relação de prioridade existente entre cada prática de cada abordagem com as cinco dimensões competitivas. Para Siegel (1975) a Prova de Friedman é útil quando se quer comprovar a hipótese de que as K amostras relacionadas provêm da mesma população. Uma das vantagens do teste é que a diferença total entre as K amostras é apresentada em forma de *ranking* conforme a significância dos dados dentro do grupo, o *ranking* da média de Friedman. A estatística da Prova de Friedman é dada pela Equação 3. A hipótese H0 do teste é de que as K amostras sejam iguais e H1 de que sejam diferentes.

$$\chi_r^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{i=1}^k R_i^2 - 3n(k+1) \quad (3)$$

Onde N é o número de linhas; k é o número de colunas; Ri é a soma dos postos na coluna i e $i = 1$ indica o somatório dos quadrados das somas de postos sobre todas as k condições;

Na terceira etapa da análise das respostas do *survey* fez-se a análise comparativa, agora sim entre os três grupos de respondentes (respondentes TOC, *Lean* e Seis Sigma). A análise foi feita para cada uma das dimensões competitivas em separado, porém verificando simultaneamente o conjunto de práticas das três abordagens. Dado que agora as amostras são consideradas independentes (diferentes respondentes para cada um dos três grupos) adotou-se a Prova de Kruskal-Wallis que conforme Siegel (1975) é indicada para análise ordinal de K amostras independentes. Para Siegel (1975) tal teste é útil na comparação de K

amostras independentes porque indica se há diferença entre pelo menos duas amostras. Uma das vantagens do teste é que a diferença total entre as médias dos grupos independentes é mostrada em forma de *ranking* conforme a significância dos dados. A hipótese H0 do teste é de que as K amostras independentes sejam iguais e H1 de que ao menos um grupo seja diferente dos demais. A estatística da Prova de Kruskal-Wallis é dada pela Equação 4. A hipótese H0 do teste é de que as K amostras sejam iguais e H1 de que sejam diferentes.

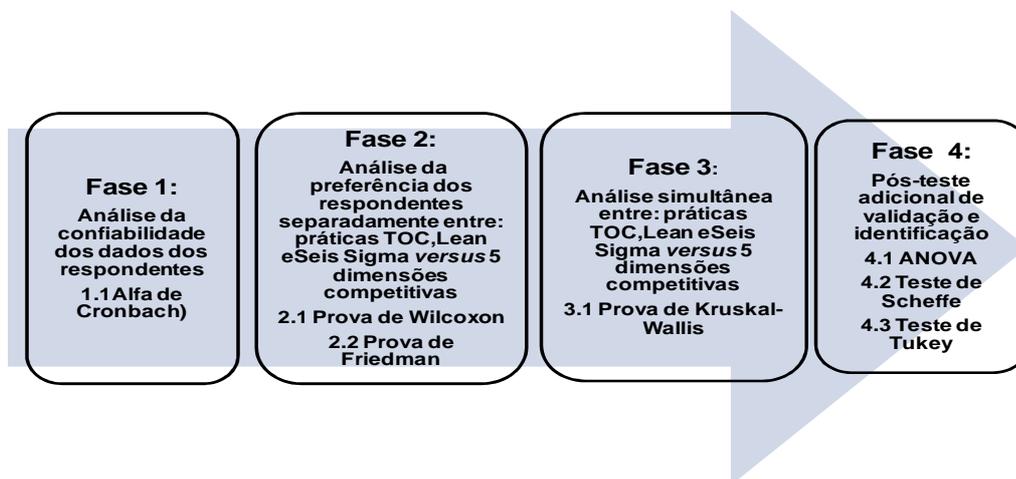
$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1) \quad (4)$$

Onde N é o número total de observações; k = número de tratamentos; nj é o número de observações no j-ésimo tratamento e Rj é a soma dos postos do j-ésimo tratamento.

A quarta etapa da análise estatística visou validar os resultados até então obtidos nas fases anteriores através de um pós-teste adicional de forma a obter maior confiabilidade nas análises comparativas dos indicadores e nas conclusões sugeridas nessa seção. Para tanto, adotou-se a ANOVA combinada com testes de acompanhamento. A importância dessa etapa de validação é corroborada pelo estudo de Reis e Ribeiro Júnior (2007) que apontou que o teste paramétrico F da ANOVA obteve resultados tão satisfatórios quanto os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Friedman, mesmo em caso que se distanciam da normalidade dos dados. Tais resultados são semelhantes aos de Feir e Toothaker (1974) que evidenciaram que o teste de Kruskal-Wallis é afetado pela diminuição da amostra e variância para baixas significâncias, enquanto que o teste F da ANOVA se adaptou melhor às diferentes situações. Dado que a ANOVA ou análise de variância é usada para avaliar se há diferenças estatísticas entre as médias de dois ou mais grupos, se faz necessário para essa pesquisa identificar em que relação (práticas de cada uma das três abordagens *versus* as 5 dimensões competitivas) essa diferença está localizada. Assim sendo, Hair et al. (2005) sugere usar alguns testes como acompanhamento da ANOVA para identificar a localização dessas diferenças significativas. Um dos testes mais conservadores para avaliar as diferenças significativas entre médias de grupo é o Scheffe e em contrapartida, os testes de Tukey e Duncan são amplamente usados nas pesquisas em *Management* (HAIR et

al, 2005). Finalmente, a Figura 32 traz a síntese dos procedimentos de análise quantitativa dos dados.

Figura 32 – Síntese da análise quantitativa dos dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Dadas as classificações dessa pesquisa apresentadas anteriormente, o Quadro 22, apresenta então a síntese do delineamento metodológico concluindo assim o capítulo 5. Ao estender a análise, talvez outras classificações poderiam ser realizadas, contudo, o esforço de pesquisa concentrou-se fundamentalmente, em atender à questão de pesquisa e ao método de trabalho conduzido.

Quadro 22 – Síntese do delineamento da pesquisa

Classificação	Delineamento da dissertação
Natureza	Aplicada
Abordagem	Qualitativa e Quantitativa
Objetivos	Exploratória Descritiva
Métodos de investigação	Bibliográfica <i>Design research</i>
Método científico	Hipotético-dedutivo
Técnicas de Coleta de dados qualitativas	Documental
Técnicas de Coleta de dados quantitativas	Survey Testes
Técnicas de Análise de dados qualitativas	Análise de conteúdo
Técnicas de Análise de dados quantitativas	Testes Paramétricos e Não-paramétricos: <ul style="list-style-type: none"> •Alpha de Cronbach •Prova de Wilcoxon •Prova de Friedman •Prova de Kruskal-Wallis •ANOVA •Teste de Scheffe •Teste de Tukey

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

6 DESENVOLVIMENTO

Tendo como base as discussões realizadas até então, esse capítulo apresenta as etapas do desenvolvimento e aperfeiçoamento do artefato proposto. Também são detalhadas as técnicas de coletas de dados e os resultados dessas análises, bem como o ponto de vista dos especialistas pesquisados.

6.1 CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO DAS PRÁTICAS TOC, *LEAN* E SEIS SIGMA

Seguindo como norte as etapas apresentadas na Figura 30 do método de trabalho, os textos de referência encontrados na revisão bibliográfica permitiram identificar o conjunto de práticas que compõe o escopo de cada abordagem discutida. Para TOC escolheu-se o estudo de Inman, Sale e Green Jr. (2008). Para *Lean* adotou-se o estudo de Pettersen (2009) e para Seis Sigma usou-se o artigo de Mehrjerdi (2011). Pettersen (2009) revisou os principais autores e textos *Lean* e encontrou conforme o Quadro 23, os seguintes percentuais de freqüências de ocorrências das práticas presentes em Ohno (1988), Shingo (1984), Monden (1998), Schonberger (1982), Feld (2001), Dennis (2002), Liker (2004), Bicheno (2004) e Womack e Jones (2003).

Quadro 23 – Práticas *Lean* segundo Pettersen (2009)

Termo Coletivo	Conjunto de práticas
Just in time practices (100%) Production leveling (heijunka)	Pull system (kanban)
	Takt production
	Process synchronization
Resource reduction (100%)	Small lot production
	Waste elimination
	Setup time reduction
	Lead time reduction
	Inventory reduction
Human relations management (78%)	Team organization
	Cross training
	Employee involvement
Improvement strategies (100%)	Improvement circles
	Continuous improvement (kaizen)
	Root cause analysis (5 why)
Defects control (100%)	Autonomation (jidoka)
	Failure prevention (poka yoke)
	100% inspection
	Line stop (andon)
Supply chain management (78%)	Value stream mapping/flowcharting
	Supplier involvement
Standardization (100%)	Housekeeping (5S)
	Standardized work
	Visual control and management
Scientific management (100%)	Policy deployment (hoshin kanri)
	Time/work studies
	Multi manning
	Work force reduction
	Layout adjustments
	Cellular manufacturing
Bundled techniques (56%, 67%) control (SQC)	Statistical quality
	TPM/preventive maintenance

Fonte: Pettersen (2009).

De forma a exemplificar, verifica-se que algumas discordâncias entre os autores quanto ao conjunto de práticas que formam o *Lean* foram encontradas, pois *Supply Chain Management* está presente em 78% dos textos revisados, controle estatístico da qualidade é discutido por 56% dos autores e o TPM em 67%. Tal fato demonstra a dificuldade de se definir todos os elementos que atualmente compõem o *Lean Manufacturing*. Assim sendo, as práticas resultantes da ampla revisão de Pettersen (2009) do Quadro 23, foram validadas a partir do envio de questionário eletrônico onde fez-se pergunta aberta (Apêndice A) para sete especialistas, segundo o Quadro 24, valendo-se dos seguintes critérios: (i) frequência de citações nos artigos da revisão bibliográfica; (ii) reconhecidos como relevantes autores *Lean* ou que conduzem atualmente pesquisas no tema.

Quadro 24 – Especialistas para validação das práticas

Objetivo	Especialista	Identificação	Perfil do especialista
Validar práticas do Lean	Daniel Jones	Especialista Internacional 1	Professor acadêmico, consultor e autor co-fundador
	John Shook	Especialista Internacional 2	Professor acadêmico, consultor e autor co-fundador
	Jeff Liker	Especialista Internacional 3	Professor acadêmico, consultor e autor
	Michael Ballé	Especialista Internacional 4	Professor acadêmico, consultor e autor
	Jose ferro	Especialista Nacional 5	Consultor e autor
	Roy Anderson	Especialista Internacional 6	Professor acadêmico e pesquisador
	Dario Ikuo Miyake	Especialista Nacional 7	Professor acadêmico e pesquisador
Validar práticas do Seis Sigma	Forrest Breyfogle	Especialista Internacional 1	Consultor e autor
	Gregory H. Watson	Especialista Internacional 2	Professor acadêmico, consultor e autor
	Tom Pyzdek	Especialista Internacional 3	Consultor e autor
	Douglas Montgomery	Especialista Internacional 4	Professor acadêmico, consultor e autor
	Mohamed Gamal Aboelmaged	Especialista Internacional 5	Consultor e autor
	Pande	Especialista Internacional 6	Consultor e autor
	Jiju Antony	Especialista Internacional 7	Professor acadêmico e pesquisador
Validar práticas da TOC	Jeff Cox	Especialista Internacional 1	Consultor e autor
	Robert Fox	Especialista Internacional 2	Consultor e autor
	Lisa Lang	Especialista Internacional 3	Consultor e autor
	Thomas Corbett	Especialista Internacional 4	Consultor e autor
	Amir Schragenheim	Especialista Internacional 5	Professor acadêmico, consultor e autor
	Thomas Corbett	Especialista Internacional 6	Professor acadêmico, consultor e autor
	Satya S. Chakravorty	Especialista Internacional 7	Consultor e autor

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

O resultado e opinião dos especialistas respondentes, está consolidada no Quadro 25 e as práticas resultantes que, apriori, formam atualmente o *Lean* foi consolidada (Apêndice B).

Quadro 25 – Validação com especialistas *Lean*

Especialista	Opinião do Especialista	Implicações nessa pesquisa
Michael Ballé (Professor acadêmico, consultor e autor Lean)	Afirmou que lista é ampla e nenhuma prática poderia faltar. Sugeriu distinguir entre ferramentas Kaizen (SMED, 5S) de práticas como nivelamento ou produção em pequenos lotes. Do ponto de vista gerencial, Caminhar no Gemba é uma prática essencial. Sugeriu adicionar Desenvolvimento de Produtos Lean, justificando que grande parte do sucesso da Toyota deve-se a ao Desenvolvimento de Produtos.	Todas as sugestões foram aplicadas na pesquisa. Importante ressaltar que Desenvolvimento de Produtos Lean não estava presente na relação de Pettersen (2009) e foi uma relevante contribuição.
Daniel Jones (Professor acadêmico, consultor e autor co-fundador Lean)	Essa é uma lista de ferramentas Lean para o ambiente de Produção. Mas ferramentas isoladas são insignificantes para melhorar gaps de performance de qualidade, entrega ou custo, que para Lean thinkers pode somente ser feito redesenhando o fluxo de valor responsável pela entrega desses resultados pobres. Uma vez que o problema do negócio foi identificado e o mapeado o estado atual e analisado as causas raízes, então pode-se propor uma série de contramedidas que irão usar as ferramentas certas para alcançar o resultado. Essa é razão porque ferramentas Lean são muito usadas no plano A3. Ao invés de usar as ferramentas em todo lugar deve-se usar onde são necessárias como máquinas críticas ao longo de caminhos críticos do sistema. Recomendou refletir duro sobre isso.	Conforme discutido anteriormente a identificação do problema do negócio parece ser mais eficaz sob a lógica do Processo de Pensamento da TOC devido a visão sistêmica e interdependência das relações e efeito-causa-efeito. A necessidade de priorizar as máquinas críticas ao longo de caminhos críticos é concordante com a visão da TOC de priorizar o gargalo. Já a visão do caminho crítico trouxe a seguinte reflexão: quais elementos da Corrente Crítica da TOC podem ser aplicados no ambiente produtivo?
Roy Anderson (Professor acadêmico, pesquisador Lean e consultor Lean)	Sugeriu excluir da lista inspeção 100%. Os demais estão OK.	Decidiu-se não foi excluir da relação pois está presente na maioria dos autores revisados em Pettersen (2009).
Dario Ikuo Miyake (Professor acadêmico e pesquisador Lean)	Afirmou que redução de lead time e de inventário não são ferramentas e sim princípios ou metas. Afirmou que: a) análise da causa raiz é diferente de 5 Por quês; b) parada de linha e andon não são sempre integrados; c) TPM é uma metodologia e Lean apenas usa alguns elementos do TPM; d) usar termos como Gerenciamento Científico e Multifuncionalidade não são apropriados; e) estudo de tempo e trabalho e poka yoke são itens específicos que numa estrutura hierárquica podem aparecer num nível mais baixo.	Diferenciou-se no survey análise de causa raiz. Manteve-se a integração entre parada de linha e Andon de acordo com o estudo de Pettersen (2009). Dado que TPM está em 67% dos autores revisados em Pettersen (2009), manteve-se TPM como um elemento Lean. Eliminou-se o termo gerenciamento científico e estudo de tempo/trabalho por considerar que está pulverizado dentro das práticas de Heijunka. Manteve-se poka yoke.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Para a validação das práticas Seis Sigma usou-se o artigo de Mehrjerdi (2011) que após revisar a literatura, considerou as seguintes práticas Seis Sigma, segundo Quadro 26.

Quadro 26 – Práticas Seis Sigma segundo Mehrjerdi (2011)

Autor	Práticas Seis Sigma
Mehrjerdi (2011)	Ciclo DMAIC
	Ciclo DMADV
	Controle Estatístico de Processos
	Análise de Capabilidade de Processos
	Análise do Sistema de Medição
	Projeto de Experimentos
	Projeto Robusto
	QFD
	FMEA
	Análise de Regressão
	Análise de média e variância
	Teste de hipóteses
	Mapeamento de Processos

Fonte: Mehrjerdi (2011).

Tais práticas do Quadro 26 revisadas por Mehrjerdi (2011), foram validadas pelo envio de questionário (Apêndice A) para especialistas reconhecidos, apresentados no Quadro 24, como relevantes autores e pesquisadores internacionais em Seis Sigma. O resultado e opinião dos especialistas respondentes, está no Quadro 27 e as práticas resultantes está apresentada no Apêndice B.

Quadro 27 – Validação com especialistas Seis Sigma

Especialista	Opinião do Especialista	Implicações nessa pesquisa
Forrest W. Breyfogle III (Consultor e autor em Seis Sigma)	Comentou que todas as práticas listadas fazem parte do Seis Sigma.	Manteve-se as práticas listadas pois a opinião validou o estudo de Mehrjerdi (2011).
Thomas Pyzdek (Professor acadêmico, consultor e autor em Seis Sigma)	Ponderou que Projeto Robusto e Teste de Hipóteses não são elementos principais do Seis Sigma. Citou que Projeto Robusto ou Método Taguchi é contemplado pelo Projeto de Experimentos e Testes de Hipóteses são cobridos pelo ensino de Intervalos de Confiança.	Projeto Robusto foi eliminado da relação e considerado como elemento do Projeto de Experimentos, como o Método Taguchi. Testes de Hipóteses foram mantidos na relação final porque não estão inseridos nas técnicas de apoio às etapas do DMAIC apresentadas no estudo de Mehrjerdi (2011).
Gregory H. Watson (Professor acadêmico, consultor e autor em Seis Sigma)	O autor relacionou uma série de técnicas de apoio para o DMAIC e para o DMADV. Algumas dessas técnicas convergem com as sugeridas em Mehrjerdi (2011).	Evidenciou-se divergências quanto as técnicas de apoio ao DMAIC e DMADV. Julgou-se ser extremamente difícil tratá-las individualmente e por isso essa pesquisa usa então DMAIC e DMADV amplo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A validação das práticas que formam atualmente a TOC se deu a partir de Inman, Sale e Green Jr. (2008) que consideram as práticas do Quadro 28.

Quadro 28 – Práticas TOC segundo Inman et al. (2008)

Autor	Práticas da TOC	
Inman et al. (2008)	Logística	5 etapas do Processo de Focalização
		Processo de Programação
		Tambor-Pulmão-Corda
		Gerenciamento de Buffer
		Análise VAT
	Sistema de Performance	Ganho, Inventário e Despesa Operacional
		Decisão do Mix de Produtos
		Ganho Dolar/dia e Inventário Dolar/dia
	Processo de Pensamento	Diagramas de Efeito-Causa-Efeito(ECE)
		Árvore da Realidade Atual
		Ramo Negativo
		Árvore da Realidade Futura
		Árvore dos Pré-requisitos
		Árvore de transição
Auditoria (ECE)		
Diagrama de nuvens		

Fonte: Inman, Sale e Green Jr. (2008).

As práticas do Quadro 28 foram validadas pelo envio de questionário (Apêndice A) para sete especialistas reconhecidos como relevantes autores e pesquisadores internacionais em TOC conforme Quadro 24. A opinião dos especialistas respondentes, está no Quadro 29 e o conjunto de práticas que formam a TOC pode então ser consolidado (Apêndice B).

Quadro 29 – Validação com especialistas TOC

Especialista	Opinião do Especialista	Implicações nessa pesquisa
James Holt (Professor acadêmico e consultor em TOC)	Citou que as principais ferramentas são: DBR e S-DBR, Corrente Crítica, Soluções de Distribuição e, Medidores financeiros, Marketing e Vendas (Mafia Offer conectadas com outras aplicações), Processo de Pensamento, Mix de Produto, análise IVAT, Planejamento Estratégico	Todas as práticas foram adotadas e inseridas no questionário.
Amir Schragenheim (Professor acadêmico, consultor e autor em TOC)	Citou que: a) no Processo de Planejamento, atualmente usa-se S-DBR, onde a restrição não é planejada e usa-se gerenciamento de buffer e a corda sozinhos. E a restrição é	Criou-se uma questão no questionário que contempla o Processo de Planejamento, onde DBR e S-DBR foram inseridos. Manteve-se Decisão de Mix de Produtos separado

	obtida pelo planejamento de carga; b) a Decisão de Mix de Produtos é obtida analisando T, I e OE e sugeriu incluir dentro da prática de Análise Financeira; c) sugeriu adicionar Gerenciamento de Buffer o qual é usado no DBR, S-DBR e na Corrente Crítica; d) sugeriu adicionar Gerenciamento Dinâmico de Buffer, que muda as quantidades de estoques baseado no balanço entre demanda e fornecimento, sendo parte da Distribuição puxada da TOC.	da prática de Análise Financeira. Também criou-se uma questão para a prática de Gerenciamento Dinâmico de Buffer.
Mahesh Gupta (Professor acadêmico pesquisador em TOC).	Sugeriu um artigo da TOC a ser lido.	A leitura do artigo não trouxe práticas diferentes das já usadas em Inman et al. (2008)
Lisa Lang (Professora acadêmica, consultora e autora em TOC)	Afirmou que Mafia Offer é parte do elemento Marketing da TOC. Citou que Gerenciamento Dinâmico de Buffer é parte de DBR, S-DBR e Corrente Crítica mas não pode ser feito individualmente.	Adicionou-se uma questão considerando ambos: Mafia Offer, Marketing e Vendas. Gerenciamento Dinâmico de Buffer foi mantido individualmente, sendo conservador então, devido a divergência de visão com Amir Schragenheim.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Após o conjunto de práticas estar validado e definido com tais especialistas, o *survey* final para TOC, *Lean* e Seis Sigma (Apêndices C a H) foi enviado para um conjunto maior de especialistas nacionais e internacionais seguindo os critérios quanto ao perfil dos respondentes caracterizado e descrito na seção 5.6. A Tabela 4 resume os resultados do *survey* e o Apêndice J caracteriza de forma mais detalhada o perfil de tal amostra.

Tabela 4 – Síntese do resultado do *survey*

Abordagem	Perfil da amostra	Amostra	Total	Respondentes	Total	% de resposta parcial	% de resposta final
TOC	Especialistas nacionais	32	146	11	22	34%	15%
	Especialistas internacionais	114		11		10%	
Lean	Especialistas nacionais	71	153	11	19	15%	12%
	Especialistas internacionais	82		8		10%	
Seis Sigma	Especialistas nacionais	80	158	11	14	14%	9%
	Especialistas internacionais	78		3		4%	

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA: RELAÇÕES DE PRIORIDADE ENTRE MELHORES PRÁTICAS E DIMENSÕES COMPETITIVAS

Seguindo as etapas da análise quantitativa de dados, consoante a Figura 32, na primeira etapa fez-se a análise da confiabilidade das respostas dos especialistas. Segundo Hair et al. (2009) o pesquisador deve ponderar ao realizar a análise de confiabilidade pelo Alfa de Cronbach, pois o teste tem relação positiva com o número de itens da escala. Para minimizar esse efeito fez-se análise separadamente para cada dimensão competitiva analisada. A análise da confiabilidade dos especialistas respondentes da TOC, *Lean* e Seis Sigma estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 5, 6 e 7. A estatística Alfa de Cronbach global das Tabelas 5, 6, 7 indica a confiabilidade das respostas para cada dimensão competitiva. Enquanto que, a coluna *Cronbach's Alpha if Item Deleted* indica qual seria o valor do Alfa de Cronbach global para a amostra, caso o respectivo conjunto de respostas da questão do *survey* fosse excluído da análise.

Tabela 5 – Análise de confiabilidade dos especialistas TOC

Alpha de Cronbach global =>	Qualidade				Velocidade				Entrega				Flexibilidade				Custo			
	.89				.69				.70				.61				.68			
Questão do Survey	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Q1	4.43	1.96	.44	.87	6.65	.59	.09	.69	6.63	.68	.10	.69	5.75	1.33	.23	.59	5.17	1.38	.27	.63
Q2	5.29	1.65	.31	.89	6.10	1.12	.18	.67	6.05	1.39	.23	.66	5.65	1.04	.18	.58	5.22	1.44	.28	.64
Q3	4.33	2.01	.46	.87	6.40	.88	.14	.67	6.53	.77	.12	.72	5.70	1.08	.19	.62	5.22	1.48	.28	.61
Q4	4.86	1.71	.35	.88	4.75	1.45	.30	.69	4.84	1.46	.30	.67	4.95	1.61	.32	.60	5.56	1.50	.27	.62
Q5	4.33	2.08	.48	.88	4.35	2.01	.46	.63	4.11	2.02	.49	.61	4.50	1.91	.42	.56	4.44	1.82	.41	.64
Q6	5.43	1.43	.26	.90	5.00	1.52	.30	.65	4.74	1.56	.33	.66	5.60	1.05	.19	.60	5.44	1.10	.20	.67
Q7	3.62	2.22	.61	.86	4.35	1.79	.41	.64	4.68	1.80	.38	.62	4.85	1.81	.37	.54	5.11	1.97	.38	.69
Q8	3.76	1.87	.50	.88	4.55	1.79	.39	.74	4.63	1.83	.40	.73	4.55	1.79	.39	.61	3.89	1.60	.41	.65
Q9	5.00	1.90	.38	.88	6.25	.97	.15	.68	6.37	.83	.13	.71	5.55	1.32	.24	.58	4.72	1.36	.29	.63
Q10	4.81	1.86	.39	.89	4.85	1.69	.35	.61	4.84	1.71	.35	.69	5.65	1.60	.28	.57	5.00	1.24	.25	.73

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Tabela 6 – Análise de confiabilidade dos especialistas *Lean*

Alpha de Cronbach global =>	Qualidade				Velocidade				Entrega				Flexibilidade				Custo			
	.86				.91				.90				.89				.89			
Questão do Survey	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Q1	3.65	2.23	.61	.85	6.11	1.78	.29	.90	6.00	1.54	.26	.91	4.59	2.45	.53	.87	5.71	1.57	.28	.90
Q2	3.35	2.21	.66	.84	5.44	1.92	.35	.91	4.71	1.96	.42	.91	5.18	1.51	.29	.87	6.35	.79	.12	.89
Q3	5.53	1.77	.32	.86	4.61	2.06	.45	.89	5.41	1.94	.36	.89	5.76	1.56	.27	.87	5.41	1.50	.28	.89
Q4	5.94	1.60	.27	.86	5.22	1.66	.32	.90	5.00	2.32	.46	.89	5.35	1.97	.37	.86	5.82	1.47	.25	.87
Q5	6.53	.80	.12	.87	4.44	2.01	.45	.91	5.65	1.77	.31	.90	4.12	1.76	.43	.90	6.06	1.82	.30	.87
Q6	4.53	1.81	.40	.85	5.72	1.18	.21	.91	5.76	1.15	.20	.90	5.59	1.58	.28	.89	5.53	1.18	.21	.88
Q7	5.65	1.73	.31	.87	4.89	1.94	.40	.89	4.94	2.01	.41	.89	4.59	1.73	.38	.87	5.82	1.42	.24	.87
Q8	4.18	2.13	.51	.84	4.39	1.91	.44	.90	4.47	2.07	.46	.89	4.88	2.29	.47	.86	4.76	1.82	.38	.87
Q9	5.47	1.81	.33	.85	4.00	1.78	.45	.91	4.65	2.00	.43	.90	5.47	1.70	.31	.88	5.29	1.26	.24	.88
Q10	4.65	2.26	.49	.85	5.22	1.83	.35	.90	5.41	1.97	.36	.89	4.47	1.91	.43	.86	5.00	1.97	.39	.88
Q11	3.65	2.45	.67	.84	5.67	1.57	.28	.90	4.82	1.74	.36	.89	5.94	1.25	.21	.91	4.88	2.06	.42	.88
Q12	4.35	1.69	.39	.84	5.94	1.73	.29	.90	5.35	1.77	.33	.90	5.71	1.49	.26	.87	5.53	1.70	.31	.87

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Tabela 7 – Análise de confiabilidade dos especialistas Seis Sigma

Alpha de Cronbach global =>	Qualidade				Velocidade				Entrega				Flexibilidade				Custo			
	0.88				0.94				0.92				0.93				0.90			
Questão do Survey	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Q1	6.18	1.17	.19	0.89	4.82	1.40	.29	0.93	5.73	1.01	.18	0.91	4.91	1.51	.31	0.93	6.36	1.03	.16	.90
Q2	5.73	1.10	.19	0.88	5.18	1.17	.23	0.93	4.91	1.45	.29	0.92	4.27	1.85	.43	0.92	6.09	1.04	.17	.89
Q3	5.27	1.19	.23	0.86	4.73	1.35	.29	0.93	5.18	1.47	.28	0.91	4.55	1.97	.43	0.92	6.18	.98	.16	.91
Q4	5.45	1.29	.24	0.86	5.00	1.18	.24	0.93	5.09	1.22	.24	0.92	4.82	1.66	.35	0.93	6.00	1.00	.17	.89
Q5	5.64	1.21	.21	0.86	5.00	1.26	.25	0.93	4.91	1.76	.36	0.92	4.18	1.72	.41	0.92	5.82	1.08	.19	.88
Q6	5.55	.82	.15	0.88	4.64	1.29	.28	0.93	4.64	1.63	.35	0.90	4.64	1.69	.36	0.93	5.73	1.42	.25	.88
Q7	5.64	1.12	.20	0.89	4.73	1.56	.33	0.93	4.64	1.91	.41	0.91	4.73	1.42	.30	0.93	5.91	1.22	.21	.90
Q8	5.73	1.01	.18	0.87	5.09	.70	.14	0.93	5.55	1.29	.23	0.92	4.55	1.29	.28	0.93	6.09	1.04	.17	.89
Q9	4.27	1.27	.30	0.86	3.82	1.33	.35	0.93	3.82	2.04	.53	0.90	3.55	1.63	.46	0.92	4.91	1.51	.31	.89
Q10	4.64	1.50	.32	0.87	4.18	1.66	.40	0.93	3.82	1.94	.51	0.90	3.91	1.70	.43	0.93	5.27	1.27	.24	.88
Q11	5.00	1.55	.31	0.86	3.64	1.50	.41	0.92	4.27	2.05	.48	0.91	3.45	1.81	.52	0.92	4.73	1.56	.33	.88
Q12	5.55	1.75	.32	0.88	5.36	1.69	.31	0.94	4.73	2.10	.44	0.93	5.36	1.91	.36	0.93	6.00	.63	.11	.89

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Na segunda etapa fez-se análise da preferência dos respondentes separadamente entre: práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma *versus* cada uma das cinco dimensões competitivas. Objetivou-se identificar quais práticas são a priori, prioritárias na implantação para se melhorar cada uma das cinco dimensões competitivas. Assim, aplicou-se primeiro a Prova de Wilcoxon aos pares para identificar a diferença pareada e depois validar esses resultados com os resultados da prova de Friedman. Considerou significância de 95% para todas as subsequentes análises e interpretação de resultados, nas Tabelas de 8 a 36.

A Tabela 8 indica os resultados da análise para os respondentes TOC para a Prova de Wilcoxon e a Tabela 9 para a Prova de Friedman.

Tabela 8 – Análise dos especialistas TOC

Prova de Wilcoxon - TOC					
Análise pareada de Wilcoxon	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	Análise pareada de Wilcoxon	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
q1_Velocidade - q1_Qualidade	-3.525 ^a	.000	q6_Velocidade - q6_Qualidade	-1.113 ^b	.266
q1_Entrega - q1_Qualidade	-3.292 ^a	.001	q6_Entrega - q6_Qualidade	-1.797 ^b	.072
q1_Flexibilidade - q1_Qualidade	-2.342 ^a	.019	q6_Flexibilidade - q6_Qualidade	-.403 ^a	.687
q1_Custo - q1_Qualidade	-1.584 ^a	.113	q6_Custo - q6_Qualidade	-.721 ^b	.471
q2_Entrega - q2_Qualidade	-2.062 ^a	.039	q7_Velocidade - q7_Qualidade	-2.037 ^a	.042
q2_Flexibilidade - q2_Qualidade	-2.358 ^a	.018	q7_Entrega - q7_Qualidade	-2.006 ^a	.045
q2_Custo - q2_Qualidade	-.989 ^a	.323	q7_Flexibilidade - q7_Qualidade	-2.429 ^a	.015
q3_Velocidade - q3_Qualidade	-.079 ^a	.937	q7_Custo - q7_Qualidade	-2.776 ^a	.006
q3_Entrega - q3_Qualidade	-3.764 ^a	.000	q8_Velocidade - q8_Qualidade	-1.399 ^a	.162
q3_Flexibilidade - q3_Qualidade	-3.765 ^a	.000	q8_Entrega - q8_Qualidade	-1.564 ^a	.118
q3_Custo - q3_Qualidade	-2.898 ^a	.004	q8_Flexibilidade - q8_Qualidade	-1.196 ^a	.232
q4_Velocidade - q4_Qualidade	-1.757 ^a	.079	q8_Custo - q8_Qualidade	-.381 ^a	.703
q4_Entrega - q4_Qualidade	-.322 ^b	.747	q9_Velocidade - q9_Qualidade	-2.131 ^a	.033
q4_Flexibilidade - q4_Qualidade	-.446 ^b	.655	q9_Entrega - q9_Qualidade	-2.469 ^a	.014
q4_Custo - q4_Qualidade	-.293 ^a	.769	q9_Flexibilidade - q9_Qualidade	-.941 ^a	.347
q5_Velocidade - q5_Qualidade	-2.232 ^a	.026	q9_Custo - q9_Qualidade	-.335 ^b	.738
q5_Entrega - q5_Qualidade	-.371 ^a	.711	q10_Velocidade - q10_Qualidade	-.517 ^a	.605
q5_Flexibilidade - q5_Qualidade	-.647 ^b	.518	q10_Entrega - q10_Qualidade	-.345 ^a	.730
q5_Custo - q5_Qualidade	-.131 ^a	.896	q10_Flexibilidade - q10_Velocidade	-1.760 ^a	.078
	-.087 ^b	.931	q10_Custo - q10_Velocidade	-.248 ^a	.804

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Os resultados de significância destacados na Tabela 8 indicam onde existe diferença significativa pareada segundo a Prova de Wilcoxon. Ou seja, a partir da diferença das médias dos respondentes, já vistas na Tabela 5, a conclusão parcial é feita da seguinte forma, a exemplificar: a prática associada à questão 1 (*1.Scheduling process - DBR & S-DBR*), segundo os respondentes, tem maior impacto na dimensão Velocidade em relação à dimensão Qualidade, dado a significância associada de 0.000 e a média das respostas da dimensão Velocidade (6.65) ser maior em relação à Qualidade (4.43), segundo Tabela 5. Essa lógica de análise se aplica às análises pareadas de Wilcoxon feitas aqui para a TOC (Tabela

8), *Lean* (Tabela 11) e Seis Sigma (Tabela 14). Avançando na análise, é possível parcialmente afirmar que: a prática associada à Questão 1 (*1.Scheduling process - DBR & S-DBR*) tem maior potencial de desempenho para as dimensões Velocidade, Entrega e Flexibilidade em relação à dimensão Qualidade; a prática associada à Questão 2 (*2.Critical Chain Project Management*), é prioritária para a dimensão Entrega em detrimento da Qualidade; a prática associada à Questão 3 (*3.TOC Replenishment for Distribution*) é prioritária para a dimensão Velocidade, Entrega e Flexibilidade frente à Qualidade; a prática associada à Questão 4 (*4.Finance and Measurements*) é prioritária para a dimensão Custo em relação à Qualidade; a prática associada à Questão 7 (*7.Product mix decision - T, I and OE analysis*) é prioritária para as dimensões Velocidade, Entrega, Flexibilidade e Custo; e a prática associada à Questão 9 (*9.Dynamic Buffer Management*) é prioritária para a dimensão Velocidade e Entrega ao invés de priorizar a Qualidade. Conclui-se então que, segundo os respondentes, as práticas relacionadas às Questões 1, 3, 7 e 9 impactam de forma similar nas mesmas dimensões, o que será validado pela Prova de Friedman.

A partir do *ranking* da média da Prova de Friedman e das significâncias mostradas na Tabela 9 é possível definir uma hierarquia de prioridade após feita a análise pareada da Prova de Wilcoxon. De forma a exemplificar, a análise dos resultados da Tabela 9 é feita da seguinte maneira: a prática associada à Questão 1 (*1.Scheduling process - DBR & S-DBR*), de significância 0.000, deve ser adotada em primeiro lugar para melhorar a dimensão Velocidade, em segundo lugar para melhorar a Entrega, em terceiro lugar para Flexibilidade, em quarto lugar para Custo e em quinto lugar para melhorar a Qualidade. Essa conclusão parcial deve ser feita apenas para os itens destacados da Tabela 9 cuja significância é inferior à 0.05, ou seja, as médias são significativamente diferentes no *ranking* da Prova de Friedman.

Tabela 9 – Análise dos especialistas TOC

Prova de Friedman - TOC					
Questão do Survey	Prática associada	Dimensão competitiva	Média do Rank de Friedman	Chi-quadrado	Significância
1	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	q1_Velocidade q1_Entrega q1_Flexibilidade q1_Custo q1_Qualidade	3.86 3.79 2.98 2.36 2.02	28.63	0.000
2	2.Critical Chain Project Management	q2_Velocidade q2_Entrega q2_Flexibilidade q2_Qualidade q2_Custo	3.50 3.45 2.93 2.73 2.40	10.288	0.036
3	3.TOC Replenishment for Distribution	q3_Entrega q3_Velocidade q3_Flexibilidade q3_Custo q3_Qualidade	4.05 3.90 2.90 2.48 1.68	41.078	0.000
4	4.Finance and Measurements	q4_Custo q4_Flexibilidade q4_Qualidade q4_Velocidade q4_Entrega	3.73 3.00 2.83 2.73 2.73	7.780	0.100
5	5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)	q5_Qualidade q5_Flexibilidade q5_Velocidade q5_Custo q5_Entrega	3.21 3.17 3.07 2.88 2.67	2.400	0.663
6	6.TOC Thinking Process	q6_Qualidade q6_Flexibilidade q6_Custo q6_Velocidade q6_Entrega	3.43 3.28 3.00 2.83 2.48	6.742	0.150
7	7.Product mix decision (T,I and OE analysis)	q7_Custo q7_Flexibilidade q7_Entrega q7_Velocidade q7_Qualidade	3.48 3.17 3.07 2.88 2.40	7.266	0.123
8	8.I-V-A-T Analysis	q8_Entrega q8_Velocidade q8_Qualidade q8_Flexibilidade q8_Custo	3.33 3.19 2.94 2.92 2.61	2.967	0.563
9	9.Dynamic Buffer Management	q9_Entrega q9_Velocidade q9_Flexibilidade q9_Qualidade q9_Custo	3.67 3.55 2.81 2.62 2.36	14.625	0.006
10	10.Strategic Planning	q10_Flexibilidade q10_Custo q10_Qualidade q10_Velocidade q10_Entrega	3.38 2.98 2.93 2.88 2.85	2.234	0.693

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Assim sendo, a síntese dos resultados quanto à prioridade de implantação das práticas da TOC para melhorar o desempenho das dimensões competitivas é mostrado na Tabela 10. Onde o *ranking* de Friedman define de forma hierárquica a prioridade que, a priori, segundo o ponto de vista dos especialistas, deve ser dada na implantação de cada uma das práticas.

Tabela 10 – Síntese: prioridades das práticas TOC x dimensão competitiva

Dimensão	Prática	Rank de Friedman
Entrega	3.TOC Replenishment for Distribution	4.05
Velocidade	3.TOC Replenishment for Distribution	3.90
Velocidade	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	3.86
Entrega	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	3.79
Entrega	9.Dynamic Buffer Management	3.67
Velocidade	9.Dynamic Buffer Management	3.55
Velocidade	2.Critical Chain Project Management	3.50
Entrega	2.Critical Chain Project Management	3.45
Flexibilidade	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	2.98
Flexibilidade	2.Critical Chain Project Management	2.93
Flexibilidade	3.TOC Replenishment for Distribution	2.90
Flexibilidade	9.Dynamic Buffer Management	2.81
Qualidade	2.Critical Chain Project Management	2.73
Qualidade	9.Dynamic Buffer Management	2.62
Custo	3.TOC Replenishment for Distribution	2.48
Custo	2.Critical Chain Project Management	2.40
Custo	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	2.36
Custo	9.Dynamic Buffer Management	2.36
Qualidade	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	2.02
Qualidade	3.TOC Replenishment for Distribution	1.68

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Dado que o *ranking* da média de Friedman mostra em ordem decrescente a diferença total entre as práticas relacionadas, a análise da Tabela 10, a partir dos maiores valor de média, permite genericamente apontar que as principais dimensões competitivas alavancadas pela TOC são Entrega e Velocidade. Em contrapartida, há uma baixa relação com a dimensão Qualidade, o que parece lógico, dado que a TOC não possui práticas específicas para esse tema.

Já a análise dos resultados das práticas *Lean* é apresentada na Tabela 11 e 12, respectivamente, para a Prova de Wilcoxon e de Friedman. Os resultados de significância destacados na Tabela 11 indicam onde existe diferença significativa segundo a Prova de Wilcoxon. Ou seja, a partir da diferença das médias dos respondentes da Tabela 6, a conclusão parcial é feita da seguinte forma: a prática associada à Questão 1 (*1. Just in time practices - Heijunka, Pull system, Takted*

production, Process synchronization) tem maior impacto na dimensão Velocidade em relação à dimensão Qualidade, dado que a significância associada foi de 0.008 e a média das respostas da dimensão Velocidade (6.11) é maior em relação à Qualidade (3.65), segundo Tabela 6. É possível então constatar parcialmente que: a prática associada à Questão 1 é prioritária para as dimensões Velocidade e Entrega; a prática associada à Questão 2 (*2.Inventory reduction - Small lot production, Inventory reduction*) é prioritária para as dimensões Velocidade, Entrega, Flexibilidade e Custo em detrimento à Qualidade; a prática associada à Questão 3 (*3.Human relations management-Gemba Walk, Team organization, Cross training Employee involvement*) é prioritária para a dimensão Velocidade frente à Qualidade; a prática associada à Questão 4 (*4.Improvement strategies- Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause*) e Questão 5 (*5.Defects control- Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon, Statistical Quality Control*) são prioritárias para a dimensão Qualidade em relação à Velocidade, Entrega e Flexibilidade; na prática associada à Questão 6 (*6.Lean Supply Chain Management- Value stream mapping/flowcharting, Supplier involvement*) as dimensões Velocidade, Entrega, Flexibilidade e Custo são prioritárias em relação à Qualidade; a prática associada à Questão 7 (*7.Standardization- Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management*) e Questão 9 (*9.Product management- Product Development Lean*) são prioritárias para a dimensão Qualidade frente à Velocidade; a prática associada à Questão 11 (*11.SMED*) e 12 (*12.Flow improvements-Waste elimination, Lead time reduction*) são prioritárias para as dimensões Velocidade, Entrega, Flexibilidade e Custo.

Tabela 11 – Análise dos especialistas *Lean*

Prova de Wilcoxon - Lean					
Análise pareada de Wilcoxon	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	Análise pareada de Wilcoxon	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
q1_Velocidade - q1_Qualidade	-2.645	.008	q7_Velocidade - q7_Qualidade	-1.891	.059
q1_Entrega - q1_Qualidade	-2.877	.004	q7_Entrega - q7_Qualidade	-1.309	.190
q1_Flexibilidade - q1_Qualidade	-1.803	.071	q7_Flexibilidade - q7_Qualidade	-2.327	.020
q1_Custo - q1_Qualidade	-2.951	.003	q7_Custo - q7_Qualidade	-1.700	.484
q2_Velocidade - q2_Qualidade	-2.684	.007	q8_Velocidade - q8_Qualidade	-.040	.968
q2_Entrega - q2_Qualidade	-2.144	.032	q8_Entrega - q8_Qualidade	-.543	.587
q2_Flexibilidade - q2_Qualidade	-2.072	.038	q8_Flexibilidade - q8_Qualidade	-.953	.341
q2_Custo - q2_Qualidade	-3.543	.000	q8_Custo - q8_Qualidade	-.675	.500
q3_Velocidade - q3_Qualidade	-2.113	.035	q9_Velocidade - q9_Qualidade	-2.364	.018
q3_Entrega - q3_Qualidade	-.303	.762	q9_Entrega - q9_Qualidade	-1.799	.072
q3_Flexibilidade - q3_Qualidade	-.104	.917	q9_Flexibilidade - q9_Qualidade	-1.027	.304
q3_Custo - q3_Qualidade	-.418	.676	q9_Custo - q9_Qualidade	-1.052	.293
q4_Velocidade - q4_Qualidade	-2.025	.043	q10_Velocidade - q10_Qualidade	-1.311	.190
q4_Entrega - q4_Qualidade	-2.006	.045	q10_Entrega - q10_Qualidade	-1.509	.131
q4_Flexibilidade - q4_Qualidade	-1.872	.061	q10_Flexibilidade - q10_Qualidade	-.607	.544
q4_Custo - q4_Qualidade	-.135	.892	q10_Custo - q10_Qualidade	-.674	.500
q5_Velocidade - q5_Qualidade	-3.220	.001	q11_Velocidade - q11_Qualidade	-3.070	.002
q5_Entrega - q5_Qualidade	-2.031	.042	q11_Entrega - q11_Qualidade	-2.295	.022
q5_Flexibilidade - q5_Qualidade	-3.410	.001	q11_Flexibilidade - q11_Qualidade	-2.710	.007
q5_Custo - q5_Qualidade	-.545	.586	q11_Custo - q11_Qualidade	-1.993	.046
q6_Velocidade - q6_Qualidade	-2.583	.010	q12_Velocidade - q12_Qualidade	-2.880	.004
q6_Entrega - q6_Qualidade	-2.441	.015	q12_Entrega - q12_Qualidade	-2.097	.036
q6_Flexibilidade - q6_Qualidade	-1.950	.051	q12_Flexibilidade - q12_Qualidade	-2.633	.008
q6_Custo - q6_Qualidade	-2.275	.023	q12_Custo - q12_Qualidade	-2.708	.007

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Segundo o *ranking* da média da Prova de Friedman da Tabela 12 é possível definir uma lógica de hierarquia quanto às prioridades. Exemplificando: a prática associada à Questão 1 de significância 0.000, deve ser prioridade para se melhorar em primeiro lugar a dimensão Velocidade, em segundo lugar a dimensão Entrega, em terceiro lugar a dimensão Custo e assim por diante. Essa conclusão parcial deve ser atribuída para todos os itens destacados da Tabela 12 cuja significância é inferior à 0.05.

Tabela 12 – Análise dos especialistas *Lean*

Prova de Friedman - Lean					
Questão do Survey	Prática associada	Dimensão competitiva	Média do Rank de Friedman	Chi-quadrado	Significância
1	1. Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	q1_Velocidade q1_Entrega q1_Custo q1_Flexibilidade q1_Qualidade	4.00 3.59 3.13 2.47 1.81	25.274	0.000
2	2. Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	q2_Custo q2_Velocidade q2_Flexibilidade q2_Entrega q2_Qualidade	4.13 3.53 2.75 2.72 1.88	25.000	0.000
3	3. Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	q3_Qualidade q3_Flexibilidade q3_Entrega q3_Custo q3_Velocidade	3.26 3.26 3.21 3.05 2.21	9.857	0.043
4	4. Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)	q4_Qualidade q4_Custo q4_Flexibilidade q4_Entrega q4_Velocidade	3.69 3.58 2.83 2.58 2.31	18.951	0.001
5	5. Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon, Statistical Quality Control)	q5_Qualidade q5_Custo q5_Entrega q5_Velocidade q5_Flexibilidade	3.97 3.94 3.26 2.24 1.59	35.438	0.000
6	6. Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	q6_Entrega q6_Velocidade q6_Flexibilidade q6_Custo q6_Qualidade	3.71 3.21 3.09 2.82 2.18	11.632	0.020
7	7. Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)	q7_Qualidade q7_Custo q7_Entrega q7_Velocidade q7_Flexibilidade	3.75 3.64 2.78 2.58 2.25	15.972	0.003
8	8. Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)	q8_Flexibilidade q8_Custo q8_Entrega q8_Qualidade q8_Velocidade	3.50 3.31 2.94 2.75 2.50	8.291	0.081
9	9. Product management (Product Development Lean)	q9_Qualidade q9_Custo q9_Flexibilidade q9_Entrega q9_Velocidade	3.71 3.24 3.12 2.50 2.44	8.707	0.069
10	10. TPM (Total Productive Maintenance)	q10_Entrega q10_Velocidade q10_Custo q10_Qualidade q10_Flexibilidade	3.69 3.39 2.89 2.67 2.36	11.311	0.023
11	11. SMED	q11_Velocidade q11_Flexibilidade q11_Entrega q11_Custo q11_Qualidade	3.74 3.59 2.97 2.79 1.91	18.104	0.001
12	12. Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)	q12_Velocidade q12_Entrega q12_Flexibilidade q12_Custo q12_Qualidade	3.94 3.21 3.06 2.91 1.88	19.612	0.001

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Após os resultados da Prova de Wilcoxon e Friedman a síntese dos resultados quanto à prioridade de implantação das práticas *Lean* para melhorar o desempenho das dimensões competitivas é mostrado na Tabela 13. Onde o *ranking* de Friedman, de significância inferior à 0.05, define de forma hierárquica a prioridade que deve ser dada na implantação de cada uma das práticas analisadas individualmente com Wilcoxon.

Tabela 13 – Síntese: prioridades das práticas *Lean* x dimensão competitiva

Dimensão	Prática	Rank de Friedman
Custo	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	4.13
Velocidade	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	4.00
Qualidade	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	3.97
Custo	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	3.94
Velocidade	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)	3.94
Qualidade	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)	3.75
Velocidade	11.SMED	3.74
Entrega	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	3.71
Qualidade	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)	3.69
Entrega	10.TPM (Total Productive Maintenance)	3.69
Custo	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)	3.64
Entrega	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	3.59
Flexibilidade	11.SMED	3.59
Custo	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)	3.58
Velocidade	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	3.53
Velocidade	10.TPM (Total Productive Maintenance)	3.39
Entrega	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	3.26
Qualidade	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	3.26
Flexibilidade	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	3.26
Entrega	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	3.21
Velocidade	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	3.21
Entrega	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)	3.21
Custo	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	3.13
Flexibilidade	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	3.09
Flexibilidade	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)	3.06
Custo	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	3.05
Entrega	11.SMED	2.97
Custo	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)	2.91
Custo	10.TPM (Total Productive Maintenance)	2.89
Flexibilidade	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)	2.83
Custo	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	2.82
Custo	11.SMED	2.79
Entrega	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)	2.78
Flexibilidade	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	2.75
Entrega	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	2.72
Qualidade	10.TPM (Total Productive Maintenance)	2.67
Entrega	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)	2.58
Velocidade	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)	2.58
Flexibilidade	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	2.47
Flexibilidade	10.TPM (Total Productive Maintenance)	2.36
Velocidade	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)	2.31
Flexibilidade	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)	2.25
Velocidade	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	2.24
Velocidade	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	2.21
Qualidade	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	2.18
Qualidade	11.SMED	1.91
Qualidade	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)	1.88
Qualidade	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	1.88
Qualidade	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	1.81
Flexibilidade	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	1.59

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise da Tabela 13, resultante da visão dos especialistas, permite genericamente evidenciar que: a partir dos maiores valor de média, o *Lean* contribui com as cinco dimensões competitivas consideradas. Ou seja: Qualidade, Velocidade, Flexibilidade, Entrega e Custo. Tal análise emerge, na medida em que, os maiores valores do *ranking* de média das práticas não evidenciam predominância de ocorrência dentre os maiores valores tabelados no *ranking*.

Já a Tabela 14 indica os resultados da análise para os especialistas em Seis Sigma pela Prova de Wilcoxon e a Tabela 15 pela Prova de Friedman.

Tabela 14 – Análise dos especialistas Seis Sigma

Prova de Wilcoxon - Seis Sigma					
Análise pareada de Wilcoxon	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	Análise pareada de Wilcoxon	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
q1_Velocidade - q1_Qualidade	-2.178	.029	q7_Velocidade - q7_Qualidade	-1.735	.083
q1_Entrega - q1_Qualidade	-.722	.470	q7_Entrega - q7_Qualidade	-1.983	.047
q1_Flexibilidade - q1_Qualidade	-1.970	.049	q7_Flexibilidade - q7_Qualidade	-1.552	.121
q1_Custo - q1_Qualidade	-.816	.414	q7_Custo - q7_Velocidade	-1.992	.046
q2_Velocidade - q2_Qualidade	-2.157	.031	q8_Velocidade - q8_Qualidade	-1.723	.085
q2_Entrega - q2_Qualidade	-1.889	.059	q8_Entrega - q8_Qualidade	-.425	.671
q2_Flexibilidade - q2_Qualidade	-2.431	.015	q8_Flexibilidade - q8_Qualidade	-1.845	.065
q2_Custo - q2_Qualidade	-.378	.705	q8_Custo - q8_Qualidade	-1.190	.234
q3_Velocidade - q3_Qualidade	-2.264	.024	q9_Velocidade - q9_Qualidade	-.638	.524
q3_Entrega - q3_Qualidade	-.707	.480	q9_Entrega - q9_Qualidade	-.566	.571
q3_Flexibilidade - q3_Qualidade	-1.271	.204	q9_Flexibilidade - q9_Qualidade	-1.020	.308
q3_Custo - q3_Qualidade	-2.828	.005	q9_Custo - q9_Qualidade	-1.310	.190
q4_Velocidade - q4_Qualidade	-.997	.319	q10_Velocidade - q10_Qualidade	-.979	.327
q4_Entrega - q4_Qualidade	-.676	.499	q10_Entrega - q10_Qualidade	-.933	.351
q4_Flexibilidade - q4_Qualidade	-.777	.437	q10_Flexibilidade - q10_Qualidade	-1.204	.229
q4_Custo - q4_Qualidade	-.791	.429	q10_Custo - q10_Qualidade	-.857	.392
q5_Velocidade - q5_Qualidade	-1.725	.084	q11_Velocidade - q11_Qualidade	-2.754	.006
q5_Entrega - q5_Qualidade	-1.513	.130	q11_Entrega - q11_Qualidade	-1.035	.301
q5_Flexibilidade - q5_Qualidade	-2.007	.045	q11_Flexibilidade - q11_Qualidade	-2.036	.042
q5_Custo - q5_Qualidade	-.722	.470	q11_Custo - q11_Qualidade	-1.112	.266
q6_Velocidade - q6_Qualidade	-2.209	.027	q12_Velocidade - q12_Qualidade	-.264	.792
q6_Entrega - q6_Qualidade	-1.710	.087	q12_Entrega - q12_Qualidade	-1.725	.084
q6_Flexibilidade - q6_Qualidade	-1.679	.093	q12_Flexibilidade - q12_Qualidade	-.680	.496
q6_Custo - q6_Qualidade	-.491	.623	q12_Custo - q12_Qualidade	.000	1.000

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Similar às análises anteriores, os resultados destacados na Tabela 14 indicam onde existe diferença significativa segundo a Prova de Wilcoxon e qual dimensão competitiva é mais impactada pela respectiva prática associada em cada questão. O *ranking* da Prova de Friedman da Tabela 15 indica igualmente uma lógica de hierarquia quanto à prioridade de cada prática em relação às dimensões.

Tabela 15 – Análise dos especialistas Seis Sigma

Prova de Friedman - Seis Sigma					
Questão do Survey	Prática associada	Dimensão competitiva	Média do Rank de Friedman	Chi-quadrado	Significância
1	1.Cicle DMAIC	q1_Custo	3.65	12.29	0.015
		q1_Qualidade	3.42		
		q1_Entrega	3.27		
		q1_Flexibilidade	2.50		
		q1_Velocidade	2.15		
2	2.Statistical process control	q2_Custo	3.92	14.57	.006
		q2_Qualidade	3.65		
		q2_Entrega	2.65		
		q2_Velocidade	2.58		
		q2_Flexibilidade	2.19		
3	3.Cicle DMADV	q3_Custo	4.31	20.57	.000
		q3_Qualidade	3.00		
		q3_Entrega	2.96		
		q3_Flexibilidade	2.73		
		q3_Velocidade	2.00		
4	4.Process capability analysis	q4_Custo	3.88	7.79	.100
		q4_Qualidade	3.25		
		q4_Flexibilidade	2.71		
		q4_Entrega	2.63		
		q4_Velocidade	2.54		
5	5.Measurement system analysis(MSA)	q5_Qualidade	3.65	6.99	.136
		q5_Custo	3.35		
		q5_Velocidade	2.92		
		q5_Entrega	2.77		
		q5_Flexibilidade	2.31		
6	6.Design of experiments(DOE)	q6_Custo	4.17	16.25	.003
		q6_Qualidade	3.50		
		q6_Entrega	2.67		
		q6_Flexibilidade	2.50		
		q6_Velocidade	2.17		
7	7.QFD	q7_Custo	3.79	10.41	.034
		q7_Qualidade	3.46		
		q7_Flexibilidade	2.92		
		q7_Entrega	2.46		
		q7_Velocidade	2.38		
8	8.FMEA	q8_Custo	3.80	7.45	.114
		q8_Qualidade	3.30		
		q8_Entrega	2.95		
		q8_Flexibilidade	2.50		
		q8_Velocidade	2.45		
9	9.Regression analysis	q9_Custo	4.08	12.21	.016
		q9_Qualidade	3.08		
		q9_Entrega	2.85		
		q9_Velocidade	2.62		
		q9_Flexibilidade	2.38		
10	10.Analysis of mean and variances	q10_Custo	3.92	9.24	.055
		q10_Qualidade	3.25		
		q10_Velocidade	2.79		
		q10_Entrega	2.71		
		q10_Flexibilidade	2.33		
11	11.Hypothesis testing	q11_Qualidade	3.88	11.32	.023
		q11_Entrega	3.23		
		q11_Custo	3.15		
		q11_Flexibilidade	2.38		
		q11_Velocidade	2.35		
12	12.Process mapping	q12_Velocidade	3.40	5.39	.250
		q12_Custo	3.30		
		q12_Qualidade	3.05		
		q12_Flexibilidade	3.00		
		q12_Entrega	2.25		

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

O resumo dos resultados quanto à prioridade de implantação das práticas Seis Sigma para melhorar o desempenho das dimensões competitivas é mostrado na Tabela 16 e o *ranking* de Friedman define hierarquicamente a prioridade que, a priori, deveria ser dada na implantação de cada uma das práticas estatisticamente diferentes cuja significância é inferior a 0.05.

Tabela 16 – Síntese: prioridades das práticas Seis Sigma x dimensão competitiva

Dimensão competitiva	Prática associada	Média do Rank de Friedman
Custo	3.Cicle DMADV	4.31
Custo	6.Design of experiments(DOE)	4.17
Custo	9.Regression analysis	4.08
Custo	2.Statistical process control	3.92
Qualidade	11.Hypothesis testing	3.88
Custo	7.QFD	3.79
Custo	1.Cicle DMAIC	3.65
Qualidade	2.Statistical process control	3.65
Qualidade	6.Design of experiments(DOE)	3.50
Qualidade	7.QFD	3.46
Qualidade	1.Cicle DMAIC	3.42
Entrega	1.Cicle DMAIC	3.27
Entrega	11.Hypothesis testing	3.23
Custo	11.Hypothesis testing	3.15
Qualidade	9.Regression analysis	3.08
Qualidade	3.Cicle DMADV	3.00
Entrega	3.Cicle DMADV	2.96
Flexibilidade	7.QFD	2.92
Entrega	9.Regression analysis	2.85
Flexibilidade	3.Cicle DMADV	2.73
Entrega	6.Design of experiments(DOE)	2.67
Entrega	2.Statistical process control	2.65
Velocidade	9.Regression analysis	2.62
Velocidade	2.Statistical process control	2.58
Flexibilidade	1.Cicle DMAIC	2.50
Flexibilidade	6.Design of experiments(DOE)	2.50
Entrega	7.QFD	2.46
Flexibilidade	9.Regression analysis	2.38
Flexibilidade	11.Hypothesis testing	2.38
Velocidade	7.QFD	2.38
Velocidade	11.Hypothesis testing	2.35
Flexibilidade	2.Statistical process control	2.19
Velocidade	6.Design of experiments(DOE)	2.17
Velocidade	1.Cicle DMAIC	2.15
Velocidade	3.Cicle DMADV	2.00

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise da Tabela 10 evidencia que: a partir dos maiores valores médios do *ranking* de Friedman as práticas do Seis Sigma estão predominantemente associadas com as dimensões Custo e Qualidade. Tal afirmação é possível, uma

vez que, as práticas com maiores valores do *ranking* repetem predominantemente tais dimensões.

A conclusão obtida até aqui, que relacionou individualmente TOC, *Lean* e Seis Sigma com as cinco dimensões competitivas, atende parcialmente à questão de pesquisa proposta. Ou seja, a partir da visão dos especialistas, tem-se para TOC, *Lean* e Seis Sigma uma relação hierárquica de prioridade entre suas práticas, individualmente relacionadas, e cada uma das cinco dimensões competitivas. Concluindo essa etapa, e a partir os resultados hierárquicos das Tabelas 10, 13 e 16, genericamente pode-se propor a seguinte visão geral, conforme Figura 33, entre a relação entre TOC, *Lean* e Seis Sigma e as dimensões impactadas na estratégia de produção da UEN:

Figura 33 – Conclusão parcial: TOC, *Lean* e Seis Sigma x Dimensões competitivas

Abordagem	Dimensão competitiva prioritária
TOC	Velocidade Entrega
Lean	Custo Velocidade Qualidade Entrega Flexibilidade
Seis Sigma	Custo Qualidade

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A síntese da Figura 33 corrobora com os principais achados feitos na seção 2. Como por exemplo, os estudos de Womack et al. (2004) Shah e Ward (2003), Flynn et al. (1999) que evidenciaram o impacto do *Lean* na performance operacional ao alavancar diversas dimensões.

Na terceira etapa da análise das respostas do *survey* fez-se, simultaneamente, a análise comparativa, entre os três grupos de respondentes TOC, *Lean* e Seis Sigma. Fez-se a análise para cada dimensão competitiva em separado, seguindo a Prova de Kruskal-Wallis, indicada por Siegel (1975) para análise ordinal de K amostras independentes. O resultado da diferença total entre as médias dos grupos independentes é mostrado em um *ranking* pela significância dos dados. E por fim, na quarta etapa fez-se a validação dos resultados anteriores a partir da ANOVA para confirmar se há diferença entre os respondentes dos três grupos (TOC,

Lean e Seis Sigma) e, a partir dos testes de acompanhamento, indentificou-se em que grupo esta diferença se sobressai frente aos demais. Seguiu-se essa lógica de análise para as cinco dimensões competitivas. Primeiro fez-se a análise da relação das práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma em relação à dimensão Qualidade, conforme as Tabelas 17, 18, 19 e 20. O resultado da análise comparativa entre os grupos pela Prova de Kruskal-Wallis é apresentado na Tabela 17. O resultado da análise pelo teste da ANOVA está apresentado na Tabela 18.

Tabela 17 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigmas x dimensão Qualidade

Kruskal-Wallis						
Questão/prática associada	df (graus de liberdade)	Chi-square	Significância	Abordagem	grupo	Média do Rank de Kruskal-Wallis
q1	2	10,926	0,004	TOC	1.00	25,86
				Lean	2.00	20,47
				Seis Sigma	3.00	38,38
q2	2	13,279	0,001	TOC	1.00	31,14
				Lean	2.00	17,42
				Seis Sigma	3.00	36,08
q3	2	6,777	0,034	TOC	1.00	20,86
				Lean	2.00	33,08
				Seis Sigma	3.00	28,04
q4	2	5,911	0,052	TOC	1.00	22,25
				Lean	2.00	33,84
				Seis Sigma	3.00	27,12
q5	2	17,083	0,000	TOC	1.00	18,80
				Lean	2.00	38,42
				Seis Sigma	3.00	26,27
q6	2	2,006	0,367	TOC	1.00	29,55
				Lean	2.00	23,50
				Seis Sigma	3.00	29,88
q7	2	11,977	0,003	TOC	1.00	18,52
				Lean	2.00	34,00
				Seis Sigma	3.00	31,65
q8	2	7,632	0,022	TOC	1.00	21,59
				Lean	2.00	27,16
				Seis Sigma	3.00	36,67
q9	2	7,965	0,019	TOC	1.00	27,40
				Lean	2.00	32,97
				Seis Sigma	3.00	17,62
q10	2	0,255	0,880	TOC	1.00	28,07
				Lean	2.00	28,13
				Seis Sigma	3.00	25,62
q11	1	2,563	0,109	Lean	2.00	13,81
				Seis Sigma	3.00	19,04
q12	1	3,642	0,056	Lean	2.00	13,58
				Seis Sigma	3.00	19,83

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Tabela 18 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Qualidade

ANOVA						
Questão/prática associada	ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significância
q1	Between Groups	50,443	2	25,221	6,609	,003
	Within Groups	190,803	50	3,816		
	Total	241,245	52			
q2	Between Groups	66,990	2	33,495	10,585	,000
	Within Groups	161,380	51	3,164		
	Total	228,370	53			
q3	Between Groups	18,666	2	9,333	3,149	,051
	Within Groups	148,165	50	2,963		
	Total	166,830	52			
q4	Between Groups	12,284	2	6,142	2,588	,085
	Within Groups	121,049	51	2,374		
	Total	133,333	53			
q5	Between Groups	46,201	2	23,101	10,233	,000
	Within Groups	115,132	51	2,257		
	Total	161,333	53			
q6	Between Groups	7,655	2	3,827	1,771	,180
	Within Groups	110,216	51	2,161		
	Total	117,870	53			
q7	Between Groups	50,577	2	25,288	7,493	,001
	Within Groups	168,744	50	3,375		
	Total	219,321	52			
q8	Between Groups	27,773	2	13,886	4,146	,022
	Within Groups	167,472	50	3,349		
	Total	195,245	52			
q9	Between Groups	14,042	2	7,021	2,456	,096
	Within Groups	142,939	50	2,859		
	Total	156,981	52			
q10	Between Groups	,289	2	,144	0,041	,960
	Within Groups	181,044	51	3,550		
	Total	181,333	53			
q11	Between Groups	15,287	1	15,287	3,479	,072
	Within Groups	127,423	29	4,394		
	Total	142,710	30			
q12	Between Groups	9,056	1	9,056	3,139	,087
	Within Groups	83,654	29	2,885		
	Total	92,710	30			

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise comparativa entre os resultados das Tabelas 17 e 18 evidencia que: (i) tanto a Prova de Kruskal-Wallis quanto o teste de ANOVA indicam que há diferenças significantes entre os respondentes TOC, *Lean* e Seis Sigma para as seguintes questões e respectivas práticas associadas: q1, q2, q5, q7, e q8; (ii) a Prova de Kruskal-Wallis considerou haver diferença significativa entre q3 e q9, porém o teste da ANOVA refutou essa hipótese. E assim sendo, assumindo uma decisão conservadora, dado que ANOVA e Kruskal-Wallis discordaram, q3 e q9

foram excluídas das próximas análises dessa pesquisa. A localização da diferença entre os três grupos está apresentada e destacada na Tabela 19.

Tabela 19 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Qualidade

Multiple Comparisons								
Questão/prática associada	Teste	(I) grupo	(J) grupo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
q1	Tukey	1.00	2.00	.902	.619	.319	-.592	2.396
			3.00	-1.648	.689	.053	-3.314	.017
		2.00	1.00	-.902	.619	.319	-2.396	.592
			3.00	-2.551	.703	.002	-4.249	-.852
		3.00	1.00	1.648	.689	.053	-.017	3.314
			2.00	2.551	.703	.002	.852	4.249
	Scheffe	1.00	2.00	.902	.619	.353	-.658	2.463
			3.00	-1.648	.689	.067	-3.388	.091
		2.00	1.00	-.902	.619	.353	-2.463	.658
			3.00	-2.551	.703	.003	-4.325	-.777
		3.00	1.00	1.648	.689	.067	-.091	3.388
			2.00	2.551	.703	.003	.777	4.325
q2	Tukey	1.00	2.00	2.055	.557	.002	.710	3.400
			3.00	-.605	.622	.598	-2.107	.897
		2.00	1.00	-2.055	.557	.002	-3.400	-.710
			3.00	-2.660	.640	.000	-4.206	-1.114
		3.00	1.00	.605	.622	.598	-.897	2.107
			2.00	2.660	.640	.000	1.114	4.206
	Scheffe	1.00	2.00	2.055	.557	.002	.650	3.460
			3.00	-.605	.622	.626	-2.174	.964
		2.00	1.00	-2.055	.557	.002	-3.460	-.650
			3.00	-2.660	.640	.001	-4.274	-1.046
		3.00	1.00	.605	.622	.626	-.964	2.174
			2.00	2.660	.640	.001	1.046	4.274
q5	Tukey	1.00	2.00	-2.117	.471	.000	-3.253	-.981
			3.00	-1.206	.526	.066	-2.475	.063
		2.00	1.00	2.117	.471	.000	.981	3.253
			3.00	.911	.541	.221	-.395	2.216
		3.00	1.00	1.206	.526	.066	-.063	2.475
			2.00	-.911	.541	.221	-2.216	.395
	Scheffe	1.00	2.00	-2.117	.471	.000	-3.304	-.931
			3.00	-1.206	.526	.082	-2.532	.119
		2.00	1.00	2.117	.471	.000	.931	3.304
			3.00	.911	.541	.251	-.453	2.275
		3.00	1.00	1.206	.526	.082	-.119	2.532
			2.00	-.911	.541	.251	-2.275	.453
q7	Tukey	1.00	2.00	-1.995	.584	.004	-3.405	-.585
			3.00	-1.965	.643	.010	-3.517	-.413
		2.00	1.00	1.995	.584	.004	.585	3.405
			3.00	.030	.669	.999	-1.585	1.645
		3.00	1.00	1.965	.643	.010	.413	3.517
			2.00	-.030	.669	.999	-1.645	1.585
	Scheffe	1.00	2.00	-1.995	.584	.005	-3.468	-.522
			3.00	-1.965	.643	.014	-3.586	-.344
		2.00	1.00	1.995	.584	.005	.522	3.468
			3.00	.030	.669	.999	-1.657	1.717
		3.00	1.00	1.965	.643	.014	.344	3.586
			2.00	-.030	.669	.999	-1.717	1.657
q8	Tukey	1.00	2.00	-.557	.573	.597	-1.942	.827
			3.00	-1.886	.657	.016	-3.473	-.300
		2.00	1.00	.557	.573	.597	-.827	1.942
			3.00	-1.329	.675	.130	-2.959	.301
		3.00	1.00	1.886	.657	.016	.300	3.473
			2.00	1.329	.675	.130	-.301	2.959
	Scheffe	1.00	2.00	-.557	.573	.626	-2.004	.889
			3.00	-1.886	.657	.022	-3.543	-.229
		2.00	1.00	.557	.573	.626	-.889	2.004
			3.00	-1.329	.675	.155	-3.032	.374
		3.00	1.00	1.886	.657	.022	.229	3.543
			2.00	1.329	.675	.155	-.374	3.032

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise da Tabela 19 evidencia que os Testes de Scheffe e Tukey concordam quanto à localização da diferença em todas as questões, ou seja: (i) nas práticas associadas em q1 e em q2, existe diferença significativa entre os grupos 2 (*Lean*) e 3 (Seis Sigma); (ii) em q5 e q7, essa diferença é entre o grupos 1 (TOC) e 2 (*Lean*); e nas práticas associadas em q8, a diferença está entre o grupos 1 (TOC) e 3 (Seis Sigma). Uma vez identificado a localização da diferença, é preciso identificar quais práticas da TOC, *Lean* e Seis Sigma devem ser hierarquicamente prioritárias para melhorar o desempenho da dimensão Qualidade. De forma a preservar a homogeneidade das respostas em função do coeficiente de variação (desvio padrão dividido pela média) adotou-se os seguintes critérios para elencar a prioridade, na análise subsequente das cinco dimensões: (i) se o *ranking* da média aritmética (Tabelas 5, 6 e 7) concorda, do maior para o menor valor, com a média do *ranking* de Kruskal-Wallis manteve-se essa ordem; (ii) se a ordem do *ranking* da média aritmética (Tabelas 5, 6 e 7) discorda da ordem da média do *ranking* de Kruskal-Wallis, usou-se o maior valor da média aritmética e menor coeficiente de variação para elencar a hierarquia. Autores sugerem diferentes faixas para o coeficiente de variabilidade e nesse caso adotou-se 20% como limite máximo de baixa variabilidade conforme Montgomery (2004). Assim sendo, a conclusão é que, na visão dos especialistas, deve-se priorizar hierarquicamente, as seguintes práticas de cada abordagem para melhorar o desempenho da dimensão Qualidade, conforme Tabela 20.

Tabela 20 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Qualidade

Prioridade	Questão da Survey	Prática associada	Grupo	Abordagem	Média	Média do Rank de Kruskal-Wallis
1	q5	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	2	Lean	6.53	38.42
2	q1	1.Cicle DMAIC	3	Seis Sigma	6.18	38.38
3	q8	8.FMEA	3	Seis Sigma	5.73	36.67
4	q2	2.Statistical process control	3	Seis Sigma	5.73	36.08
5	q7	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)	2	Lean	5.65	34.00

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A conclusão da Tabela 20 concorda com os resultados da fase 2 da análise estatística do *survey*, sintetizada na Figura 33. Desse modo, considerando a dimensão Qualidade, as práticas *Lean* e Seis Sigma novamente são predominantes.

Os resultados das análises para a dimensão Velocidade estão apresentados nas Tabelas 21, 22, 23 e 24. O resultado da análise comparativa entre os grupos pela Prova de Kruskal-Wallis é apresentado na Tabela 21 e o resultado da análise pelo teste da ANOVA está apresentado na Tabela 22.

Tabela 21 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Velocidade

Kruskal-Wallis						
Questão/prática associada	df (graus de liberdade)	Chi-square	Significância	Abordagem	grupo	Média do Rank de Kruskal-Wallis
q1	2	13,891	0,001	TOC	1.00	32,52
				Lean	2.00	30,53
				Seis Sigma	3.00	14,58
q2	2	4,997	0,082	TOC	1.00	30,76
				Lean	2.00	26,75
				Seis Sigma	3.00	19,27
q3	2	14,963	0,001	TOC	1.00	37,00
				Lean	2.00	22,61
				Seis Sigma	3.00	18,58
q4	2	1,198	0,549	TOC	1.00	24,36
				Lean	2.00	29,53
				Seis Sigma	3.00	27,58
q5	2	0,221	0,896	TOC	1.00	27,39
				Lean	2.00	26,53
				Seis Sigma	3.00	29,12
q6	2	7,537	0,023	TOC	1.00	24,68
				Lean	2.00	33,34
				Seis Sigma	3.00	19,31
q7	2	0,541	0,763	TOC	1.00	25,32
				Lean	2.00	28,79
				Seis Sigma	3.00	27,25
q8	2	0,421	0,810	TOC	1.00	26,58
				Lean	2.00	24,37
				Seis Sigma	3.00	27,63
q9	2	18,964	0,000	TOC	1.00	38,48
				Lean	2.00	21,13
				Seis Sigma	3.00	18,23
q10	2	4,366	0,113	TOC	1.00	28,02
				Lean	2.00	31,82
				Seis Sigma	3.00	20,31
q11	1	8,756	0,003	Lean	2.00	20,47
				Seis Sigma	3.00	10,69
q12	1	1,587	0,208	Lean	2.00	18,11
				Seis Sigma	3.00	14,15

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Tabela 22 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Velocidade

ANOVA						
Questão/prática associada	ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significância
q1	Between Groups	18,803	2	9,401	5,573	,006
	Within Groups	86,031	51	1,687		
	Total	104,833	53			
q2	Between Groups	8,111	2	4,056	1,949	,153
	Within Groups	101,946	49	2,081		
	Total	110,058	51			
q3	Between Groups	37,265	2	18,633	8,502	,001
	Within Groups	111,772	51	2,192		
	Total	149,037	53			
q4	Between Groups	1,836	2	,918	,441	,646
	Within Groups	104,088	50	2,082		
	Total	105,925	52			
q5	Between Groups	1,877	2	,939	,280	,757
	Within Groups	171,160	51	3,356		
	Total	173,037	53			
q6	Between Groups	11,842	2	5,921	3,364	,043
	Within Groups	86,235	49	1,760		
	Total	98,077	51			
q7	Between Groups	1,223	2	,611	,193	,825
	Within Groups	158,325	50	3,166		
	Total	159,547	52			
q8	Between Groups	1,984	2	,992	,343	,711
	Within Groups	138,722	48	2,890		
	Total	140,706	50			
q9	Between Groups	52,193	2	26,096	12,061	,000
	Within Groups	110,344	51	2,164		
	Total	162,537	53			
q10	Between Groups	7,959	2	3,979	1,363	,265
	Within Groups	148,874	51	2,919		
	Total	156,833	53			
q11	Between Groups	27,592	1	27,592	11,932	,002
	Within Groups	69,377	30	2,313		
	Total	96,969	31			
q12	Between Groups	1,142	1	1,142	,403	,531
	Within Groups	85,077	30	2,836		
	Total	86,219	31			

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise comparativa entre os resultados das Tabelas 20 e 21 indica que tanto a Prova de Kruskal-Wallis quanto o teste de ANOVA apontam que há diferenças significantes entre os respondentes TOC, *Lean* e Seis Sigma nas questões e respectivas práticas associadas: q1, q3, q6, q9, e q11. A localização dessa diferença entre os três grupos está apresentada na Tabela 23.

Tabela 23 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Velocidade

Multiple Comparisons								
Questão/prática associada	Teste	(I) grupo	(J) grupo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
q1	Tukey HSD	1.00	2.00	,48565	,40677	,462	-4,963	1,4676
			3.00	1,51399	,45435	,005	,4172	2,6108
		2.00	1.00	-,48565	,40677	,462	-1,4676	,4963
			3.00	1,02834	,46749	,081	-,1002	2,1568
		3.00	1.00	-1,51399	,45435	,005	-2,6108	-,4172
			2.00	-1,02834	,46749	,081	-2,1568	,1002
	Scheffe	1.00	2.00	,48565	,40677	,495	-5,400	1,5113
			3.00	1,51399	,45435	,007	,3684	2,6596
		2.00	1.00	-,48565	,40677	,495	-1,5113	,5400
			3.00	1,02834	,46749	,099	-,1504	2,2071
		3.00	1.00	-1,51399	,45435	,007	-2,6596	-,3684
			2.00	-1,02834	,46749	,099	-2,2071	,1504
q3	Tukey HSD	1.00	2.00	1,67225	,46364	,002	,5530	2,7915
			3.00	1,71678	,51788	,005	,4666	2,9669
		2.00	1.00	-1,67225	,46364	,002	-2,7915	-,5530
			3.00	,04453	,53285	,996	-1,2418	1,3308
		3.00	1.00	-1,71678	,51788	,005	-2,9669	-,4666
			2.00	-,04453	,53285	,996	-1,3308	1,2418
	Scheffe	1.00	2.00	1,67225	,46364	,003	,5032	2,8413
			3.00	1,71678	,51788	,007	,4110	3,0226
		2.00	1.00	-1,67225	,46364	,003	-2,8413	-,5032
			3.00	,04453	,53285	,997	-1,2990	1,3881
		3.00	1.00	-1,71678	,51788	,007	-3,0226	-,4110
			2.00	-,04453	,53285	,997	-1,3881	1,2990
q6	Tukey HSD	1.00	2.00	-,78947	,42499	,162	-1,8167	,2377
			3.00	,38462	,47262	,696	-,7577	1,5269
		2.00	1.00	,78947	,42499	,162	-,2377	1,8167
			3.00	1,17409	,47750	,045	,0200	2,3282
		3.00	1.00	-,38462	,47262	,696	-1,5269	,7577
			2.00	-1,17409	,47750	,045	-2,3282	-,0200
	Scheffe	1.00	2.00	-,78947	,42499	,189	-1,8624	,2834
			3.00	,38462	,47262	,720	-,8085	1,5778
		2.00	1.00	,78947	,42499	,189	-,2834	1,8624
			3.00	1,17409	,47750	,058	-,0314	2,3795
		3.00	1.00	-,38462	,47262	,720	-1,5778	,8085
			2.00	-1,17409	,47750	,058	-2,3795	,0314
q9	Tukey HSD	1.00	2.00	1,93301	,46067	,000	,8210	3,0451
			3.00	2,09091	,51457	,000	,8488	3,3331
		2.00	1.00	-1,93301	,46067	,000	-3,0451	-,8210
			3.00	,15789	,52944	,952	-1,1202	1,4360
		3.00	1.00	-2,09091	,51457	,000	-3,3331	-,8488
			2.00	-,15789	,52944	,952	-1,4360	1,1202
	Scheffe	1.00	2.00	1,93301	,46067	,001	,7715	3,0946
			3.00	2,09091	,51457	,001	,7935	3,3884
		2.00	1.00	-1,93301	,46067	,001	-3,0946	-,7715
			3.00	,15789	,52944	,957	-1,1771	1,4928
		3.00	1.00	-2,09091	,51457	,001	-3,3884	-,7935
			2.00	-,15789	,52944	,957	-1,4928	1,1771

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise da Tabela 23, mostra que os Testes de Scheffe e Tukey concordam quanto à localização da diferença em todas as questões, à exceção de q6, onde apenas o teste de Tukey indicou haver diferença: (i) nas práticas associadas em q1, existe diferença significativa entre os grupos 1 (TOC) e 3 (Seis Sigma); (ii) em

q3, essa diferença está entre o grupos 1 (TOC) e 2 (*Lean*) e entre 1 (TOC) e 3 (Seis Sigma; (iii) em q6 a diferença é entre os grupos 2 e 3; (iv) em q9 essa diferença é entre os grupos 1 e 2 e entre 2 e 3; (v) a diferença em q11 é identificada no *ranking* de Kruska-Wallis e na diferença de médias dado que o SPSS não realiza análise dos teste de acompanhamento de ANOVA entre dois grupos, nesse caso devido a diferença no número de questões, pois grupo 1 tem 10 e grupo 2 e 3, 12 questões. Logo, a partir dessas análises, hierarquicamente devem ser prioritárias para se atingir a dimensão Velocidade, na visão dos especialistas, as práticas apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Velocidade

Prioridade	Questão da Survey	Prática associada	Grupo	Abordagem	Média	Média do Rank de Kruskal-Wallis
1	q1	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	1	TOC	6.65	32.52
2	q3	9.Dynamic Buffer Management	1	TOC	6.25	38.48
3	q9	3.TOC Replenishment for Distribution	1	TOC	6.10	37.00
4	q11	11.SMED	2	Lean	5.67	20.47
5	q6	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	2	Lean	5.00	33.34

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

As conclusões da Tabela 24 concordam com os resultados da fase 2 da análise estatística do *survey*, sintetizada na Figura 33. Desse modo, considerando a dimensão Velocidade, predominam novamente as práticas da TOC e do *Lean*.

Já os resultados das análises para a dimensão Entrega estão apresentados nas Tabelas 25, 26, 27 e 28. O resultado da análise comparativa entre os grupos pela Prova de Kruskal-Wallis e pelo teste da ANOVA está apresentado, respectivamente nas Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Entrega

Kruskal-Wallis						
Questão/prática associada	df (graus de liberdade)	Chi-square	Significância	Abordagem	grupo	Média do Rank de Kruskal-Wallis
q1	2	3,892	0,143	TOC	1.00	30,73
				Lean	2.00	26,78
				Seis Sigma	3.00	21,00
q2	2	6,622	0,036	TOC	1.00	33,50
				Lean	2.00	22,18
				Seis Sigma	3.00	23,54
q3	2	8,860	0,012	TOC	1.00	33,98
				Lean	2.00	24,55
				Seis Sigma	3.00	19,31
q4	2	0,956	0,620	TOC	1.00	25,34
				Lean	2.00	30,05
				Seis Sigma	3.00	27,42
q5	2	6,833	0,033	TOC	1.00	21,02
				Lean	2.00	33,58
				Seis Sigma	3.00	27,04
q6	2	6,125	0,047	TOC	1.00	22,69
				Lean	2.00	33,47
				Seis Sigma	3.00	23,00
q7	2	0,833	0,659	TOC	1.00	26,07
				Lean	2.00	30,08
				Seis Sigma	3.00	26,15
q8	2	1,976	0,372	TOC	1.00	25,02
				Lean	2.00	24,79
				Seis Sigma	3.00	31,79
q9	2	14,399	0,001	TOC	1.00	36,77
				Lean	2.00	23,26
				Seis Sigma	3.00	18,00
q10	2	5,873	0,053	TOC	1.00	26,07
				Lean	2.00	32,84
				Seis Sigma	3.00	19,46
q11	1	0,439	0,508	Lean	2.00	17,39
				Seis Sigma	3.00	15,19
q12	1	1,219	0,270	Lean	2.00	16,82
				Seis Sigma	3.00	13,23

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Tabela 26 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Entrega

ANOVA						
Questão/prática associada	ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significância
q1	Between Groups	4,279	2	2,140	1,748	,185
	Within Groups	61,192	50	1,224		
	Total	65,472	52			
q2	Between Groups	15,338	2	7,669	3,071	,055
	Within Groups	124,850	50	2,497		
	Total	140,189	52			
q3	Between Groups	15,831	2	7,915	4,198	,021
	Within Groups	94,283	50	1,886		
	Total	110,113	52			
q4	Between Groups	,698	2	,349	,120	,887
	Within Groups	148,283	51	2,908		
	Total	148,981	53			
q5	Between Groups	22,355	2	11,177	3,421	,040
	Within Groups	163,343	50	3,267		
	Total	185,698	52			
q6	Between Groups	14,214	2	7,107	3,514	,037
	Within Groups	99,093	49	2,022		
	Total	113,308	51			
q7	Between Groups	1,420	2	,710	,218	,805
	Within Groups	166,080	51	3,256		
	Total	167,500	53			
q8	Between Groups	7,684	2	3,842	1,225	,302
	Within Groups	153,623	49	3,135		
	Total	161,308	51			
q9	Between Groups	47,808	2	23,904	9,654	,000
	Within Groups	126,285	51	2,476		
	Total	174,093	53			
q10	Between Groups	15,973	2	7,987	2,519	,091
	Within Groups	158,555	50	3,171		
	Total	174,528	52			
q11	Between Groups	2,238	1	2,238	,650	,426
	Within Groups	103,231	30	3,441		
	Total	105,469	31			
q12	Between Groups	3,881	1	3,881	1,121	,299
	Within Groups	96,919	28	3,461		
	Total	100,800	29			

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise comparativa entre os resultados das Tabelas 25 e 26 evidencia que: (i) tanto a Prova de Kruskal-Wallis quanto o teste de ANOVA indicam que há diferenças significantes entre os respondentes TOC, *Lean* e Seis Sigma para as seguintes questões e respectivas práticas associadas: q3, q5, q6 e q9; (ii) a Prova de Kruskal-Wallis considerou haver diferença significativa dentro de q2, porém o teste da ANOVA refutou essa hipótese e portanto essa análise será descartada

desse estudo. A localização da diferença entre os três grupos está apresentada e destacada na Tabela 27.

Tabela 27 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Entrega

Multiple Comparisons									
Questão/prática associada	Teste	(I) grupo	(J) grupo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
							Lower Bound	Upper Bound	
q3	Tukey HSD	1.00	2.00	1,003	,435	,064		2,053	
			3.00	1,24542*	,485	,035	-,048	2,416	
		2.00	1.00	-1,003	,435	,064		-2,053	,048
			3.00	,243	,494	,876		-,951	1,437
		3.00	1.00	-1,24542*	,485	,035		-2,416	-,075
			2.00	-,243	,494	,876		-1,437	,951
	Scheffe	1.00	2.00	1,003	,435	,080		2,099	
			3.00	1,24542*	,485	,045	-,023	2,468	
		2.00	1.00	-1,003	,435	,080		-2,099	,094
			3.00	-,243	,494	,886		-1,004	1,490
		3.00	1.00	-1,24542*	,485	,045		-2,468	-,023
			2.00	-,243	,494	,886		-1,490	1,004
q5	Tukey HSD	1.00	2.00	-1,49373*	,572	,031	-2,876	-,111	
			3.00	-,810	,638	,419	-2,350	,731	
		2.00	1.00	1,49373*	,572	,031		,111	2,876
			3.00	,684	,651	,548		-,887	2,256
		3.00	1.00	,810	,638	,419		-,731	2,350
			2.00	-,684	,651	,548		-2,256	,887
	Scheffe	1.00	2.00	-1,49373*	,572	,041	-2,938	-,050	
			3.00	-,810	,638	,453	-2,419	,800	
		2.00	1.00	1,49373*	,572	,041		,050	2,938
			3.00	,684	,651	,579		-,957	2,326
		3.00	1.00	,810	,638	,453		-,800	2,419
			2.00	-,684	,651	,579		-2,326	,957
q6	Tukey HSD	1.00	2.00	-1,11905*	,457	,046	-2,223	-,015	
			3.00	-,055	,502	,993	-1,268	1,158	
		2.00	1.00	1,11905*	,457	,046		,015	2,223
			3.00	1,064	,518	,110		-,187	2,315
		3.00	1.00	,055	,502	,993		-1,158	1,268
			2.00	-1,064	,518	,110		-2,315	,187
	Scheffe	1.00	2.00	-1,119	,457	,059		-2,272	,034
			3.00	-,055	,502	,994		-1,322	1,212
		2.00	1.00	1,119	,457	,059		-,034	2,272
			3.00	1,064	,518	,132		-,243	2,371
		3.00	1.00	,055	,502	,994		-1,212	1,322
			2.00	-1,064	,518	,132		-2,371	,243
q9	Tukey HSD	1.00	2.00	1,59569*	,493	,006	,406	2,785	
			3.00	2,22727*	,550	,001	,898	3,556	
		2.00	1.00	-1,59569*	,493	,006		-2,785	-,406
			3.00	,632	,566	,509		-,736	1,999
		3.00	1.00	-2,22727*	,550	,001		-3,556	-,898
			2.00	-,632	,566	,509		-1,999	,736
	Scheffe	1.00	2.00	1,59569*	,493	,009	,353	2,838	
			3.00	2,22727*	,550	,001	,839	3,615	
		2.00	1.00	-1,59569*	,493	,009		-2,838	-,353
			3.00	,632	,566	,541		-,797	2,060
		3.00	1.00	-2,22727*	,550	,001		-3,615	-,839
			2.00	-,632	,566	,541		-2,060	,797

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise da Tabela 27 mostra que os Testes de Scheffe e Tukey concordam quanto à localização da diferença em todas as questões, à exceção de q6, onde apenas o teste de Tukey indicou haver diferença: (i) nas práticas associadas em

q3, existe diferença significativa entre os grupos 1 e 3; (ii) em q5, essa diferença está entre os grupos 1 e 2; (iii) em q6 entre os grupos 1 e 2; em q9 essa diferença é entre os grupos 1 e 2 e entre 1 e 3. Assim sendo, hierarquicamente devem ser prioritárias para se atingir a dimensão Entrega, na visão dos especialistas, as práticas apresentadas na Tabela 28.

Tabela 28 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Entrega

Prioridade	Questão da Survey	Prática associada	Grupo	Abordagem	Média	Média do Rank de Kruskal-Wallis
1	q3	3.TOC Replenishment for Distribution	1	TOC	6.53	33.98
2	q9	9.Dynamic Buffer Management	1	TOC	6.37	36.77
3	q6	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	2	Lean	5.76	33.47
4	q5	5.Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	2	Lean	5.65	33.58

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Os resultados da Tabela 28 concordam com os resultados da fase 2 da análise estatística do *survey*, sintetizada na Figura 33. Visto que, considerando a dimensão Entrega, as práticas da TOC e *Lean* predominam no resultado final. Entretanto, aqui cabe uma reflexão em específico acerca das práticas JIT associadas à q1 (JIT: Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization). Tanto no tratamento individual da fase 2, quanto na análise simultânea das etapas 3 e 4, as práticas da TOC, segundo os especialistas, devem ser prioritárias para melhorar o desempenho da dimensão Entrega, do que as consagradas práticas JIT. Tal achado corrobora com os achados de Mabin e Balderstone (2003) e Inman et al. (2009) de que a TOC é adequada para qualquer tipo de sistema e gera relevantes reduções no *lead time* melhorando o desempenho da Entrega.

Os resultados das análises para a dimensão Flexibilidade estão apresentados nas Tabelas 29, 30, 31 e 32. O resultado da análise comparativa entre os grupos pela Prova de Kruskal-Wallis e pelo teste da ANOVA está apresentado, respectivamente nas Tabelas 29 e 30.

Tabela 29 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Flexibilidade

Kruskal-Wallis						
Questão/prática associada	df (graus de liberdade)	Chi-square	Significância	Abordagem	grupo	Média do Rank de Kruskal-Wallis
q1	2	2.954	0.228	TOC	1.00	31.38
				Lean	2.00	24.13
				Seis Sigma	3.00	24.12
q2	2	4.721	0.094	TOC	1.00	31.98
				Lean	2.00	25.17
				Seis Sigma	3.00	21.12
q3	2	2.984	0.225	TOC	1.00	28.26
				Lean	2.00	29.79
				Seis Sigma	3.00	20.88
q4	2	1.927	0.382	TOC	1.00	25.00
				Lean	2.00	31.39
				Seis Sigma	3.00	26.04
q5	2	0.768	0.681	TOC	1.00	29.50
				Lean	2.00	25.26
				Seis Sigma	3.00	27.38
q6	2	3.329	0.189	TOC	1.00	26.86
				Lean	2.00	30.22
				Seis Sigma	3.00	20.25
q7	2	0.250	0.883	TOC	1.00	27.74
				Lean	2.00	25.76
				Seis Sigma	3.00	25.50
q8	2	0.514	0.773	TOC	1.00	25.95
				Lean	2.00	29.42
				Seis Sigma	3.00	27.31
q9	2	8.054	0.018	TOC	1.00	32.16
				Lean	2.00	29.13
				Seis Sigma	3.00	17.23
q10	2	8.048	0.018	TOC	1.00	34.10
				Lean	2.00	23.84
				Seis Sigma	3.00	20.15
q11	1	11.391	0.001	Lean	2.00	21.00
				Seis Sigma	3.00	9.92
q12	1	0.006	0.936	Lean	2.00	16.61
				Seis Sigma	3.00	16.35

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Tabela 30 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Flexibilidade

ANOVA						
Questão/prática associada	ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
q1	Between Groups	14.135	2	7.067	2.121	.131
	Within Groups	166.582	50	3.332		
	Total	180.717	52			
q2	Between Groups	12.178	2	6.089	2.912	.064
	Within Groups	104.539	50	2.091		
	Total	116.717	52			
q3	Between Groups	9.444	2	4.722	2.232	.118
	Within Groups	105.801	50	2.116		
	Total	115.245	52			
q4	Between Groups	1.945	2	.973	.336	.716
	Within Groups	147.555	51	2.893		
	Total	149.500	53			
q5	Between Groups	1.962	2	.981	.314	.732
	Within Groups	159.075	51	3.119		
	Total	161.037	53			
q6	Between Groups	6.815	2	3.407	1.745	.185
	Within Groups	95.705	49	1.953		
	Total	102.519	51			
q7	Between Groups	.541	2	.270	.100	.905
	Within Groups	132.536	49	2.705		
	Total	133.077	51			
q8	Between Groups	.680	2	.340	.095	.909
	Within Groups	181.913	51	3.567		
	Total	182.593	53			
q9	Between Groups	24.045	2	12.023	4.478	.016
	Within Groups	136.936	51	2.685		
	Total	160.981	53			
q10	Between Groups	22.225	2	11.112	3.883	.027
	Within Groups	143.096	50	2.862		
	Total	165.321	52			
q11	Between Groups	40.245	1	40.245	17.952	.000
	Within Groups	67.255	30	2.242		
	Total	107.500	31			
q12	Between Groups	.291	1	.291	.110	.743
	Within Groups	79.709	30	2.657		
	Total	80.000	31			

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Os resultados das Tabelas 29 e 30 indicam que a Prova de Kruskal-Wallis e o teste de ANOVA concordam que as diferenças significantes estão nas questões 9, 10 e 11 nas suas respectivas práticas associadas. A localização dessa diferença entre os três grupos é mostrada e destacada na Tabela 31.

Tabela 31 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, Lean e Seis Sigma x dimensão Flexibilidade

Multiple Comparisons								
Questão/prática associada	Teste	(I) grupo	(J) grupo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
q9	Tukey HSD	1.00	2.00	.44019	.51319	.669	-1.6790	1.6790
			3.00	1.69930	.57323	.013	.3155	3.0831
		2.00	1.00	-.44019	.51319	.669	-1.6790	.7986
			3.00	1.25911	.58979	.093	-1.646	2.6829
		3.00	1.00	-1.69930	.57323	.013	-3.0831	-.3155
			2.00	-1.25911	.58979	.093	-2.6829	.1646
	Scheffe	1.00	2.00	.44019	.51319	.694	-1.7342	1.7342
			3.00	1.69930	.57323	.017	.2540	3.1446
		2.00	1.00	-.44019	.51319	.694	-1.7342	.8538
			3.00	1.25911	.58979	.113	-2.280	2.7462
		3.00	1.00	-1.69930	.57323	.017	-3.1446	-.2540
			2.00	-1.25911	.58979	.113	-2.7462	.2280
q10	Tukey HSD	1.00	2.00	1.14035	.53564	.094	-1.534	2.4341
			3.00	1.51282	.59702	.038	.0708	2.9549
		2.00	1.00	-1.14035	.53564	.094	-2.4341	.1534
			3.00	.37247	.60891	.814	-1.0983	1.8432
		3.00	1.00	-1.51282	.59702	.038	-2.9549	-.0708
			2.00	-.37247	.60891	.814	-1.8432	1.0983
	Scheffe	1.00	2.00	1.14035	.53564	.114	-2.110	2.4917
			3.00	1.51282	.59702	.049	.0066	3.0191
		2.00	1.00	-1.14035	.53564	.114	-2.4917	.2110
			3.00	.37247	.60891	.830	-1.1638	1.9087
		3.00	1.00	-1.51282	.59702	.049	-3.0191	-.0066
			2.00	-.37247	.60891	.830	-1.9087	1.1638

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise da Tabela 31, indica que os Testes de Scheffe e Tukey concordam quanto à localização da diferença: (i) nas práticas associadas à q9 e q10, existe diferença significativa entre os grupos 1 e 3; (ii) a diferença em q11 é identificada no *ranking* de Kruska-Wallis e na diferença de médias dado que o SPSS não realiza análise dos teste de acompanhamento de ANOVA entre dois grupos, nesse caso devido a diferença no número de questões. Logo, hierarquicamente devem ser prioritárias para se atingir a dimensão Flexibilidade, na visão dos especialistas, as práticas apresentadas na Tabela 32.

Tabela 32 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Flexibilidade

Prioridade	Questão da Survey	Prática associada	Grupo	Abordagem	Média	Média do Rank de Kruskal-Wallis
1	q11	11.SMED	2	Lean	5.94	21.00
2	q10	10.Strategic Planning	1	TOC	5.65	34.10
3	q9	9.Dynamic Buffer Management	1	TOC	5.55	32.16

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

O resultado da Tabela 32 concorda com os resultados da fase 2 da análise estatística do *survey*, da Figura 33. Ou seja, as práticas *Lean* e TOC novamente aparecem como as mais relevantes para a dimensão Flexibilidade. Nesse caso, o SMED no *Lean* na primeira posição e de forma similar, a partir da média, na TOC: *10.Strategic Planning* e *9.Dynamic Buffer Management*. Uma crítica válida aqui é necessária quanto à prática associada à q10, que não foi evidenciada na revisão bibliográfica como importante para a flexibilidade e, portanto, sua indicação como uso empírico para melhorar tal dimensão competitiva exige parcimônia.

Concluindo as fases 3 e 4 de análise estatística do *survey*, os resultados das análises para a dimensão Custos estão apresentados nas Tabelas 33, 34, 35 e 36. O resultado da análise comparativa entre os grupos pela Prova de Kruskal-Wallis e pelo teste ANOVA está apresentado, respectivamente nas Tabelas 33 e 34.

Tabela 33 - Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Custos

Kruskal-Wallis						
Questão/prática associada	df (graus de liberdade)	Chi-square	Significância	Abordagem	Grupo	Média do Rank de Kruskal-Wallis
q1	2	5.282	0.071	TOC	1.00	22.36
				Lean	2.00	28.76
				Seis Sigma	3.00	34.35
q2	2	8.175	0.017	TOC	1.00	19.98
				Lean	2.00	33.16
				Seis Sigma	3.00	26.81
q3	2	1.667	0.434	TOC	1.00	25.61
				Lean	2.00	26.47
				Seis Sigma	3.00	32.19
q4	2	0.596	0.742	TOC	1.00	25.24
				Lean	2.00	28.53
				Seis Sigma	3.00	25.50
q5	2	12.864	0.002	TOC	1.00	19.45
				Lean	2.00	36.58
				Seis Sigma	3.00	27.85
q6	2	1.206	0.547	TOC	1.00	24.52
				Lean	2.00	27.53
				Seis Sigma	3.00	30.23
q7	2	1.489	0.475	TOC	1.00	23.93
				Lean	2.00	29.32
				Seis Sigma	3.00	28.58
q8	2	12.816	0.002	TOC	1.00	19.50
				Lean	2.00	26.47
				Seis Sigma	3.00	38.79
q9	2	0.724	0.696	TOC	1.00	26.36
				Lean	2.00	29.31
				Seis Sigma	3.00	24.88
q10	2	0.712	0.700	TOC	1.00	26.21
				Lean	2.00	29.24
				Seis Sigma	3.00	25.00
q11	1	0.962	0.327	Lean	2.00	17.82
				Seis Sigma	3.00	14.58
q12	1	0.029	0.865	Lean	2.00	15.78
				Seis Sigma	3.00	16.31

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Tabela 34 – Análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Custos

ANOVA						
Questão/prática associada	ANOVA	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significância
q1	Between Groups	8.316	2	4.158	2.349	.106
	Within Groups	90.277	51	1.770		
	Total	98.593	53			
q2	Between Groups	11.338	2	5.669	4.540	.016
	Within Groups	61.182	49	1.249		
	Total	72.519	51			
q3	Between Groups	3.149	2	1.574	.854	.432
	Within Groups	94.055	51	1.844		
	Total	97.204	53			
q4	Between Groups	.619	2	.310	.168	.846
	Within Groups	90.150	49	1.840		
	Total	90.769	51			
q5	Between Groups	28.049	2	14.025	4.696	.013
	Within Groups	152.321	51	2.987		
	Total	180.370	53			
q6	Between Groups	1.240	2	.620	.471	.627
	Within Groups	65.892	50	1.318		
	Total	67.132	52			
q7	Between Groups	6.827	2	3.414	1.309	.279
	Within Groups	130.418	50	2.608		
	Total	137.245	52			
q8	Between Groups	33.149	2	16.575	6.848	.002
	Within Groups	118.601	49	2.420		
	Total	151.750	51			
q9	Between Groups	1.378	2	.689	.398	.674
	Within Groups	86.622	50	1.732		
	Total	88.000	52			
q10	Between Groups	.099	2	.050	.021	.979
	Within Groups	115.599	50	2.312		
	Total	115.698	52			
q11	Between Groups	1.822	1	1.822	.546	.466
	Within Groups	100.178	30	3.339		
	Total	102.000	31			
q12	Between Groups	.027	1	.027	.011	.918
	Within Groups	73.521	29	2.535		
	Total	73.548	30			

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Os resultados das Tabelas 33 e 34 indicam que tanto a Prova de Kruskal-Wallis quanto o teste de ANOVA concordam que as diferenças significantes estão nas questões 2, 5 e 8 nas suas respectivas práticas associadas. A localização dessa diferença entre os três grupos é mostrada e destacada na Tabela 35.

Tabela 35 – Localização da diferença na análise simultânea: TOC, *Lean* e Seis Sigma x dimensão Custos

Multiple Comparisons								
Questão/prática associada	Teste	(I) grupo	(J) grupo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
q2	Tukey HSD	1.00	2.00	-1.07105 [*]	.358	.012	-1.936	-.206
			3.00	-.650	.398	.242	-1.612	.312
		2.00	1.00	1.07105 [*]	.358	.012	.206	1.936
			3.00	.421	.402	.551	-.551	1.393
		3.00	1.00	.650	.398	.242	-.312	1.612
			2.00	-.421	.402	.551	-1.393	.551
	Scheffe	1.00	2.00	-1.07105 [*]	.358	.016	-1.975	-.167
			3.00	-.650	.398	.273	-1.655	.355
		2.00	1.00	1.07105 [*]	.358	.016	.167	1.975
			3.00	.421	.402	.582	-.594	1.436
		3.00	1.00	.650	.398	.273	-.355	1.655
			2.00	-.421	.402	.582	-1.436	.594
q5	Tukey HSD	1.00	2.00	-1.65072 [*]	.541	.010	-2.957	-.344
			3.00	-.930	.605	.282	-2.389	.529
		2.00	1.00	1.65072 [*]	.541	.010	.344	2.957
			3.00	.721	.622	.483	-.781	2.222
		3.00	1.00	.930	.605	.282	-.529	2.389
			2.00	-.721	.622	.483	-2.222	.781
	Scheffe	1.00	2.00	-1.65072 [*]	.541	.014	-3.015	-.286
			3.00	-.930	.605	.315	-2.454	.594
		2.00	1.00	1.65072 [*]	.541	.014	.286	3.015
			3.00	.721	.622	.516	-.848	2.289
		3.00	1.00	.930	.605	.315	-.594	2.454
			2.00	-.721	.622	.516	-2.289	.848
q8	Tukey HSD	1.00	2.00	-.737	.493	.302	-1.927	.454
			3.00	-2.08333 [*]	.563	.002	-3.444	-.723
		2.00	1.00	.737	.493	.302	-.454	1.927
			3.00	-1.346	.574	.059	-2.733	.040
		3.00	1.00	2.08333 [*]	.563	.002	.723	3.444
			2.00	1.346	.574	.059	-.040	2.733
	Scheffe	1.00	2.00	-.737	.493	.335	-1.980	.507
			3.00	-2.08333 [*]	.563	.002	-3.505	-.662
		2.00	1.00	.737	.493	.335	-.507	1.980
			3.00	-1.346	.574	.074	-2.795	.102
		3.00	1.00	2.08333 [*]	.563	.002	.662	3.505
			2.00	1.346	.574	.074	-.102	2.795

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise da Tabela 35, mostra que os Testes de Scheffe e Tukey concordam quanto à localização da diferença: (i) nas práticas em q2 e q5, existe diferença significativa entre os grupos 1 e 2; (ii) em q8, essa diferença está entre o grupos 1 e 3. Então, na visão dos especialistas, hierarquicamente devem ser prioritárias para se atingir a dimensão Custos as seguintes práticas da Tabela 36.

Tabela 36 – Resultado final: hierarquia de prioridade das práticas à dimensão Custos

Prioridade	Questão da Survey	Prática associada	Grupo	Abordagem	Média	Média do Rank de Kruskal-Wallis
1	q2	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	2	Lean	6.35	33.16
2	q8	8.FMEA	3	Seis Sigma	6.09	38.79
3	q5	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)	2	Lean	6.06	36.58

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS SEÇÕES 6.1 E 6.2

A sequência anterior de quatro etapas das análises estatísticas anteriores permitiu apontar, sob a ótica dos especialistas respondentes, um conjunto de práticas da TOC, do *Lean* e do Seis Sigma que devem hierarquicamente ser priorizadas na implantação prática para que a Operação melhore seu desempenho em cada uma das cinco dimensões competitivas. Fez-se essa análise sob duas perspectivas, discutidas a seguir, as quais concordaram quanto aos seus principais achados.

A primeira perspectiva de análise relacionou individualmente as abordagens da TOC, *Lean* e Seis Sigma com cada uma das cinco dimensões, conforme sintetizado, respectivamente nas Tabelas 10, 13 e 16. Obteve-se assim uma perspectiva individual de cada abordagem gerando duas implicações práticas, a saber: (i) nem todos os sistemas produtivos possuem as três abordagens implementadas, e, portanto, a lógica individual permite aos tomadores de decisão analisar os níveis de maturidade das suas práticas atuais e projetar a implantação de novas práticas dentro de cada uma das abordagens (TOC, *Lean* e Seis Sigma) que o sistema já adota; (ii) permite sugerir práticas de outras abordagens, que, uma vez implantadas, irão, a priori, alavancar o desempenho da dimensão competitiva em análise. Tal vantagem decorre do potencial que existe na combinação sinérgica das três abordagens, já evidenciado na seção 3 dessa pesquisa.

Em contrapartida, a segunda perspectiva de análise investigou simultaneamente as práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma, frente a cada uma das cinco dimensões, sintetizando os resultados nas Tabelas 20, 24, 28, 32 e 36. E essa análise oferece dois pontos de reflexão: (i) define uma lógica de priorização hierárquica definindo as práticas críticas a serem implantadas no ambiente produtivo; (ii) pressupõe que a Operação está disposta a usar simultaneamente as três abordagens na gestão, o que implicará num primeiro momento em alocação de recursos. Assim, cumpriu-se outro objetivo projetado no início dessa pesquisa. De forma a avançar e atender integralmente à questão de pesquisa proposta, a próxima seção propõe o modelo integrando a estratégia de produção com a priorização das abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma, para atender às dimensões competitivas. Finalmente, foi possível perceber que os resultados da primeira perspectiva, sintetizada na Figura 33, são semelhantes aos resultados da segunda perspectiva

no que tange as dimensões impactadas por cada abordagem. E assim, a próxima etapa avança ao propor o modelo, a partir de tais resultados.

6.4 MODELO INTEGRANDO ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO COM TOC, *LEAN* E SEIS SIGMA

A proposição do modelo usa como ponto de partida três pontos principais: os resultados das análises estatísticas realizadas na seção 6.2, as discussões e conclusões realizadas na seção 3 entre os modelos que usam TOC, *Lean* e Seis Sigma e a Estratégia de Produção na perspectiva de Slack, Chamber e Johnston (2009). Além das delimitações de escopo traçadas no início dessa pesquisa, conforme Quadro 2, os principais pressupostos do modelo desenvolvido são:

Independente se a restrição é interna ou externa à Operação: (i) se a restrição é interna, ou seja, está relacionada com recursos internos à Operação cuja capacidade é menor que a demanda, a implantação das práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma tende a melhorar o desempenho da produção e de suas restrições de forma a tornar a restrição externa; (ii) se a restrição está no mercado ou externa, ou seja, a capacidade é maior que a demanda do mercado, espera-se que a implantação das práticas melhore o desempenho das respectivas dimensões competitivas valorizadas pelos clientes das UENs e os respectivos fatores competitivos, culminando no aumento de vendas e de receita. Ou seja, melhorando as cinco dimensões esperam-se os seguintes efeitos: redução no *lead time*, no custo produtivo, melhoria na flexibilidade possibilitando ampliar o *mix* de produtos, melhoria da qualidade, e assim por diante.

Pressupõe que a estratégia corporativa esteja previamente definida. Seguindo os três níveis da estratégia vistos em Hayes et al. (2008), o modelo não discute diretamente a estratégia corporativa (nível 1) porque é focado no nível das UENs (nível 2) e da estratégia funcional de Produção (nível 3). Ainda que o modelo não proponha diretamente o debate horizontal com as estratégias funcionais pares das UENs, diversas interfaces serão necessárias, a saber: (i) funcional Finanças: fornecer DRE da UEN e analisar os indicadores da TOC na UEN; (ii) funcional Marketing/vendas: dados sobre quantidade e financeiros sobre a importância dos clientes analisados. Admite-se que, após o primeiro ciclo de aplicação do modelo,

algumas ações irão alimentar a estratégia corporativa, e assim continuamente com as replicações periódicas.

Pressupõe que sinergia entre TOC, Lean e Seis Sigma gera resultados superiores ao uso isolado de cada abordagem. A revisão da literatura e o resultado do *survey* realizado reforçam tal pressuposto. Contudo, apesar dessa discussão dentro do contexto da Estratégia de Produção ainda não ter sido feita na literatura, espera-se que tal vantagem e sinergia permaneçam no contexto da Estratégia de Produção e das dimensões competitivas da UEN.

Pressupõe que a manufatura pode e deve obrigatoriamente ser usada como uma arma competitiva estratégica nas organizações modernas. Ou seja, está alinhado com a visão de Skinner (1974) de que a manufatura pode ser usada como uma arma competitiva estratégica das organizações frente ao ambiente atual de complexidade dos mercados.

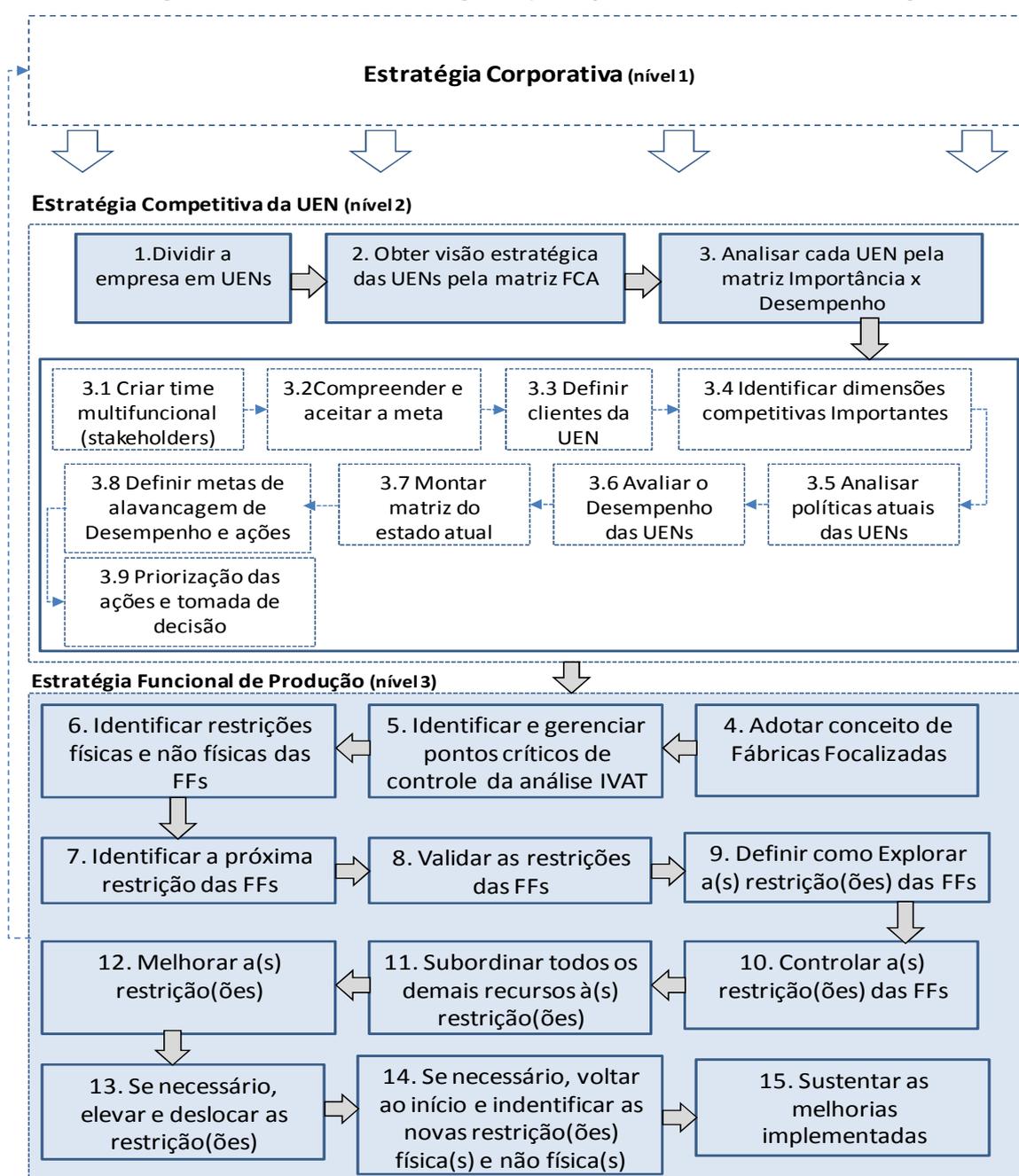
Pressupõe que a manufatura monitore os gargalos produtivos e CCRs. É necessário que a cultura de controles sobre os gargalos e CCRs da produção estejam em um bom nível de maturidade, para aumentar a assertividade das análises e soluções propostas pela empresa.

Pressupõe que a melhoria contínua dos resultados e o aperfeiçoamento do modelo, frente ao contexto de cada empresa, se dão a partir de ciclos de aplicação. Dado que é um modelo de carácter genérico, espera-se que adaptações sejam realizadas no contexto de cada empresa a partir das suas características intrínsecas. Assim sendo, seguindo a lógica do *Design Research* que se ajusta de forma adequada às necessidades da Gestão de Operações, o aprendizado interno à empresa e a customização do modelo, pode ser obtida após ciclos periódicos de replicação vis à vis ao PDCA. Sugere-se como periodicidade de replicação e revisão do modelo integrado proposto, o horizonte máximo de um ano.

Já quanto aos pré-requisitos para o modelo, idealmente, é desejável os seguintes fatores: (i) melhorias de leiaute: espera-se que melhorias de leiaute no sentido de eliminar os maiores e mais grosseiros contrafluxos internos de movimentação, sobretudo de matéria prima (Função Processo), sejam realizadas. Nesse ponto, a lógica de análise do Mecanismo da Função Produção que Shingo (1996) propunha, deve ser usado e idealmente espera-se que uma aproximação ao conceito de minifábricas ou fábricas focalizadas defina o norte das ações; (ii) melhorias na estabilidade do sistema: sabe-se que a variabilidade é fonte da maioria

dos problemas em sistemas produtivos, e, portanto seu tratamento é complexo. Contudo, é desejável que ações no sentido de estabilizar os processos críticos, como controles de processos, 5Ss, indicadores de qualidade etc, já estejam inseridos no sistema produtivo. Deseja-se assim evitar um ambiente caótico na manufatura e se ter níveis mínimos de estabilidade. Assim sendo, o modelo proposto está organizado nas seguintes etapas, conforme Figura 34, e a posteriori suas etapas são descritas detalhadamente:

Figura 34 – Modelo de estratégia de produção com TOC, *Lean* e Seis Sigma



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Etapa 1: Dividir a empresa em UENs. A pesquisa de Fusco (1997) definiu que UEN é uma divisão, linha de produtos ou outro centro de lucro de uma empresa que: (i) produz e comercializa um conjunto bem definido de produtos ou serviços correlatos; (ii) serve um conjunto claramente definido de clientes, numa área geográfica razoavelmente bem delimitada; (iii) compete com um conjunto bem definido de concorrentes. Segundo Hayes et al. (2008) cada UEN deve estabelecer prioridades de diferenciação claras, a partir das dimensões competitivas, sobre a maneira de se posicionar diante dos competidores. Hall (1978) afirma que a UEN: (i) atende a um segmento específico do mercado com uma estratégia direcionada; (ii) a estratégia da UEN deve ser adaptada às suas necessidades e alinhada às capacidades da organização. Os principais critérios para divisão das UENs para Fischmann e Santos (1982) são: linha de produtos, localização geográfica e mercado cliente. A matriz da Figura 35 ilustra como dividir a empresa em UENs e uma visão mais detalhada sobre os fatores críticos de escolha da UEN podem ser vistos em Fusco (1997).

Figura 35 – Matriz para divisão das UENs

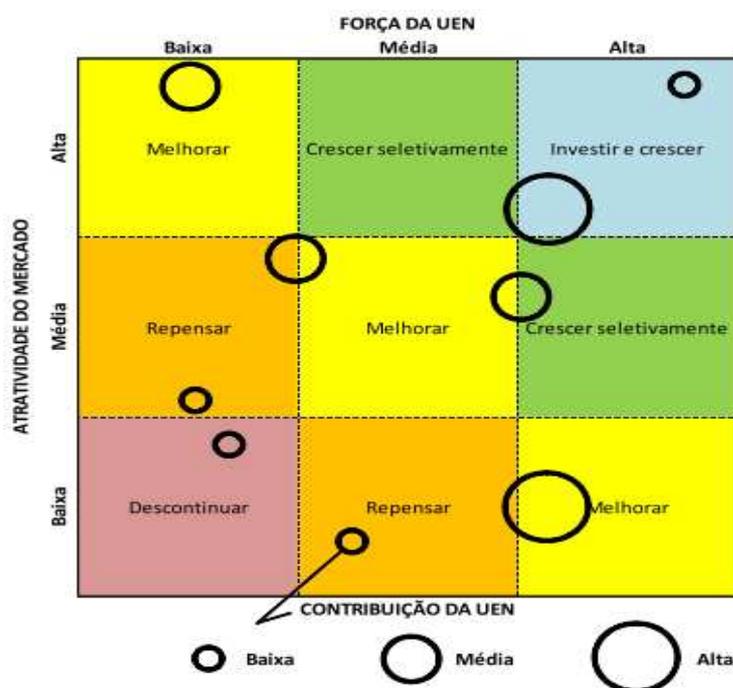
UENs da Organização Alfa				
Localização geográfica da organização	Família de produtos	Produto	Mercado consumidor ou cliente	UEN
Cidade K	X	X1	A	UEN 1
Cidade K	X	X2	A	
Cidade K	X	X3	A	
Cidade K	Y	Y1	B	UEN 2
Cidade K	Y	Y2	B	
Cidade J	Y	Y3	C	UEN 3
...

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

Etapa 2: Obter a visão estratégica geral das UENs da empresa pela análise da matriz FCA (Força-Contribuição-Atratividade). A matriz FCA (Força-Contribuição-Atratividade), Figura 36, foi criada por Miltenburg (2005) para propiciar a análise de variáveis econômicas (Força e Contribuição) e mercadológicas (Atratividade) das UENs da empresa. Na matriz cada esfera representa uma UEN, classificada sob três critérios: (i) Força da UEN no eixo das abcissas, a qual é dividida em dois critérios: participação de mercado e participação no faturamento total da empresa; (ii) Atratividade do mercado ao qual a UEN atende e está inserida. A Atratividade é julgada em três critérios: tamanho do mercado, taxa de crescimento do mercado e as barreiras de entrada; (iii) Contribuição da UEN, a qual é avaliada

pela sua Rentabilidade. Cabe dizer que a divisão das faixas e percentuais das variáveis Contribuição e Força deve ser customizada de acordo com o segmento de atuação e metas de resultados financeiros da empresa. Segundo Dupont (2011) a análise da matriz FCA é relevante, pois conforme o posicionamento da UEN diferentes estratégias genéricas podem ser definidas, a exemplificar: (i) se a UEN tem desempenho alto em todas as dimensões, a decisão estratégica é investir na UEN para gerar mais vendas e lucro; (ii) se a UEN tem baixo desempenho em todas as dimensões, a decisão sugerida é descontinuar a UEN.

Figura 36 – Matriz FCA das UENs



Fonte: Adaptado de Miltenburg (2005).

O presente autor sugere uma alteração na FCA no indicador de mensuração da variável Força da UEN proposta inicialmente por Miltenburg (2005). É indicado substituir a participação de cada UEN no Faturamento total da empresa pela participação Lucro Líquido total. Tal modificação, à luz dos indicadores globais da TOC, permite identificar com maior precisão quais UENs efetivamente impactam no resultado da empresa conduzindo-a para o alcance da meta de ganhar dinheiro hoje e no futuro. Para mensurar a variável Atratividade, a partir das tendências de mercado de cada UEN, a área de Marketing e Vendas podem atuar simultaneamente em duas frentes principais: (i) pesquisar junto aos principais clientes, usando como critério uma lógica de classificação ABC de contribuição ao

lucro da empresa, para medir as expectativas de aumento de consumo dos produtos; (ii) analisar os indicadores de mercado do respectivo segmento, sobretudo junto aos órgãos de classe e institutos econômicos. Como saída dessa etapa, espera-se obter uma visão estratégica ampla das UENs da empresa. A próxima etapa consiste em avaliar individualmente as UENs a partir de critérios de desempenho.

Etapa 3 : Analisar cada UEN a partir da matriz de Importância x Desempenho do estado atual da Operação. O objetivo de montar a matriz de Importância x Desempenho (SLACK, CHAMBER E JOHNSTON, 2009), conforme a Figura 7, é identificar o desempenho de cada UEN da Operação em cada dimensão competitiva em relação aos concorrentes e em relação às dimensões importantes ao mercado de cada UEN. Portanto, é preciso classificar as cinco dimensões, conforme o Quadro 9, quanto ao desempenho da Operação em relação aos concorrentes em: pior, igual ou melhor e em relação à importância dada pelos clientes em: menos importante, qualificador ou ganhador de pedidos. Para medir a importância dada pelos clientes às cinco dimensões competitivas consideradas, segue-se que a voz do cliente seja ouvida de acordo com as seguintes etapas de 3.1 a 3.6.

Etapa 3.1 : Criar time multinacional de gestores da Empresa (Produção, Marketing/vendas, Finanças, Engenharia, etc). A formação de um time coeso com a participação e apoio dos *stakeholders* é fundamental para o eficaz funcionamento do modelo proposto. Também se faz necessário atentar e evitar que o perfil e cargo de alguns gestores, como os da alta direção, acabem dando o viés direcionador e rumo das decisões tomadas em grupo. Há que se tentar manter a lógica de homogeneidade de relevância das respostas durante o processo.

Etapa 3.2 : Compreender e aceitar a visão sobre a meta da empresa para o melhor gerenciamento das restrições e das soluções propostas.

A ideia aqui é de que uma elevada carga de esforços individuais ou de poucas pessoas dentro da Operação trazem poucas chances de sucesso futuro do modelo proposto. A partir das razões de falha na implantação dos programas de melhoria já consolidadas na literatura, faz-se fundamental essa etapa no modelo. Então, à luz do foco da TOC, é preciso que: (i) treinamentos e programas de conscientização para garantir o entendimento da alta e média gerência sobre a meta

da empresa de focar o lucro líquido mantendo o respeito aos trabalhadores e clientes; (ii) consolidar o entendimento dos impactos das ações gerenciais pela relação entre os indicadores locais e os globais; (iii) da mesma maneira, o nível operacional do chão de fábrica precisa ter o entendimento sobre as restrições, seus impactos e maneiras de identificação (acúmulo de estoques, baixa eficiência, etc).

Etapa 3.3 : Definição dos clientes de cada UEN a serem pesquisados.

São definidos os clientes mais relevantes à Operação. Idealmente, indicar-se-ia ouvir todos os clientes de todos os produtos da UEN. Todavia, tal ação pode se tornar inviável devido aos custos associados, conforme o contexto de cada empresa. Como critério de decisão sugere-se usar, baseando-se na lógica do Pareto e numa série histórica de dados, hierarquicamente tais critérios: (i) clientes com maior participação para o Lucro Líquido da UEN; (ii) clientes com tendência de crescimento na participação no Lucro Líquido da UEN; (iii) clientes estratégicos por razões particulares do negócio (tempo longo de parceria nos negócios, cliente de mercados emergentes); (iv) e se ainda necessário, devido à carteira de clientes ser diversificada, sugere adotar os clientes AB da curva ABC de participação no lucro.

Etapa 3.4 : Identificar as dimensões competitivas importantes aos clientes da UEN. Sugere-se como ponto de partida usar as cinco dimensões principais: qualidade, flexibilidade, velocidade, entrega e custo. O que não inviabiliza da empresa adotar outras como: inovação, sustentabilidade, serviços, etc., caso julgue pertinente. A partir dos subobjetivos indicados por Corrêa e Corrêa (2011), o seguinte questionário do Quadro 30 pode ser usado para medir a importância dada pelos clientes da UEN a cada dimensão competitiva:

Etapa 3.4.1 : Analisar os resultados do questionário e definir as dimensões importantes/críticas por UEN. Para evitar durante a análise que todos os critérios sejam julgados igualmente importantes, sugere-se usar análise multivariada de dados, como a técnica de regressão múltipla, segundo proposto por Paiva et al. (2008). Espera-se com saída dessa etapa a classificação das dimensões competitivas de cada UEN em ganhadora, classificadora e menos importante.

Quadro 30 – Questionário de pesquisa aos clientes da UEN

Questionário aos clientes		Ganhador de pedido			Qualifica-dor			Menos importante		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Importante: Caro cliente, pondere os scores em relação à relevância para o seu negócio.										
Custo	Que grau de relevância você atribui ao custo dos nossos produtos									
	Que grau de relevância você atribui ao custo de entrega e serviços associados									
	O quão importante é para o seu negócio nossos Preços praticados									
Velocidade	Que grau de relevância você atribui ao tempo e a facilidade de acessar a nossa Operação									
	Que grau de relevância você atribui ao tempo para iniciar o seu atendimento									
	Que grau de relevância você atribui ao tempo para cotar preço, prazo e especificação									
Entrega	Que grau de relevância você atribui ao tempo de entrega do produto									
	O quão importante é para o seu negócio a Velocidade da nossa Operação									
	Que grau de relevância você atribui à pontualidade e cumprimento dos prazos acordados									
Qualidade	Que grau de relevância você atribui à integridade e cumprimento de promessas feitas									
	Que grau de relevância você atribui à segurança pessoal ou de seus bens									
	Que grau de relevância você atribui à manutenção do atendimento, mesmo diante de imprevistos									
Flexibilidade	O quão importante é para o seu negócio a Entrega da nossa Operação									
	Que grau de relevância você atribui ao desempenho e as características primárias do nosso produto									
	Que grau de relevância você atribui à conformidade de acordo com as especificações									
	Que grau de relevância você atribui as características acessórias/adicionais do produto									
	Que grau de relevância você atribui ao tempo de vida útil do produto									
	Que grau de relevância você atribui à probabilidade de falha do produto no tempo									
	Que grau de relevância você atribui à limpeza das instalações da Operação									
	Que grau de relevância você atribui ao conforto físico do cliente oferecido pela Operação									
	Que grau de relevância você atribui à estética de design dos produtos									
	Que grau de relevância você atribui à capacitação técnica dos colaboradores da Operação									
Outros	Que grau de relevância você atribui à simpatia, educação e cortesia no atendimento									
	Que grau de relevância você atribui à atenção dada durante o atendimento									
	O quão importante é para o seu negócio a Qualidade da nossa Operação									
	Que grau de relevância você atribui à habilidade de modificar o mix produzido									
	Que grau de relevância você atribui à habilidade de alterar datas de entrega									
Outros	Que grau de relevância você atribui à habilidade de alterar volumes de produção									
	Que grau de relevância você atribui à amplitude de horários de atendimento									
	Que grau de relevância você atribui à amplitude de área geográfica de atendimento									
	O quão importante é para o seu negócio a Flexibilidade da nossa Operação									
	Como você avalia de forma geral, nossos preços praticados									
Como você avalia de forma geral, a velocidade da nossa Operação										
Como você avalia de forma geral, a nossa confiabilidade de entrega										
Como você avalia de forma geral, a qualidade dos nossos produtos										
Como você avalia de forma geral, a flexibilidade da nossa Operação										

Fonte: elaborado pelo autor a partir de Corrêa e Corrêa (2011).

Etapa 3.5 : Analisar as políticas atuais praticadas com os clientes de cada UEN. Analisar as políticas e estratégias atuais para identificar as lacunas que a empresa possui internamente para atender às dimensões críticas aos clientes da UEN. Deve-se avaliar o impacto de cada dimensão a ser melhorada nas respectivas categorias de decisão, segundo a força de relação expressa no Quadro 11, bem como propor melhorias. Outra fonte de análise das práticas atuais que pode resultar em oportunidades e *insights* nessa etapa está associada à Rede de Valor por Paiva et al. (2009). Nesse sentido se propõe avaliar as seguintes políticas estratégicas, conforme Quadro 31. A partir desse processo de análise, podem emergir possíveis decisões para melhorar o desempenho interno das dimensões importantes para os clientes das UENs.

Quadro 31 – Possíveis decisões estratégicas às categorias de decisão

Área	Categoria de decisão	Algumas decisões possíveis
Desenvolvimento de produtos		Tecnologia em gestão (engenharia simultânea e equipamentos (CAD/CAM) de suporte Equipes e infraestrutura própria ou terceirizada Nível de utilização das tecnologias da informação Nível de inovação de produtos
		Nível de integração com fornecedores, clientes e parceiros externos Número de fornecedores por item comprado Tipo de relacionamento com fornecedor Subcontratação de atividades (estrategicamente algumas atividades devem ou não ser mantidas na empresa)
Produção	Capacidade	Capacidade total de produção Nível planejado de uso da capacidade Estratégias adequadas à sazonalidade
	Instalações	Localização geográfica da planta Nível de focalização e uso de minifábricas
	Processos	Tipos de processos adequados ao produto Aquisição de tecnologia: própria ou adquirir Nível de inovação de processos
	Recursos Humanos	Perfil dos profissionais nos diferentes níveis hierárquicos da produção Desdobramento da estratégia coporativa ou da UEN entre os níveis hierárquicos Formas de gerenciamento do conhecimento
	Gestão da Qualidade	Gestão com sistemas certificados (ISO, TS) ou não certificados (Qualidade Total, Seis Sigma) Focar um sistema ou integração de diferentes sistemas de gestão Meios de melhoria contínua em produtos, serviços e processos
	Relação interfuncional	Aumentar a participação da produção nas decisões estratégicas Avaliar o nível de utilização dos sistemas de gestão, equipamentos e gestão de processos para aumentar a integração entre as áreas
Distribuição		Nível de customização da distribuição Próprio ou terceirizado Uso ou não de depósitos, quantidade e localização Integração via internet, tecnologia de informação Centros de distribuição
Serviços		Tipo de serviço a ser agregado ao produto/serviço Gerenciamento interno das operações de serviços Rapidez, personalização e localização do serviço

Fonte: adaptado de Paiva et al. (2009).

Etapa 3.6 : Avaliar o Desempenho da UEN em relação à concorrência nas dimensões competitivas críticas valorizadas pelo mercado. Sugere-se que a análise do desempenho da manufatura frente ao desempenho dos concorrentes seja feita pelo time multifuncional anteriormente referido, porém com a adição da média gerência da área de produção e engenharia de processos. Para evitar subjetividade no julgamento, três fontes de informações são importantes e indicadas no modelo: (i) os construtos que definem cada dimensão competitiva; nesse caso sugere-se aplicar o mesmo formulário respondido pelos clientes de acordo com o Quadro 30, para avaliar os níveis de aderência do desempenho interno da Operação às dimensões importantes para os clientes de cada UEN; (ii) indicadores de medição típicos que contribuem para o entendimento de cada dimensão competitiva importante,

conforme Quadro 32. Tais indicadores são os propostos por de Slack, Chamber e Johnston (2009), porém, com algumas modificações realizadas à luz da TOC, as quais estão sublinhadas e destacadas no Quadro 32 pelo presente autor; (iii) e por fim, é indicado diagnosticar o grau de maturidade e foco vigente em relação aos concorrentes, que é dado às práticas em cada UEN que contribuem para a alavancagem das respectivas dimensões, consoante com os resultados da *survey* TOC, *Lean* e Seis Sigma apresentados anteriormente nas Tabelas 10, 13 e 16. A partir dos resultados da análise estatística realizada na seção 6.2, sugerem-se dois níveis da análise: (i) práticas de alta prioridade considerando as três abordagens: TOC, *Lean* e Seis Sigma (Quadro 33); (ii) práticas prioritárias individuais para cada abordagem conforme Quadros 34 (TOC), Quadro 35 (*Lean*) e Quadro 36 (Seis Sigma).

Quadro 32 – Medidores das dimensões competitivas

Dimensão competitiva	Indicador típico
Qualidade	Número de defeitos por unidade Nível de reclamação de consumidor <u>Nível de refugo e retrabalho no gargalo e demais recursos</u> Solicitações de garantia Tempo médio entre falhas Grau de satisfação do consumidor
Velocidade	Tempo médio de espera em fila do consumidor Lead time de pedido Frequência de entregas <u>Tempo de ciclo nos recursos gargalos</u> Tempo de atravessamento real x teórico
Confiabilidade de entrega	% de pedidos entregues em atraso e no prazo Atraso médio dos pedidos <u>Tempo de espera de lote nos recursos gargalos</u> Proporção de produtos em estoque Desvio médio da promessa de entrega Aderência à programação
Flexibilidade	Tempo de desenvolvimento de novos produtos/serviços Mix de produtos ou serviços <u>Tempos de setup em recursos gargalos e restritivos</u> Tamanho médio de lote <u>Tempo para mudar as programações de produção</u> Tempo para aumentar a taxa de produção Capacidade produtiva média e máxima
Custo	Variação dos custos x orçamento <u>Utilização dos gargalos (Overall Equipment Efficiency-OEE)</u> Produtividade da mão-de-obra Taxa da valor agregado Custo por hora de produção

Fonte: adaptado de Slack, Chamber e Johnston (2009).

Essa última análise se faz necessário, uma vez que nem todos os sistemas produtivos possuem as três abordagens ou elementos delas implantados. Tal análise também pode ser útil como decisão gerencial, pois cada empresa pode optar

ou não pela a implementação combinada da TOC, *Lean* e Seis Sigma ou das suas principais práticas, conforme as dimensões a serem melhoradas.

Para os Quadros 34, 35 e 36 criou-se uma escala de três níveis de prioridade a partir do *ranking* de Friedman visto na seção 6.2. A escala do *ranking* foi dividida em: Prioridade 1 (alta) escores entre 4.5 e 3.5, Prioridade 2 (média) escores entre 3.49 e 2.5 e Prioridade 2 (baixa) abaixo de 2.49. Sabe-se obviamente da dificuldade de se obter informações gerenciais precisas sobre os concorrentes. Contudo, dado à relevância em se ter o diagnóstico da Operação frente aos concorrentes, é desejável que ao menos a análise do Quadro 33, bem como a análise da área de Prioridade 1 às demais abordagens, seja realizada. Idealmente sugere-se que as três fontes de dados sejam comparadas com o desempenho dos concorrentes. Assim sendo, com essas três fontes de informações descritas, pretende-se tentar eliminar o impacto da subjetividade nessa relevante etapa de desenvolvimento da matriz Importância x Desempenho.

Quadro 33 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (práticas TOC, Lean e Seis Sigma)

MATRIZ DE ANÁLISE DE DESEMPENHO DA OPERAÇÃO EM RELAÇÃO AOS CONCORRENTES À LUZ DAS PRÁTICAS TOC, LEAN E SEIS SIGMA			Empresa Alfa					Concorrente					Diferença entre escore da Empresa Alfa e Concorrentes	
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		GAP
Qualidade	1	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)												
	2	1.Cicle DMAIC												
	3	8.FMEA												
	4	2.Statistical process control												
	5	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)												
Velocidade	1	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)												
	2	9.Dynamic Buffer Management												
	3	3.TOC Replenishment for Distribution												
	4	11.SMED												
	5	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)												
Entrega	1	3.TOC Replenishment for Distribution												
	2	9.Dynamic Buffer Management												
	3	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)												
	4	5.Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)												
Flexibilidade	1	11.SMED												
	2	10.Strategic Planning												
	3	9.Dynamic Buffer Management												
Custo	1	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)												
	2	8.FMEA												
	3	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)												

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

Quadro 34 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (TOC)

Dimensão alavancada		Prática	Empresa Alfa					Concorrente					Diferença entre escore da Empresa Alfa e Concorrentes
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		GAP
Nível de prioridade 1 (alta)	Entrega	3.TOC Replenishment for Distribution											
	Velocidad	3.TOC Replenishment for Distribution											
	Velocidad	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)											
	Entrega	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)											
	Entrega	9.Dynamic Buffer Management											
	Velocidad	9.Dynamic Buffer Management											
	Velocidad	2.Critical Chain Project Management											
Nível de prioridade 2 (média)	Entrega	2.Critical Chain Project Management											
	Flexibilida	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)											
	Flexibilida	2.Critical Chain Project Management											
	Flexibilida	3.TOC Replenishment for Distribution											
	Flexibilida	9.Dynamic Buffer Management											
	Qualidade	2.Critical Chain Project Management											
	Qualidade	9.Dynamic Buffer Management											
Nível de prioridade 3 (baixa)	Custo	3.TOC Replenishment for Distribution											
	Custo	2.Critical Chain Project Management											
	Custo	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)											
	Custo	9.Dynamic Buffer Management											
	Qualidade	1.Scheduling process (DBR and S-DBR)											
	Qualidade	3.TOC Replenishment for Distribution											

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

Quadro 35 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (Lean)

Dimensão avaliada	Prática	Empresa Alfa					Concorrente					Diferença entre escore da Empresa Alfa e Concorrentes	
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Nível de prioridade 1 (alta)	Custo	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)											
	Velocidade	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takted production, Process synchronization)											
	Qualidade	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)											
	Custo	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)											
	Velocidade	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)											
	Qualidade	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)											
	Velocidade	11.SMED											
	Entrega	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)											
	Qualidade	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)											
	Entrega	10.TPM (Total Productive Maintenance)											
Nível de prioridade 2 (média)	Custo	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)											
	Entrega	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takted production, Process synchronization)											
	Flexibilidade	11.SMED											
	Custo	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)											
	Velocidade	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)											
	Velocidade	10.TPM (Total Productive Maintenance)											
	Entrega	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)											
	Qualidade	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)											
	Flexibilidade	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)											
	Entrega	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)											
Nível de prioridade 3 (baixa)	Velocidade	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)											
	Entrega	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)											
	Custo	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takted production, Process synchronization)											
	Flexibilidade	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)											
	Flexibilidade	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)											
	Custo	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)											
	Entrega	11.SMED											
	Custo	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)											
	Custo	10.TPM (Total Productive Maintenance)											
	Flexibilidade	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)											
Nível de prioridade 3 (baixa)	Custo	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)											
	Custo	11.SMED											
	Entrega	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)											
	Flexibilidade	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)											
	Entrega	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)											
	Qualidade	10.TPM (Total Productive Maintenance)											
	Entrega	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)											
	Velocidade	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)											
	Flexibilidade	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takted production, Process synchronization)											
	Flexibilidade	10.TPM (Total Productive Maintenance)											
Nível de prioridade 3 (baixa)	Velocidade	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)											
	Flexibilidade	7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)											
	Velocidade	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)											
	Velocidade	3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)											
	Qualidade	6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)											
	Qualidade	11.SMED											
	Qualidade	12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)											
	Qualidade	2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)											
	Qualidade	4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause)											
	Qualidade	1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takted production, Process synchronization)											
Flexibilidade	5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)												

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

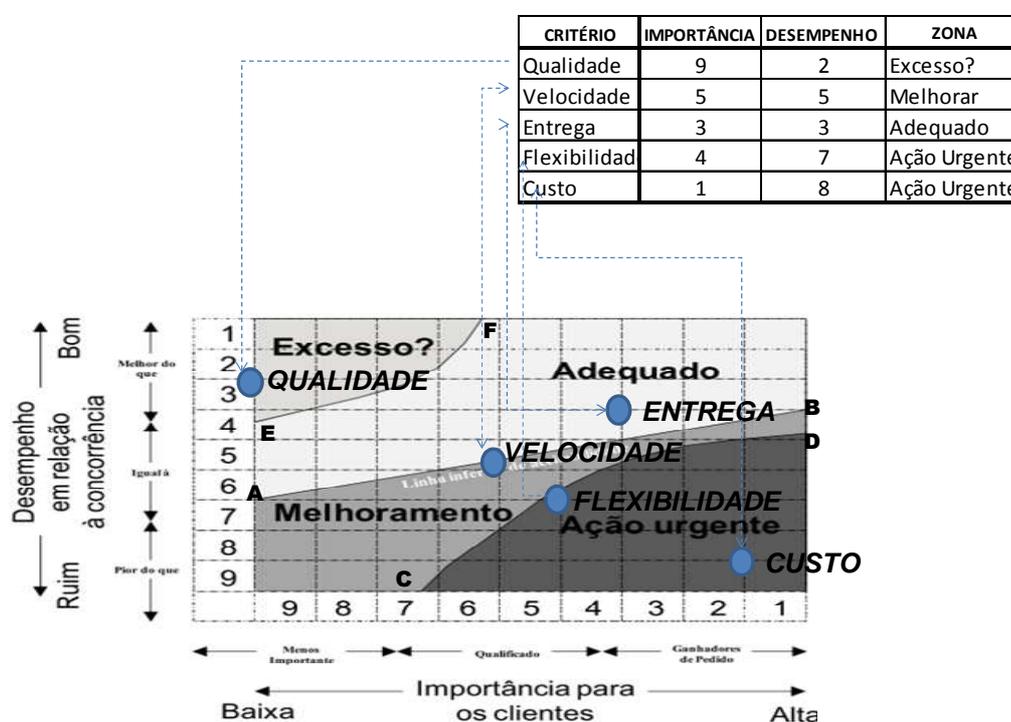
Quadro 36 – Diagnóstico de desempenho da UEN x concorrentes (Seis Sigma)

Dimensão avançada	Prática	Empresa Alfa					Concorrente					Diferença entre escore da Empresa Alfa e Concorrentes		
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
		A prática não é usada na UEN	Fase inicial de implantação na UEN. Resultados práticos não evidentes. Em aprendizagem.	É usada em toda a UEN. Resultados práticos são observados localmente.	É usada em toda a UEN. Os resultados práticos são evidentes na UEN.	É usada em toda a UEN. Há participação efetiva dos funcionário e há repetibilidade da prática. Os resultados são continuamente melhorados.	A prática não é usada na UEN	Fase inicial de implantação na UEN. Resultados práticos não evidentes. Em aprendizagem.	É usada em toda a UEN. Resultados práticos são observados localmente.	É usada em toda a UEN. Os resultados práticos são evidentes na UEN.	É usada em toda a UEN. Há participação efetiva dos funcionário e há repetibilidade da prática. Os resultados são continuamente melhorados.			
Nível de prioridade 1 (alta)	Custo	3.Cicle DMADV												
	Custo	6.Design of experiments(DOE)												
	Custo	9.Regression analysis												
	Custo	2.Statistical process control												
	Qualidade	11.Hypothesis testing												
	Custo	7.QFD												
	Custo	1.Cicle DMAIC												
	Qualidade	2.Statistical process control												
	Qualidade	6.Design of experiments(DOE)												
	Nível de prioridade 2 (média)	Qualidade	7.QFD											
Qualidade		1.Cicle DMAIC												
Entrega		1.Cicle DMAIC												
Entrega		11.Hypothesis testing												
Custo		11.Hypothesis testing												
Qualidade		9.Regression analysis												
Qualidade		3.Cicle DMADV												
Entrega		3.Cicle DMADV												
Flexibilidade		7.QFD												
Entrega		9.Regression analysis												
Flexibilidade		3.Cicle DMADV												
Entrega		6.Design of experiments(DOE)												
Entrega		2.Statistical process control												
Velocidade		9.Regression analysis												
Velocidade		2.Statistical process control												
Flexibilidade	1.Cicle DMAIC													
Flexibilidade	6.Design of experiments(DOE)													
Nível de prioridade 3 (baixa)	Entrega	7.QFD												
	Flexibilidade	9.Regression analysis												
	Flexibilidade	11.Hypothesis testing												
	Velocidade	7.QFD												
	Velocidade	11.Hypothesis testing												
	Flexibilidade	2.Statistical process control												
	Velocidade	6.Design of experiments(DOE)												
	Velocidade	1.Cicle DMAIC												
Velocidade	3.Cicle DMADV													

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

Etapa 3.7 : Montar a matriz de Importância x Desempenho do estado atual por UEN. Deve-se montar a matriz conforme Figura 37, seguindo os critérios de ponderação do Quadro 9. Sucintamente, considera-se na tomada de decisão os seguintes critérios, consoante a zona na matriz: (i) ação urgente: a dimensão precisa de melhorias imediatamente; (ii) melhoramento: é preciso melhoria de médio prazo; (iii) adequado: dimensões adequadas mas devem ser monitoradas; (iv) excesso: verificar se há desperdício de recursos para melhorar algo que o cliente não deseja; o ponto de interrogação dá a ideia de investigação do contexto.

Figura 37 – Matriz de importância x desempenho do estado atual por UEN

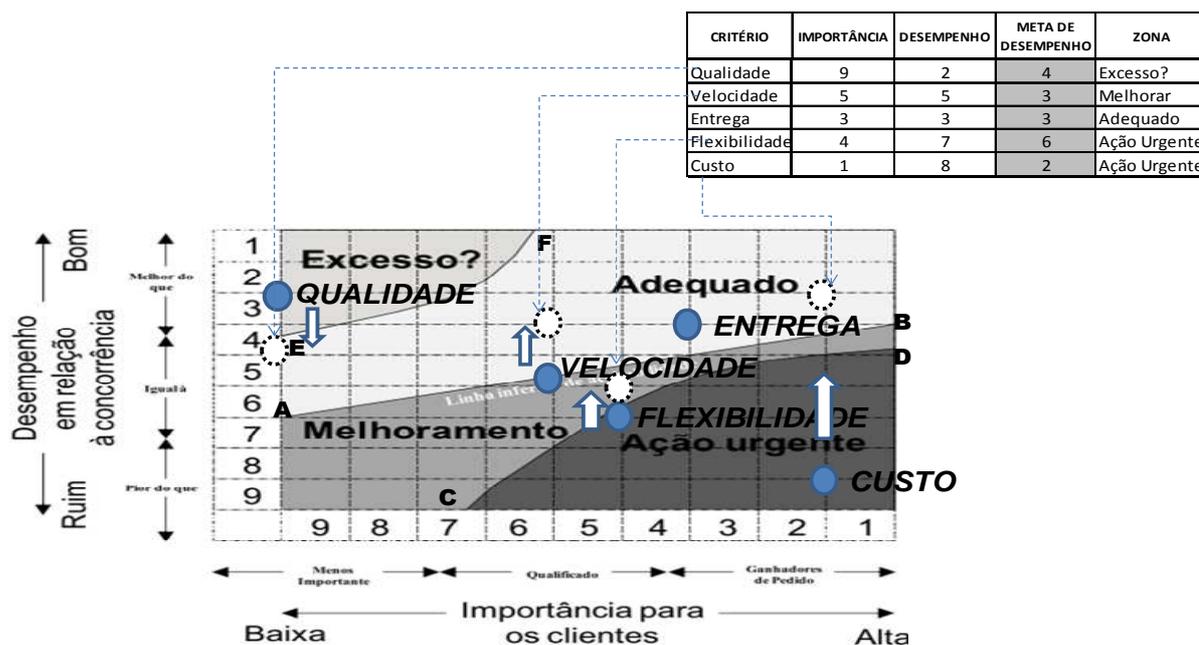


Fonte: adaptado de Slack, Chamber e Johnston (2009).

3.8 : Definir metas de alavancagem de Desempenho e as ações de melhoria para cada UEN. Após conhecido o desempenho da Operação, a performance da empresa nos indicadores de cada dimensão e os critérios críticos considerados pelos clientes, se faz necessário definir os objetivos e quantificar as metas alavancagem de desempenho interno segundo uma lógica de=>para nas dimensões importantes de cada UEN (critérios ganhadores de pedido e qualificadores). As entregas dessa etapa são: o consenso entre o time multifuncional sobre as metas de desempenho para o estado futuro e o consenso sobre as ações propostas, ou seja, todas as ações válidas devem ser listadas. A matriz já criada em

3.7 pode ser usada pelo time para definir a visão de futuro da UEN. E a representação Polar pode ser usada ao final dessa etapa para claramente visualizar comparativamente o caminho a ser seguido entre o estado atual e futuro de cada UEN, conforme indicam as Figuras 38 e 39.

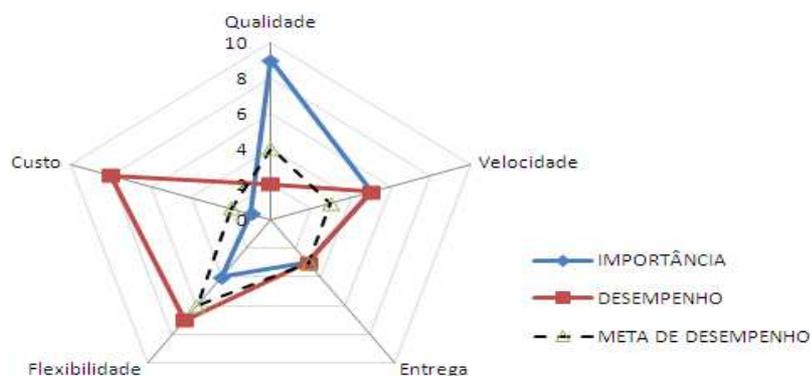
Figura 38 – Matriz de importância x desempenho do estado futuro por UEN



Fonte: adaptado de Slack, Chamber e Johnston (2009).

No caso da Figura 39, a linha tracejada consolida a visão do estado futuro da UEN, a partir das melhorias no Desempenho atual.

Figura 39 – Representação polar da UEN: estado atual x futuro



Fonte: elaborado pelo autor (2012).

Em seguida, todas as ações levantadas no passo 3.6 e 3.8 devem ser listadas para que o time inicie o julgamento de priorização no passo 3.9.

3.9 : Priorização das ações estratégicas para a tomada de decisão gerencial. Segundo Slack, Chamber e Johnston (2009) as dimensões localizadas na matriz abaixo da linha inferior de aceitabilidade, devem ser melhoradas. Assim sendo, dado que as ações aqui definidas estão no nível estratégico, é coerente adotar como norteador de priorização a força dos indicadores da TOC, já discutidos na seção 3.12. Portanto, sugere-se inicialmente criar o DRE dividindo a empresa em UENs. A escolha do DRE se dá, por ser uma forma típica de análise financeira de relativo fácil acesso nas organizações, servindo como fonte de informações para compor a análise dos indicadores da TOC.

Essa etapa do modelo segue o modelo de Dupont, Antunes Júnior e Pantaleão (2010) que propuseram um sistema de avaliação de resultados para organizações a partir de suas UENs baseado no princípio do custeio direto (o qual determina se os custos são diretos ou não em relação a uma unidade de acumulação, nesse caso as UENs). Ou seja, o mesmo custo pode ser indireto de analisado em relação aos produtos individuais (depreciação de máquina, etc) e direto em relação à família de produtos (a máquina é usada apenas para produzir uma família de produtos que é feita na UEN). Assim os custos são considerados diretos (sem necessidade de utilização de bases de rateio) em relação à família de produtos que é feita na UEN. O sistema proposto propõe que: (i) os custos variáveis diretos sejam alocados aos produtos da UEN; (ii) os custos fixos diretos sejam alocados a UEN; (iii) custos variáveis indiretos e fixos indiretos: devem ser alocados a empresa como um todo. Em seguida, a partir do DRE, sugere-se calcular os indicadores à luz da contabilidade de ganhos da TOC (GOLDRATT, 1991), conforme Quadro 37.

Quadro 37 – Indicadores da TOC

Tipo	Decisão	Indicador	Definição	Cálculo
Indicadores Locais de alcance da meta	Decisões gerenciais locais ou diárias	Ganho (G)	Índice de geração de dinheiro pela Operação através das vendas, e não pela produção; itens produzidos e não vendidos são Inventário ou Investimento	(Preço de Venda) - (Custos Totalmente Variáveis)
		Investimento (I)	Todo o dinheiro que a Operação investe da compra de coisas que pretende vender	(Matérias primas, produto acabado e em processo, ativos imobilizados, máquinas, etc)
		Despesa Operacional (DO)	Todo o dinheiro que a Operação gasta para transformar Investimento em Ganho	(Overheads, trabalhos diretos/indiretos)
Indicadores Globais de alcance da meta	Decisões gerenciais tomadas em elevado nível hierárquico	Lucro Líquido (LL)	Medida absoluta de lucro; é o quanto a empresa gerou de dinheiro aos acionistas	$LL = G - DO$
		Retorno Sobre Investimento (RSI)	Medida relativa	$RSI = (G - DO) / I$
		Fluxo de Caixa (FC)	Medida de sobrevivência da Operação	$FC = G + DO + I$

Fonte: elaborado pelo autor a partir de Noreen et al. (1996).

A decisão segue duas etapas de priorização propostas: (i) etapa 1: escolha da UEN que prioritariamente deverá receber mais investimentos em detrimento das demais, adotando o critério da contribuição dos indicadores globais da TOC de cada UEN em relação ao total da empresa; (ii) etapa 2: priorização das ações individuais em cada UEN da empresa, adotando o critério da potencial contribuição da ação nos indicadores locais da TOC. Os critérios são apresentados no Quadro 38.

Quadro 38 – Critérios de tomada de decisão

Etapa 1: Escolha da UEN prioritária	Prioridade	Critério de decisão	Etapa 2: Escolha das ações prioritárias para a UEN	Prioridade	Critério de decisão
	1	Aumenta LL e FC e RSI		1	Aumenta G e reduz DO e I
2	Aumenta LL e FC	2	Aumenta G e reduz I		
3	Aumenta LL e RSI	3	Aumenta G e reduz DO		
4	Aumenta LL	4	Aumenta G		
5	Aumenta FC	5	Reduz I		
6	Aumenta RSI	6	Reduz DO		

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

Obviamente por se tratar de um modelo direcionador de ações algumas variáveis adicionais e relevantes precisam ser consideradas. A principal se refere à taxa ou percentual (montante financeiro em relação à situação atual) de aumento ou redução em cada indicador, resultante da análise dos critérios da respectiva ação. O que torna a decisão, via de regra, um pouco mais complexa. Se julgar necessário, o time pode estipular uma mensuração através de escalas ou escores de pontuação conforme o impacto percentual de cada ação, seja no aumento ou redução em cada indicador. Além disso, critérios como investimento necessário para execução da ação e a própria dificuldade para implantar a ação devem ser considerados. Todavia, há que se manter como direcionador preponderante o ponto de vista dos indicadores da TOC devido ao impacto no resultado global e alcance da meta.

Etapa 4 : Adotar na Gestão das Operações das UENs o conceito de Fábricas Focalizadas (FFs). O objetivo das etapas anteriores do modelo foi consolidar uma clara visão estratégica das UENs bem como o foco de ação, predominando a análise no segundo nível da estratégia (UEN). Agora, focando o nível funcional da Estratégia da Produção, algumas ações específicas precisam ser avaliadas. Do ponto de vista da Gestão das Operações, pode-se dizer que o cenário ideal para as UENs seria que todas as UENs estivessem fisicamente separadas sem compartilhamento de recursos e claramente identificadas dentro do leiaute do

sistema produtivo. Essa lógica foi discutida por Skinner (1974) ao propor que as manufatura pode se tornar uma arma competitiva visando atender o mercado a partir da especialização e focalização de seus recursos. As principais razões para o uso das FFs para Skinner (1974) são: (i) a empresa não pode ser simultaneamente excelente em todas as dimensões competitivas valorizadas pelo mercado; (ii) há diversas maneiras e critérios competitivos pelos quais a Operação pode competir e se posicionar; (iii) a focalização está associada com a redução da complexidade facilitando a repetição, aperfeiçoamento e gestão. Implantar o conceito das FFs na UEN, segundo Skinner (1974), consiste em focalizar os seguintes aspectos na manufatura: (i) focalizar os equipamentos e processos por UEN, obtendo minifábricas, ou seja, fábricas dentro de fábricas na Operação; (ii) focalizar o processos de gestão das pessoas na FF da UEN, desenvolvendo capacitações internas de autonomia, multifuncionalidade e solução de problemas; (iii) focalizar por UEN o planejamento, a programação e o controle da produção; (iv) focalizar a estrutura organizacional de apoio e de gestão da UEN. Harmon e Peterson (1991) adicionam outros relevantes critérios a serem considerados na FF: (v) focalizar a administração dos materiais, a gestão da manutenção, a engenharia de produtos e processos e a qualidade. Espera-se também, que poderão coexistir diversas fábricas focalizadas, atendendo mercados e critérios competitivos específicos, dentro da mesma UEN. As principais vantagens obtidas pelas FFs ao reduzir a complexidade segundo Skinner (1974) e Harmon e Peterson (1991) são em síntese o atendimento ao mercado e às dimensões competitivas da UEN de forma mais eficaz que o conceito tradicional de centralização. Entende-se que a transformação da UEN em uma FF envolve um processo gradual e complexo, entretanto, de diversos benefícios relevantes à Gestão das Operações e à empresa.

Etapa 5 : Identificar e gerenciar pontos críticos de controle da UEN pela análise IVAT. Uma vez que as UENs foram organizadas em FFs, se faz necessário compreender e gerir a nova configuração produtiva da UEN para atender às dimensões competitivas. Nesse sentido, a análise IVAT da TOC fornece importantes subsídios, pois: (i) evidencia os pontos críticos de controle considerando o fluxo produtivo da UEN; (ii) permite analisar as interações no nível das FFs da UEN bem como no nível das diferentes UENs dentro da empresa. Para Pirasteh e Fox (2010) a análise IVAT ou a combinação dessas formas, gera as seguintes vantagens: (i)

selecionar os pontos estratégicos para gerenciar o fluxo, regulando a entrada de matéria prima para o sistema. Nesse caso, a análise IVAT pode contribuir para compreender e visualizar as diferentes configurações de fluxo e estoques nas diferentes UENs da empresa; (ii) os pontos de controle podem ser usados para gerenciar o sistema pelos indicadores da TOC; (iii) os pontos de controle melhoram a comunicação entre vendas, produção e marketing. O Quadro 39 apresenta características para identificar cada tipo de planta e o Apêndice H indica os respectivos pontos de controle.

Quadro 39 – Classificação IVAT

Planta	Características	Principais problemas
Planta I	Todas as peças têm roteiros semelhantes Recursos são compartilhados entre os produtos mas as matérias primas não são Há pouca montagem envolvida	Baixo desempenho de entregas Elavados estoques em processo Nível de produção abaixo das taxas estimadas
Planta V	O número de itens finais é grande em comparação ao número de matérias-primas, porque nos pontos de divergência ao longo do fluxo várias etapas de produção são concluídas Todos os produtos finais são produzidos essencialmente da mesma maneira, ou seja, todos os produtos são processados através das mesmas operações Os equipamentos são especializados e de capital intensivo (há um número relativamente pequeno de operações básicas executadas repetidamente)	Estoque de produtos acabados é grande Serviço ao cliente é pobre. Gerentes de produção se queixam constantemente a evolução das mudanças na demanda Gerentes de vendas e marketing se queixam da falta de capacidade de resposta da manufatura Conflitos interdepartamentais são comuns dentro da área de manufatura
Planta A	Um grande número de peças fabricadas e compradas resultam um único ou poucos itens finais, pois cada ponto divergente representa a agregação de montagens reduzindo o número de itens drasticamente Os componentes são únicos para itens finais específicos, diferente da planta T Os roteiros de produção para os componentes do item final são altamente diferentes entre si e os recursos do processo são flexíveis e compartilhados com diferentes produtos	A montagem sofre tensão para cumprir os prazos da produção Excesso de horas extras. Recursos que estavam ociosos há tempos de repente encontram uma onda de material que é urgente para a montagem Utilização de recursos não é satisfatória Gargalos de produção parecem vagar sobre a planta Toda a operação parece estar fora de controle
Planta T	Um certo número de peças fabricadas e compradas são montados em conjunto para produzir o produto final Os componentes são comuns a vários diferentes itens finais Os roteiros de produção para os componentes são bastante diferentes	Grande quantidade de bens acabados e estoque de componentes Baixa performance em entrega Excessivos lead times Utilização de recursos insatisfatória na fabricação Fabricação e montagem funcionam de forma não sincronizadas

Fonte: Cox e Scheleier (2010).

Assim sendo, a gestão da FF pode seguir as seguintes etapas: (1) realizar a classificação IVAT das FFs da UEN e das UENs da empresa; (2) definir os pontos de controle (Apêndice H) da UEN, seguindo os critérios: recurso com sobra e capacidade e próximo às operações críticas finais do fluxo; (3) gerenciar o *Time buffer* de matéria-prima nos pontos de controle; (4) implantar a corda (informação) para ligar o ponto de controle à liberação de material. Nesse caso, o acionamento via *kanban* físico ou eletrônico pode ser usado; (5) monitorar a interrupções e itens faltantes no ponto de controle; gráficos de Pareto e o histórico de dados podem ser usados para monitorar e melhorar as interrupções.

Etapa 6 : Identificar as restrições físicas e não físicas de cada UEN. A restrição física (estrutural) é externa ou interna à Operação? Após dividir a Operação em FFs, a identificação da restrição de capacidade em relação à demanda, é importante porque permite direcionar os esforços e recursos

estratégicos: (i) se a restrição está no mercado, ou seja, a capacidade dos recursos da UEN é maior que a demanda, esforços relacionados a Marketing e Vendas (áreas funcionais da UEN) devem ser direcionados para conquistar mais clientes para a UEN; e nesse ponto a identificação clara das dimensões competitivas críticas para cada mercado é fundamental; também é esperado que a implementação das melhores práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma contribuam para ganho de mercados, ainda que no médio e longo prazo, em consequência da redução de custos, melhoria de qualidade, redução de *lead time*, etc. (ii) se a restrição é interna e está em recursos com capacidade menor que a demanda da UEN, todas as ações devem ter como prioridade o gargalo da UEN, e em segundo lugar os recursos à montante do gargalo que o mantém operando de modo a evitar paradas por falta de alimentação e em terceiro lugar os demais recursos à jusante do gargalo.

Também é esperado que a implementação das melhores práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma contribuam para remover a restrição e melhorar o desempenho em cada dimensão competitiva a partir da focalização das práticas alavancadoras de cada dimensão. Provavelmente, as melhorias feitas no gargalo irão melhorar no mínimo, o desempenho global da UEN nas dimensões: entrega, velocidade e flexibilidade, dado que ele define o ganho e as saídas do sistema. Assim sendo, partindo da afirmação de Dettmer (1998) de que, na maioria dos casos, uma restrição está causando um dos outros tipos de restrições, se faz necessário considerar e diferenciar as restrições físicas e não físicas da UEN, simultaneamente, através da análise de causa efeito. Para identificar se a restrição é interna à UEN, ou seja, está associada a um recurso com capacidade menor que a demanda, sugere-se usar o seguinte modelo de análise de Capacidade x Demanda, Figura 40, conforme Antunes et al. (2008).

Figura 40 – Análise de capacidade x demanda

Produtos	Programação Mensal	Tempo de ciclo por equipamento				Demanda mensal por equipamento			
		Equip 1	Equip 2	Equip 3	Equip 4	Equip 1	Equip 2	Equip 3	Equip 4
A	PMa	t1a	t2a	t3a	t4a	t1a x PMa	t2a x PMa	t3a x PMa	t4a x Pma
B	PMb	t1b	t2b	t3b	t4b	t1b x PMb	t2b x PMb	t3b x PMb	t4b x PMb
C	PMc	t1c	t2c	t3c	t4c	t1c x PMc	t2c x PMc	t3c x PMc	t4c x PMc
D	PMd	t1d	t2d	t3d	t4d	t1d x PMd	t2d x PMd	t3d x PMd	t4d x PMd
Demanda total por equipamento (D) =						D11	D21	D31	D41
Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) =						$\mu g1$	$\mu g2$	$\mu g3$	$\mu g4$
Capacidade nominal do equipamento (C) =						C1	C2	C3	C4
Capacidade real do equipamento: (C x IROG) =						C1 x $\mu g1$	.....	.....	.....
Diferença Temporal em unidade de tempo (C x IROG) - D) =						.....	.....	.....	.....

Onde tem-se que:

t_{1a}	: taxa de processamento (ou tempo de ciclo) no recurso 1 para fabricar o produto A;
P_{ma}	: programação mensal de fabricação do produto A
$t_{1a} \times P_{Ma}$	: demanda mensal do recurso 1 para fabricação do produto A;
D_{11}	: demanda total do recurso 1 para o mês 1;
μ_{g1}	: Índice de Rendimento Operacional Global – IROG do recurso 1;
μ_{g1}	: capacidade nominal de produção do recurso 1;
$C_1 \times \mu_{g1}$	: capacidade real de produção do recurso 1;
$(C_1 \times \mu_{g1}) - D_{11}$	: diferença em unidade de tempo entre a capacidade real de produção e a demanda prevista do recurso 1 para o mês 1.

Fonte: Antunes et al. (2008).

A análise do modelo de Capacidade x Demanda pode resultar em três situações/decisões: (i) recurso com capacidade: recurso tem capacidade maior que a demanda do mercado; (ii) recurso com restrição de capacidade (CCR): a relação entre a capacidade e a demanda do mercado é bem próxima, fazendo que os efeitos da variabilidade cause a falta de capacidade; (iii) recurso gargalo: capacidade menor que a demanda do mercado: no caso de haver mais de um recurso nessa situação, considerar-se-à gargalo o recurso com maior diferença negativa entre a capacidade e a demanda (ANTUNES et al., 2008). Já para identificar as restrições não físicas relacionadas segundo Dettmer (1998): ao mercado, materiais, fornecedores, finanças, conhecimentos e competências ou políticas internas, sugere-se adotar os diagramas do Processo de Pensamento (PP) da TOC, conforme Quadro 40. Práticas complementares tradicionais na identificação do problema, como a análise de Pareto e o mapeamento de processos também podem ser usadas como apoio nessa etapa.

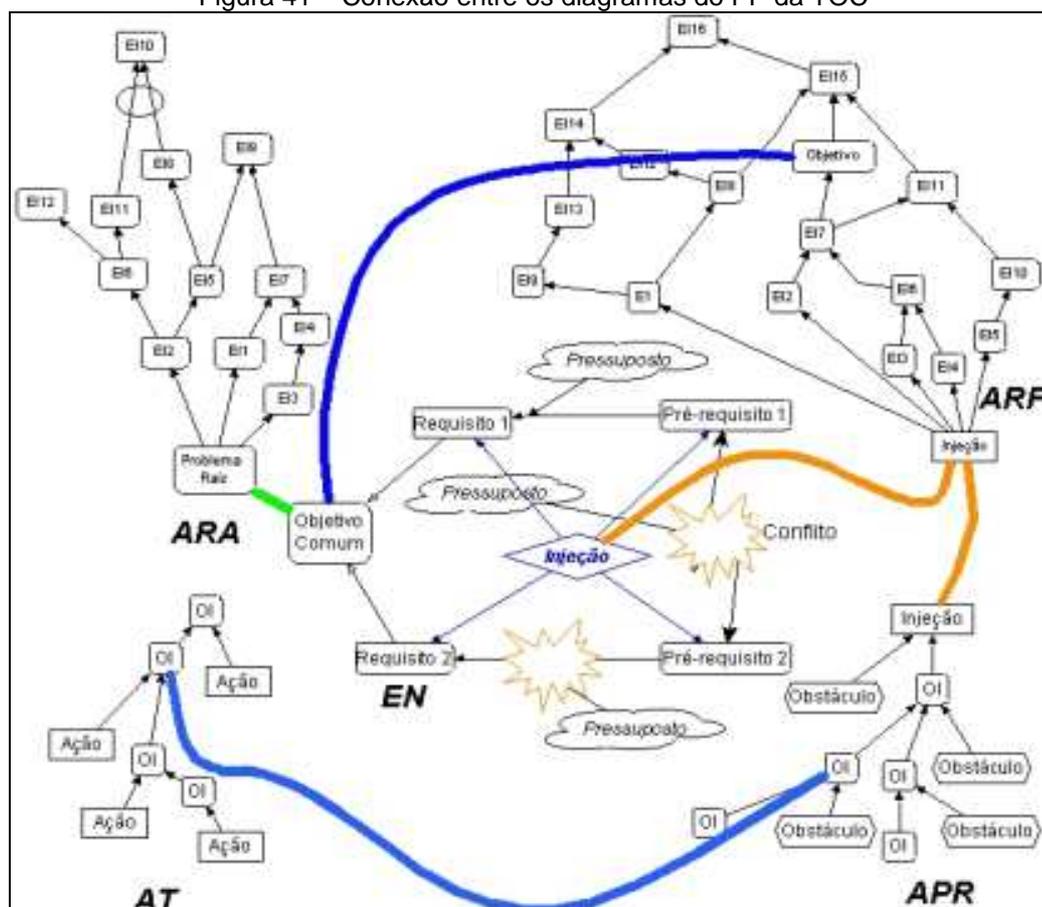
Quadro 40 – Diagramas do Processo de Pensamento da TOC

Pergunta central	Diagrama
O que mudar?	Árvore da Realidade Atual - (CRT – Current Reality Tree)
Para o que mudar?	Evaporação das nuvens - (EC – Evaporating Clouds)
	Árvore da realidade futura - (FRT – Future Reality Tree)
Como provocar a mudança?	Árvore dos pré-requisitos (PRT – Prerequisite Tree)
	Árvore de transição (TT – Transition Tree)

Fonte: Cox e Spencer (2002).

Idealmente, sugere-se que nessa etapa todos os diagramas do PP sejam considerados e seguidos pelo time de trabalho, conforme Figura 41. Todavia, em contextos onde os recursos de tempo são exíguos, é imprescindível que ao menos o primeiro diagrama (ARA), seja realizado. Maiores detalhes sobre construção de cada diagrama podem ser vistos em Cox e Spencer (2002).

Figura 41 – Conexão entre os diagramas do PP da TOC



Fonte: Hilgert (2000).

Etapa 7 : Identificar a próxima restrição física e não física da UEN. Na etapa 6 foram movidos esforços bem como foram coletadas diversas informações relevantes para identificar as restrições físicas e não físicas da UEN. Visando otimizar tais esforços, se propõe aqui usar as informações da etapa 6 para tentar identificar a(s) próxima(s) restrição(ões) do sistema. A principal vantagem dessa visão de futuro é contribuir com o melhor gerenciamento das restrições. No caso das restrições físicas, a análise de Capacidade x Demanda evidencia, a priori, de forma mais direta os recursos mais negativos em termos de capacidade, possibilitando identificar a próxima restrição. Já quanto à restrição não física, identificar a próxima restrição pode ser um processo de difícil certeza, devido ao caráter dinâmico das inter-relações de causa e efeito do PP. Assim mesmo, é válido apontar as possíveis candidatas à restrição futura. Uma das vantagens dessa análise projetada é que, se a decisão tomada for de elevar a capacidade da atual restrição (Passo 4 do processo de Focalização, o que via de regra implica em investimentos), talvez o

investimento possa ser otimizado e planejado para as duas restrições (atual e futura). Em se tratando das restrições físicas, essa pesquisa gerou nesse ponto o seguinte *insight*: a partir da análise de Capacidade x Demanda, qual diferença percentual ou ainda grau de diferença, entre a primeira e a segunda restrição mais negativa em déficit de capacidade, é suficiente para se apontar com precisão que os dois recursos não são restrições. Parece que uma alternativa possível seria incluir análises estatísticas nesse ponto para validar a tomada de decisão.

Etapa 8 : Validar as restrições físicas e não físicas de cada UEN. Essa etapa é importante para evitar que as análises das próximas etapas estejam comprometidas, e assim propor uma definição acurada do problema. Para as restrições físicas sugere-se revisar a acuracidade dos tempos de processamento computados na planilha de cálculo e refinar as estimativas de demanda das famílias de produtos. Uma estratégia possível aqui é definir três cenários (pessimista, realista e otimista) conforme a acuracidade dos dados disponíveis possíveis das demandas do mercado e verificar se a restrição muda de posição ou não. Para as restrições não físicas a estratégia dominante é contrapor os efeitos indesejáveis, sobretudo da ARA, com evidências numéricas. Confrontando assim, tais efeitos indesejáveis com fatos e dados (relatórios, indicadores, etc). Essa lógica deve ser mais criticamente aplicada no problema raiz da Figura 41, a principal restrição que resulta da construção da ARA.

Uma vez validadas as restrições, o próximo passo consiste em explorá-las. No caso das restrições não físicas, são indicadas as etapas dos diagramas do PP, tendo como condutor de análise as cinco etapas de Focalização da TOC (Identificar a restrição, explorar, subordinar, elevar, se necessário e voltar ao início). É indicado genericamente seguir tais práticas em virtude da especificidade de cada restrição não física que certamente desdobrará diversas outras ações e ferramentas de apoio. Já para as restrições físicas, sugerem-se as seguintes etapas detalhadas a seguir.

Etapa 9 : Definir como Explorar a(s) restrição(ões) das FFs. O objetivo dessa etapa é maximizar o Ganho na restrição utilizando-a da melhor maneira possível e eliminando todo o tipo de trabalho que não agrega valor. O primeiro passo consiste em planejar como explorar da melhor maneira a atual restrição. Algumas estratégias para explorá-la são: (i) priorizar passar pela restrição os produtos com

maior Ganho, à luz da Contabilidade de Ganhos da TOC; (ii) eliminar todos os períodos de tempo morto na restrição. O método de Gestão do Posto de Trabalho (GPT), proposto por Antunes et al. (2008) é uma relevante alternativa; (iii) melhorar os tempos de processamento por unidade; (iv) melhorar o controle de qualidade na restrição; (v) elevar IROG da restrição; (vi) modificar ou desenvolver o roteiros alternativos de produção dos componentes de forma que não passem na restrição; (vii) identificar e reduzir as 7 perdas do STP; (viii) reduzir o efeito da variabilidade e os defeitos de qualidade na atual restrição; (ix) garantindo que o gargalo processe apenas itens conformes, via inspeção de qualidade nos recursos à montante do gargalo; (x) planejar *kanbans* ou pulmão (tempo ou matéria prima) para proteger a restrição e adicionar capacidade reserva.

Etapa 10 : Controlar a(s) restrição(ões) das FFs. O objetivo dessa etapa é garantir que as ações para explorar níveis de capacidade ocultos na Etapa 8 sejam mantidos. As principais estratégias de controle são: (i) implementar trabalho padronizado na restrição; (ii) implementar dispositivos à prova de erro (*Poka Yoke*) na restrição; (iii) estabelecer planos de controle para a restrição; (iv) a partir do VOC ou das expectativas dos clientes, determinar os níveis esperados de PPM e DMPO nos processos, sob a perspectiva do mercado; (v) implantar CEP e gráficos de controle para monitorar a restrição, controlando indicadores de performance como C_p , C_{pk} , IROG, taxa de defeitos, etc. É indicado que esse monitoramento de controle seja mantido e acompanhado, no mínimo, até as últimas etapas deste modelo, onde se irá avaliar a próxima restrição; (vi) implantar o gerenciamento visual ou gestão à vista na UEN.

Etapa 11 : Subordinar todos os demais recursos à(s) restrição(ões). O objetivo principal é garantir o ganho teórico máximo do sistema de produção e a lógica dessa etapa consiste em reduzir ao máximo os inventários e as despesas operacionais do sistema produtivo, melhorando o fluxo. Essa visão é análoga ao terceiro princípio *Lean* (fluxo contínuo). Estratégias possíveis são: (i) implementar o algoritmo TPC da TOC para garantir o pulmão antes da restrição e puxar o sistema. Pressupõe-se aqui um estreito alinhamento entre as áreas Marketing/Vendas e PCP para planejar a UEN de acordo com as capacidades das restrições da UEN; (ii) manter capacidade protetiva nos recursos não restritivos, para que possam sempre

alimentar a restrição; (iii) subordinar todas as áreas e setores para operar de forma sincronizada à restrição e combatendo excessivos estoques e WIPs entre as áreas.

Etapa 12 : Melhorar a(s) restrição(ões) da UEN. Se as ações das etapas anteriores ainda não alcançarem os objetivos previamente definidos de tempo de processamento, níveis de qualidade, capacidade e estoques, novas ações de carácter mais amplo são necessárias. O objetivo principal dessa etapa é elevar a capacidade, porém, ainda sem visar transferir a restrição interna para o mercado. As práticas sugeridas para implantação agora predominam nas restrições e incluem CCRs. As principais estratégias aplicadas nessa etapa são: (i) implementar programa de Troca Rápida na restrição e nos CCRs da FF; (ii) implementar na UEN o programa de TPM; (iii) a partir do levantamento dos principais problemas ainda existentes (Pareto) desenvolver projetos focados em melhorar a capacidade (C_p e C_{pk}); (iv) para os problemas complexos ainda existentes realizar projetos de DOE; (v) verificar oportunidades de transformar para leiaute Celular o leiaute de áreas potenciais de manufatura da FF; (vi) realizar projetos de melhoria contínua através de eventos *Kaizen*.

Etapa 13 : Se necessário, elevar e deslocar as restrição(ões) da UEN. A lógica dessa etapa é analisar se é válido ou não elevar a capacidade da restrição fazendo com que ela mude para outro recurso interno à UEN. É claro que se nas etapas anteriores a capacidade produtiva da FF está maior frente à demanda e a restrição voltou a ser o mercado, não faz sentido algum elevar a capacidade da restrição se os níveis de demanda não aumentam. Assim, as ações sugeridas nessa etapa são: (i) avaliar se, após as ações já adotadas, os atuais níveis de capacidade atendem às demandas atuais e futuras do mercado da UEN. Nesse sentido, um resgate das informações da Etapa 2 onde se fez a matriz FCA é necessário; (ii) caso seja necessário elevar a capacidade da restrição, realizar estudos de custo x benefício para verificar se a próxima restrição, apontada na Etapa 7, irá exigir investimentos e esforços exequíveis frente às demandas de mercado da UEN. Essa análise deve apontar se alternativamente, é válido ou não continuar monitorando a atual restrição ou então elevá-la e passar atuar na próxima. Alguns medidores podem ser adotados nessa análise de medir a atual x futura: DPMO, C_{pk} , Índices de

retrabalho (R\$), tempos de ciclo, satisfação do cliente, Inventário, Ganho, Despesa Operacional.

Etapa 14 : Se necessário, voltar ao início e indentificar as novas restrição(ões) física(s) e não física(s) da UEN. Ao elevar a capacidade produtiva da restrição o sistema torna-se, a priori, um sistema genérico, o que gera a necessidade de analisá-lo novamente, com o objetivo de atingir permanente a meta global do sistema de “gerar lucro hoje e no futuro”. Essa etapa se faz particularmente relevante no caso das restrições não físicas da UEN. Isso porque na etapa 13, pode ser que a empresa opte por não elevar a restrição para um próximo recurso interno à UEN devido aos custos de controle e investimentos necessários. Assim sendo, tanto para as restrições físicas quanto não físicas, é indicado retornar a análise a partir da ótica do mercado analisando novamente as dimensões competitivas críticas (ganhadoras e qualificadoras), a partir da Etapa 3 do modelo.

Etapa 15 : Sustentar as melhorias implementadas na UEN. O objetivo aqui é criar a memória organizacional da empresa em três aspectos: políticas, indicadores e comportamentos, para sustentar e garantir a manutenção dos ganhos obtidos nas etapas anteriores. As ações aplicadas aqui são: (i) documentar detelhadamente as estratégias da UEN e os projetos de melhorias operacionais realizados; (ii) uma vez documentado, é importante criar uma memória interna das melhores práticas e aprendizado feitos pela empresa ao longo das etapas do modelo. Espera-se aqui idéias em dois sentidos: o primeiro é aprimorar a própria aplicação de todas as etapas do modelo aqui proposto, pressupondo ser adaptado para cada empresa e o segundo são as melhores práticas percebidas com casos de sucesso interno que podem ser usadas como *benchmarking* para replicação interna em outras áreas, projetos, recursos, etc; (iii) é fundamental criar um Plano de Auditorias geral para monitorar num horizonte mediano de tempo (mensal, trimestral) a efetividade dos projetos de melhoria implantados; (iv) criar plano de auditorias periódicas para validar a condição das restrições e a subordinação dos alimentadores da restrição. O plano de auditoria deve ser focado nas ações mais críticas e determinantes para a manutenção dos objetivos. Sugere-se auditorias na restrição da UEN, nos novos procedimentos criados às áreas funcionais da UEN e nos indicadores de desempenho financeiros e operacionais da UEN; (v) revisar os

indicadores críticos de cada dimensão competitiva importante ao mercado da UEN. Para monitorar a evolução e resultado das ações de melhoria aplicadas até aqui, indica-se adotar dois conjuntos de medição: (i) os indicadores de performance relacionados a cada dimensão do Quadro 32 para medir performance operacional da UEN ou se essa for composta por mais de uma FF, medir o desempenho das suas FFs, e; (ii) os indicadores globais da TOC (Quadro 37) para medir a evolução financeira da UEN.

6.5 AVALIAÇÃO DO MODELO

Após as discussões realizadas nas seções anteriores e a sequência de procedimentos qualitativos e quantitativos adotados, essa seção visa avaliar o modelo proposto e suas etapas a partir dos seguintes critérios: (i) os critérios para construção de modelos em Gestão de Operações por Whetten (2003); (ii) virtudes para a construção de teoria em Operações segundo Wacker (2004); (iii) os critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo *Design Research* conforme Hevner et al. (2004).

Espera-se com essa avaliação, compreender, à luz dos três conjuntos de critérios referenciados, as fronteiras as quais os resultados desse trabalho avançou. Outra relevante saída dessa etapa de avaliação do modelo é: a partir das lacunas e oportunidades oriundas da análise dos critérios do Quadro 41, identificar pontos e oportunidades de trabalhos futuros para ampliação do presente estudo. E por fim, dois aspectos se destacam. O primeiro aspecto é que a avaliação sob tal conjunto de critérios é uma relevante etapa dentro da lógica do *Design Research* adotada nessa pesquisa. Já o segundo e último aspecto dessa seção é atender a um dos objetivos traçados no início dessa dissertação. Onde se evidenciou como uma lacuna a falta de avaliação sob a ótica do rigor científico nos modelos de melhoria e de Estratégia de Produção na Gestão de Operações em Engenharia de Produção.

Quadro 41 – Avaliação do modelo proposto

#	Fator de análise	Autor	Critério de análise	Síntese do critério segundo o Autor	Avaliação dos resultados obtidos
1	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	O quê?	Todos os fatores (variáveis, construtos, conceitos) relevantes foram incluídos?	Atendido. Uma vez que todos os elementos relevantes TOC, Lean, Seis Sigma foram validados por especialistas para ser ou não adotados no modelo.
2	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	Como?	Como os fatores estão relacionados?	Atendido. Os fatores foram relacionados buscando prevalecer os pontos fortes de cada abordagem e os achados validados na literatura de Estratégia de Produção.
3	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	Por quê?	Há justificativas lógicas e convincentes para as diferentes visões, explicando os “por quês” com base nos “o quês” e “comos”?	Atendido. As justificativas e os critérios usados para elaborar o modelo seguiram as convergências encontradas na literatura para e partir daí propor extensão aos modelos atuais em Operações inserindo a priorização da melhoria contínua.
4	Critérios para construção de modelos em Gestão de Operações	Whetten (2003)	Quem, onde e quando?	O modelo limita as proposições geradas? Delimita as fronteiras de generalização e, assim, constituem o alcance e a extensão da teoria?	Parcialmente atendido. Apesar de serem definidos os pressupostos e requisitos de aplicação do modelo criado, novos recortes poderiam ser apresentados dentro do amplo campo que é a gestão de Operações.
5	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Singularidade	Deve ser diferenciada de outras	Atendido. O modelo é diferenciado pois não se identificou na literatura: a regras válidas de priorização da melhoria contínua, a integração entre a estratégia de produção e o seu desdobramento pelas abordagens de melhoria contínua, e sobretudo a proposição combinada dos elementos da TOC, Lean e Seis Sigma.
6	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Conservacionismo	Não pode ser substituída a menos que a nova teoria seja superior em virtudes	Parcialmente atendido. Dado que é difícil medir o desempenho e virtudes pois não houve aplicação prática do artefato.

7	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Generalização	As áreas a mais que uma teoria pode ser aplicada a torna melhor	Parcialmente atendido. O modelo foi direcionado para o ambiente de produção, deixando de fora operações serviços, e etc. Entrtando, uma detalhada relação de aspectos foi proposta na delimitação desse trabalho.
8	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Fecundidade	Uma teoria que é mais fértil na geração de novos modelos e hipóteses é melhor do que uma teoria que tem menos hipóteses	Parcialmente atendido. A integração da estratégia de produção com a melhoria contínua pode gerar outras variantes do modelo. Porém, se faz necessário o uso na prática.
9	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Parcimônia, simplicidade e eficiência	Sendo todos aspectos iguais, a teoria com menos pressupostos é a melhor	Parcialmente atendido. Considerando o ambiente de produção vários aspectos de delimitação (Quadro 2) e os pressupostos gerais foram definidos.
10	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Consistência interna	Identificou todos os relacionamentos e dá explicações adequadas?	Atendido. Considera-se haver uma sequência lógica que foi usada na definição das etapas do modelo, sendo uma etapa pré-requisito para a outra.
11	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Riscos empíricos	Qualquer teste empírico de uma teoria deve ser arriscado e a refutação deve ser muito possível, para ser considerada boa	Parcialmente atendido. A refutação só será avaliada após sucessivos estudos de casos aplicando o modelo.
12	Virtudes para a construção de teoria em Operações	Wacker (2004)	Abstração	É independente de tempo e espaço	Atendido. Independe de tempo e espaço pois considera as práticas de melhoria contínua já consolidadas no ambiente produtivos.
13	Critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo Design Research (DR)	Hevner et al. (2004)	Design como um artefato	DR deve produzir um artefato viável na forma de um construto, um modelo, método ou uma instanciação	Parcialmente atendido. O modelo foi gerado, porém não foi aplicado empiricamente, inviabilizando avaliar sua validade empírica. Entretanto, sua validade teórica foi corroborada a partir do delineamento de pesquisa seguido.
14	Critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo Design	Hevner et al. (2004)	A relevância do	O objetivo do DR é desenvolver tecnologia baseada em soluções para	Atendido. Tenta preencher a lacuna de modelos que integram Estratégia de Produção com práticas de melhoria contínua para atender aos requisitos do mercado. Além disso, a

	Research		problema	importantes e relevantes problemas em business	definição e aplicação da estratégia (nos 3 níveis) é decisivo para as empresas modernas.
15	Critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo Design Research	Hevner et al. (2004)	Desempenho do artefato	A utilidade, qualidade e eficácia de um design artefato deve ser rigorosamente demonstrada por métodos de avaliação bem executados	Não atingido. Dado que o artefato não foi aplicado, seu desempenho não pode ser julgado. Entretanto, indicadores de medição (operacionais e financeiros) fazem parte do modelo para verificar sua eficácia.
16	Critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo Design Research	Hevner et al. (2004)	Contribuição da pesquisa	Uma efetiva pesquisa em DR deve prover contribuições claras e verificáveis nas áreas de design de artefato, design foundations e/ou metodologias de design	Parcialmente atendido. A proposta de integrar a estratégia de produção e a melhoria contínua para atender as dimensões competitivas do mercado, numa sequência de passos é uma relevante contribuição. Porém, há que ser validada na prática.
17	Critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo Design Research	Hevner et al. (2004)	Rigor da pesquisa	DR é baseada na aplicação rigorosa de métodos tanto na construção quanto na avaliação do artefato	Atendido. Foi usado abordagens já consolidadas em Operações e seus pontos fortes na construção do artefato. O artefato precedeu de procedimentos qualitativos e quantitativos de pesquisa, claramente demonstrados durante as etapas da pesquisa.
18	Critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo Design Research	Hevner et al. (2004)	Design como um processo de pesquisa	A pesquisa para um efetivo artefato requer utilizar meios disponíveis para alcançar o fim desejado, desde que satisfaçam as leis no ambiente do problema	Parcialmente atendido. As etapas do processo de DR foram seguidas e justificadas ao longo da pesquisa. Entretanto, por não ter sido aplicado, o modelo não preencheu a última etapa de um DR.
19	Critérios de avaliação dos artefatos gerados pelo Design Research	Hevner et al. (2004)	Comunicação da pesquisa	DR deve ser apresentado eficazmente tanto para audiências orientadas para tecnologia orientada, como para orientadas a gestão	Atendido. O artefato foi descrito detalhadamente na pesquisa, alguns elementos aqui usados são resultados de artigos já publicados, e novas publicações em periódicos especializados em Engenharia de Produção.

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

7 CONCLUSÕES

As principais lacunas encontradas na literatura do campo da Engenharia de Produção e da Gestão de Operações às quais essa pesquisa buscou preencher foram: (i) qual abordagem de melhoria operacional ou qual combinação de abordagens gera melhor impacto na competitividade organizacional? (ii) a nítida falta de modelos para melhoria das Operações, isentos de viés e das lacunas dessa ou daquela abordagem e que tenham como foco uma visão sistêmica de negócio, a partir da estratégia de produção e das dimensões competitivas exigidas pelo mercado consumidor; (iii) a presença insuficiente, nos modelos apresentados na literatura, de procedimentos metodológicos que contribuem para o rigor da investigação científica no campo da Gestão de Operações e da Engenharia de Produção. Nesse ínterim, o principal objetivo dessa pesquisa foi fazer a proposição de um modelo integrando a estratégia de produção das UENs e a priorização das práticas de melhoria, a partir das dimensões competitivas.

O modelo da Figura 34 discutiu, portanto, a integração da Teoria das Restrições (GOLDRATT, 1984), *Lean Manufacturing* (WOMACK et al., 2004) e Seis Sigma (MONTGOMERY, 2010) dentro do contexto da estratégia de produção (SLACK, CHAMBER E JOHNSTON, 2009). Para atingir esse objetivo principal a pesquisa cumpriu os seguintes objetivos específicos, conforme evidenciado no Quadro 42.

Quadro 42 – Síntese de atendimento aos objetivos específicos

Objetivos Específicos	Evidência
a) identificar os pontos de convergência e divergências entre TOC, <i>Lean</i> , Seis Sigma, identificando o estado da arte sobre tais abordagens;	Seção 2.5, 2.6, 2.7, 2.8; seção 3 a 3.12; seção 4 a 4.17
b) apresentar os pontos críticos de sucesso e fracasso na implantação de modelos de melhoria contínua envolvendo as abordagens em análise, visando, se possível, inserir esses elementos no escopo do modelo proposto;	Seção 2.3 e 2.4
c) identificar, a partir da visão de especialistas, quais práticas da TOC, do <i>Lean</i> e do Seis Sigma contribuem para o melhor desempenho das dimensões competitivas: custo, qualidade, entrega, flexibilidade e velocidade.	Seção 6., 6.1 e 6.2
d) propor um modelo (artefato) integrando a estratégia de produção das UENs com as abordagens TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma a partir das dimensões competitivas.	Seção 6.3

Fonte: elaborado pelo autor (2012).

A discussão do primeiro objetivo foi feita inicialmente a partir de uma ampla revisão bibliográfica. Posteriormente fez-se uma detalhada análise crítica, analisando aos pares as possíveis combinações entre TOC, *Lean* e Seis Sigma. Em seguida, cumpriu-se o debate crítico ao analisar simultaneamente as três abordagens. Nesse ponto, gerou-se uma relação de 12 fatores principais, aos quais

as abordagens foram analisadas como divergentes ou convergentes entre si. Por fim, concluiu-se a análise com a revisão dos modelos encontrados na revisão da literatura que integram as três abordagens. Nesse ponto, 17 modelos foram analisados e compreendidos em dois aspectos: quanto a sua estrutura (ferramentas, lógica, relação com a estratégia de produção ou não) e quanto aos critérios e virtudes para construção de modelos em Gestão de Operações.

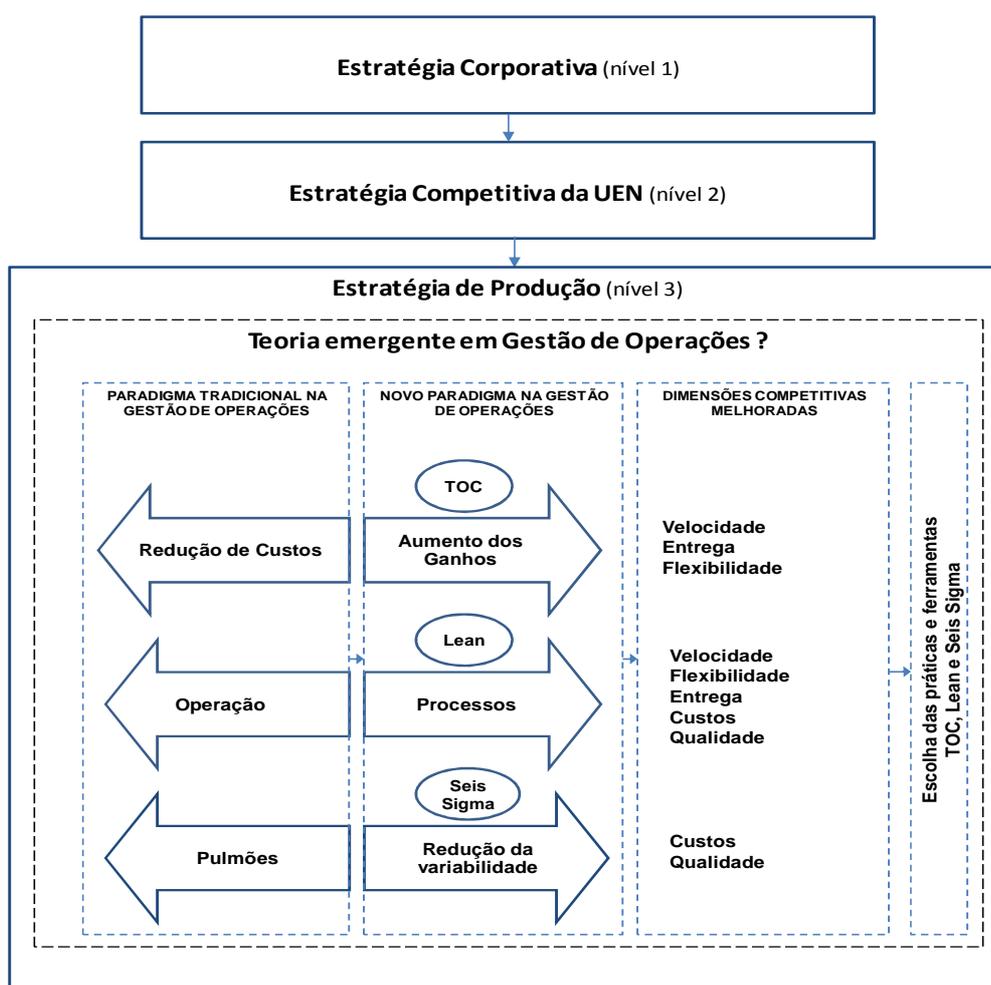
Já a discussão do segundo objetivo envolveu em primeiro lugar a revisão da literatura versando sobre as evidências do impacto da TOC, *Lean* e Seis Sigma nas dimensões competitivas e na estratégia de produção e em segundo sobre os fatores críticos de sucesso para a implantação de tais abordagens.

O terceiro objetivo buscou compreender o ponto de vista de especialistas TOC, *Lean* e Seis Sigma sobre o impacto das práticas dessas abordagens nas seguintes cinco dimensões competitivas: qualidade, flexibilidade, velocidade, custo e entrega. Esse objetivo foi delineado com as seguintes etapas: (i) identificou-se na literatura trabalhos amplos que relacionaram o conjunto de práticas que atualmente compõe TOC, *Lean* e Seis Sigma; (ii) tal conjunto de práticas foi validado com especialistas nacionais e internacionais em cada abordagem; (iii) consolidou-se a visão dos especialistas acerca das práticas que compõe cada abordagem; (iv) foi organizado um *survey* que visou relacionar e medir tais práticas com cada uma das dimensões competitivas; (v) o *survey* foi validado e enviado para um amplo grupo de especialistas de acordo com a abordagem investigada; (vi) foi realizada a validação e análise estatística das respostas, em quatro etapas de análise. O principal resultado após atender a esse terceiro objetivo específico, foi apontar relações de prioridade para implantar em sistemas produtivos as práticas de cada abordagem, considerando-as individualmente e as três simultaneamente.

O último e também relevante objetivo dessa pesquisa se baseou nos resultados dos três objetivos anteriores, no delineamento metodológico (Quadro 22) e na revisão da literatura em Estratégia de Produção para então: desenvolver um modelo (artefato) integrando a Estratégia de Produção das UENs com as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma a partir das dimensões competitivas. A fim de seguir o rigor científico necessário, foi adotado como delineamento metodológico abordagens qualitativas e quantitativas, destacando-se: a revisão sistemática da literatura, a validação com especialistas de aspectos relevantes à pesquisa, a combinação de elementos quali e quantitativos de coleta e análise de dados e a

lógica do *Design Research* (SIMON, 1969) como delineamento metodológico condutor do estudo. Os resultados da pesquisa permitiram propor um modelo, que, a partir da estratégia competitiva das UENs, ou seja, o segundo nível da estratégia segundo Hayes et al. (2008), integra as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma para suportar as dimensões competitivas valorizadas pelo mercado. O modelo pretendeu explorar os pontos fortes e convergentes entre as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma para propor a conexão entre suas etapas. Cabe destacar que, sobretudo as etapas da Estratégia Funcional de Produção da Figura 34 foram detalhadas e descritas. De forma a finalizar as conclusões da pesquisa, uma final reflexão pode ser discutida. Pode-se afirmar que os esforços de investigação propostos nessa dissertação permitiram provocar a discussão de uma possível emergente teoria em Gestão de Operações, na medida em que, há um fundo teórico comum entre as abordagens TOC, *Lean* e Seis Sigma, conforme sugere a Figura 42.

Figura 42 – Proposições finais da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor (2012).

Pode-se afirmar que tal ponto em comum está na origem das três abordagens, resultante da evolução do paradigma tradicional para um novo e emergente paradigma em Gestão de Operações alinhado às exigências da competitividade contemporânea. Ou seja, inicialmente parte-se de uma visão de redução de custos do paradigma tradicional, para a visão da TOC que afirma que o foco deve ser o aumento de ganhos e não a redução de custo nas empresas. E o principal pressuposto para tal, é que as possibilidades de geração de ganho são ilimitadas em comparação à redução de custos, que num limite hipotético, culminam com o fechamento das operações da empresa. Já o *Lean*, rompeu com o paradigma tradicional, que entendia um sistema como um conjunto de operações individuais, ao enxergar os sistemas de produção como um processo. Tal análise é corroborada, sobretudo pelo Mecanismo da Função Produção do STP (SHINGO, 1996), que analisa o sistema produtivo à luz da Função e da Função Processo. E assim o *Lean* fornece uma necessária visão sistêmica à empresa e à produção. E por fim, o Seis Sigma rompeu com a necessidade de pulmões de proteção ao focar a redução da variabilidade dos processos. Essa mudança no modo de enxergar a Gestão das Operações, que está na origem das três abordagens aqui discutidas, demarca uma relevante discussão oportunizada nesse trabalho.

Assim, a priori, sugere-se que as três abordagens aqui discutidas, possuem um fundo teórico comum e que, dentro do contexto da Estratégia de Produção, há um relevante ponto de partida que sustenta a discussão das três abordagens de maneira integrada. Nessa mesma linha de discussão, Boyd e Gupta (2008) investigaram a relação individual da TOC com a Gestão de Operações e concluíram que: (i) a TOC oferece um novo paradigma em Gestão de Operações que substitui um ultrapassado consenso de se buscar eficiência para alcançar a meta da empresa; (ii) a TOC oferece abordagens para tomada de decisão em operações que ultrapassam a otimização local alcançando as fronteiras da empresa; (iii) a TOC possui no seu escopo critérios de definição e enquadramento como uma teoria válida em gestão de operações; contudo, mais testes empíricos são necessários a fim de validação; (iv) a TOC pode servir com uma teoria ou tema unificado em gestão de operações provendo novos *insights* para pesquisadores e praticantes. Agora, os resultados finais da presente pesquisa, apontam para um possível novo paradigma que emerge na Gestão de Operações, que considera, não apenas uma abordagem individualmente, mas sim considera integrar TOC, Lean e Seis Sigma à

luz das dimensões competitivas exigidas pelo mercado dentro da Estratégia de Produção. Outro relevante fator que sustentaria, a priori, a proposição de uma teoria emergente dentro da Estratégia de Produção é a convergência e aspectos complementares que residem na integração das três abordagens, conforme detalhadamente já discutido. A discussão resultante dos esforços dessa pesquisa que levam a questionar um novo paradigma e uma possível teoria na Gestão de Operações é corroborada pelo delineamento de pesquisa adotado que permeia uma série abordagens quali e quantitativas, entre si integradas, à luz do *Design Research*. Ademais, obviamente tais provocações carecem de sucessivas validações empíricas sob a lógica de validações e refutações. Concluindo a discussão, pode-se dizer então que a questão de pesquisa, inicialmente proposta, foi atendida, levando-se em conta as limitações e as oportunidades de trabalhos futuros relacionadas na seção 8 a seguir.

8 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

As principais limitações associadas aos resultados da presente pesquisa e do modelo proposto são:

- a) Ainda que não estivesse traçada nos objetivos dessa pesquisa, uma das principais limitações é a não aplicação prática do modelo proposto. Tal aplicação poderia trazer elementos para aperfeiçoar o modelo. Em contrapartida, visando suprir tal limitação, os esforços se concentraram em aprofundar a discussão no campo teórico, a partir da rigorosa revisão da literatura e da combinação de procedimentos metodológicos quali e quantitativos.
- b) Pode-se dizer que outra limitação da pesquisa foi não trazer para a discussão outras abordagens dentro do arcabolo das abordagens de melhoria operacional que poderiam, apriori, trazer diferentes *insights* e até mesmo virtudes já consolidadas na literatura. Dentre essas abordagens pode-se citar, por parecer estar ganhando relevância na discussão em Gestão de Operações e na Engenharia de Produção: a Reengenharia de Processos de Negócios (Business Process Reengineering-BPR) e o Gerenciamento dos Processos de Negócios (*Business Process Management*-BPM) conforme Paim, Caulliriaux e Cardoso (2008) e Lacerda, Rodrigues e Cassel (2010).
- c) Uma das limitações e aspecto não discutido nesse estudo foi o de não investigar o possível efeito positivo resultante da combinação sequencial de entre as práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma. Por exemplo, poder-se-ia, a exemplificar, perguntar aos especialistas questões no seguinte sentido: o programa de SMED é alavancado se for paralelamente aplicado com o TPM, ou com o CEP? Entende-se que essas discussões poderiam refinar as propostas já apresentadas.
- d) Não discutir outras dimensões competitivas ao relacionar com as práticas TOC, *Lean* e Seis Sigma, é uma limitação dessa pesquisa. Poder-se-ia inserir na discussão dimensões como a inovação, por exemplo.
- e) Uma possibilidade de análise que o modelo não contempla são os desdobramentos de algumas dimensões competitivas já consolidadas. Por

exemplo, ao invés de adotar unicamente a dimensão flexibilidade, poder-se-ia investigar os tipos de flexibilidade já consolidados na literatura. Como por exemplo, os 8 tipos citados por Gupta & Goyal (1989): flexibilidade de máquina, processo, produto, rotina, volume, expansão, sequência e produção.

- f) A construção da pesquisa e do modelo apresentado adota a perspectiva *top-down* da estratégia. Logo, uma relevante discussão não foi incluída nessa dissertação e pode ser considerada uma limitação às discussões realizadas: analisar as implicações da perspectiva *bottom-up* de concepção da estratégia.

Ao longo da trajetória do desenvolvimento dessa pesquisa, das limitações anteriormente discutidas e, sobretudo, após os resultados finais obtidos, algumas relevantes oportunidades de extensão dessa pesquisa emergem. Assim sendo, sugere-se que pesquisas futuras sejam feitas nos seguintes pontos:

- a) Pesquisas que se proponham a resolver os conflitos que emergem na divisão da UEN em Fábricas Focalizadas. Os principais conflitos relacionados são: os recursos compartilhados diante da inviabilidade de se investir na duplicidade de recursos produtivos e a gestão efetivas das matérias primas compartilhadas entre diversos produtos dentro da UEN.
- b) Pesquisas dispostas a identificar qual é o perfil desejado dos líderes e dos liderados para sustentar a implantação e uso contínuo do modelo, a partir de aperfeiçoamentos realizados em cada contexto organizacional. Que tipo de qualificações e treinamentos necessários em cada nível hierárquico são indispensáveis?
- c) De forma a preencher uma lacuna que emergiu durante a pesquisa, há a oportunidade de conduzir pesquisas direcionadas a construir um diagnóstico de gestão capaz de medir e monitorar a maturidade e a aderência da UEN aos conceitos das Fábricas Focalizadas. Conceito esse indispensável dentro da lógica do modelo proposto. Por exemplo, pode-se relacionar uma lista de critérios (de relevância baixa à alta, para o funcionamento da UEN) e relacionar tais critérios em uma matriz de escala de ponderação numérica. Tal matriz teria descrições qualitativas para

ajudar o posicionamento do nível de maturidade e aderência ao conceito de FF.

- d) Evidenciou-se uma pequena quantidade de artigos científicos na literatura abordando a integração entre TOC e Seis Sigma, oportunizando assim uma área de atuação em pesquisas futuras.
- e) Por outro lado, parece não haver na literatura um senso comum sobre qual técnica de planejamento e controle da produção tem melhor desempenho quanto ao *lead time*, níveis de estoque e ganho do sistema. Nesse sentido, a discussão entre adotar *kanban* ou TPC está longe de ser esgotada nesse trabalho e carece de investigações de resultados empíricos.
- f) Sugerem-se investigações aprofundadas e pesquisas com o seguinte interesse: quais os níveis estruturais de implantação de um modelo integrado e como efetivar a sua coesão? Em que nível organizacional implantar cada abordagem?
- g) Durante o *survey* realizado com especialistas *Lean*, surgiu a seguinte oportunidade de pesquisa: quais elementos da Corrente Crítica da TOC podem ser aplicados no ambiente produtivo? Tal oportunidade emergiu da seguinte reflexão: como a visão do caminho mais longo para concluir a atividades, pode ser incorporada na análise do ambiente de produção?
- h) A partir da análise de Capacidade x Demanda, qual diferença percentual ou ainda grau de diferença, entre a primeira e a segunda restrição mais negativa em déficit de capacidade, é suficiente para se apontar com precisão que os dois recursos não são restrições. Parece que uma alternativa possível seria incluir análises estatísticas nesse ponto para validar a tomada de decisão.
- i) Por fim, as limitações anteriormente citadas, oportunizam uma série de oportunidades de pesquisa e extensão do debate apresentado nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ACHANGA, P. et al. Critical success factors for lean implementation within SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Kempston, v. 17, n. 4, p. 460-471, 2006.
- ALDERSON, C. The number eight wire approach to Lean Six Sigma. **Chartered Accountants Journal**, v. 84, n.6, p. 63-65, July 2005.
- ANDERSSON, R.; ERIKSSIN, H.; TORSTENSSON, H. Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. **The TQM Magazine**, York, Inglaterra, GB, v. 18, n. 3, p. 282-296, 2006.
- ANTONY, J. Six Sigma vs. Lean. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 60, n. 2, p. 185-190, 2011.
- ANTONY, J.; BANUELAS, R. Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects. **The TQM Magazine**, York, Inglaterra, GB, v. 14, n. 2, p. 92-9. 2002a.
- ANTONY, J. et al. Six Sigma in service organizations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors. **International Journal of Operarion and Production Management**, v. 24, p. 294–311, 2007.
- ANTUNES JUNIOR, J.A.V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção**: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e a teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 1998. 407f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1998.
- ANTUNES JÚNIOR, J. et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookmann, 2008.
- ALVAREZ, R. R. Apresentação e análise comparativa do processo de pensamento da TOC e do mecanismo do pensamento científico. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 19., 1995, João Pessoa. **Anais...** 1995.
- ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and six sigma. **The TQM Magazine**. v.17,n.1, 5-18, 2005.
- AVELLA-CAMERO, L.; FERNANDEZ-SANCHEZ, E. ; VAZQUEZ-ORDAS, C.J. The large Spanish industrial company: strategies of the most competitive factories. **Omega**. Vol. 27, pp. 497-514, 1999.
- BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Six sigma or design for six sigma? **The TQM Magazine**, York, Inglaterra, GB, v. 16, n. 4, p. 250-263, 2004.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.
- BENDELLI, T. A review and comparison of six sigma and the lean organization. **The TQM Magazine**, York, Inglaterra, GB, v. 18, n. 3, p. 255-62, 2006.

BIH-RU LEA; MIN, H. Selection of management accounting systems in Just-In-Time and Theory of Constraints-based manufacturing. **International Journal of Production Research**, London, GB, v. 41, n. 13, p. 2879–2910, 2003.

BLAKESLEE, JR. J. A. Implementing the six sigma solution. **Quality Progress**, Milwaukee, Wis., US, n. 8, p. 70-85, 1999.

BOARIN, H.S.; CARVALHO, M.M.; LEE HO, L. Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. **Gestão e Produção**, São Carlos, SP, v. 13, n. 2, p.191-203, maio/ago. 2006.

BOYER, K. K; LEWIS, M. W. Competitive priorities: investigating the need for trade-offs in operations strategy. USA: **Production and Operations Management**. v. 11, n. 1, pp. 9 – 20, Spring, 2002.

BOYD, L.; GUPTA, M. Constraints management: what is the theory? **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 4, p. 370-371, 2004.

BRADY, J. E.; ALLEN, T. T. six sigma literature: a review and agenda for future research. **Quality and Reliability Engineering International**, Chichester, Inglaterra, GB, v. 22, p. 335-367, 2006.

BREYFOGLE III, F. Integrating lean and six sigma process improvement tools.2009. Disponível em : <http://www.qualitydigest.com/inside/quality-insider-article/integrating-lean-and-six-sigma-process-improvement-tools.html>>. Acesso em: 12/8/11.

BREYFOGLE III, F. Process improvement projects shortcomings and resolution. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 2, p. 92-98. 2010.

BROWN, A., et al. Quality and continuous improvement in medical device manufacturing. **The TQM Magazine**, York, Inglaterra, GB, v. 20, n. 6, p. 541-555, 2008.

CAFFYN, S.; BESSANT, J. A capability-based model for continuous improvement. **Proceedings of 3 th International Conference of the EUROMA**. London, 1996.

CAMARGOS, M. A.; DIAS, A. T. Estratégia, administração estratégica e estratégia corporativa: uma síntese teórica. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 10, n. 1, 2003.

CHAKRAVORTY, S.S.; ATWATER, B.J. A comparative study of line design approaches for serial production systems. **International Journal of Operations e Production Management**, v. 16, n. 6, p. 91-108, 1996.

CHEN, M.; LYU, J.J. A Lean six sigma approach to touch panel quality improvement. **Production Planning e Control**, v. 20, n. 5, p. 445-454, July 2009.

COOK, D. P. A simulation comparison of traditional, JIT and TOC manufacturing Systems in a flow shop with bottlenecks. **Production and Inventory Management Journal**, Falls Church, Va., US, v. 35, p. 73–78, 1994.

CORBETT, C.; L. VAN WASSENHOVE. Trade-offs? What trade-offs? Competence and competitiveness in manufacturing strategy. **California Management Review**, 35(4) 107–122, 1993.

CORREA, L. H.; CORREA C. A. **Administração da produção e de operações**. Sao Paulo: Atlas, 2011.

COX, J.; SPENCER, M.S. **Manual da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CHRISTIANSEN, T. ;BERRY, W.L.; BRUUN, P. ;WARD, P. A mapping of competitive priorities, manufacturing practices, and operational performance in groups of Danish manufacturing companies. **International Journal of Operations and Production Management**, Vol. 23 No. 10, pp. 1163-83, 2003.

CRONBACH, L.J. Coefficient alpha and the internal structure of test. **Psychometrika**, Williamsburg, Va., US, v. 16, p. 297 – 334, 1951.

COX III, J. F. ; SCHELEIER Jr, J. G. **Theory of constraints handbook**. McGraw-Hill. 2010.

DANGAYACH, G. S.; DESHMUKH, S. G. Manufacturing strategy: literature review and some issues. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 7, p. 884-932, 2001.

DAHLGAARD, J.J; DAHLGAARD-PARK, M. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. **The TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 263-281, 2006.

DAVIES, A. J.; KOCHHAR, A. K. Manufacturing Best practice and performance studies: a critique. **International Journal of Operations e Production Management**, v. 22, n3, p. 289-305, 2002.

DETTMER, H. William. **Breaking the Constraints to World Class Performance**, Milwaukee, WI:, Quality Press, 1998.

DETTMER, W. Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for Higher Performance. Goal System International, Port Angeles, USA. 2001. Em: <http://www.goalsys.com/books/documents/TOCandLeanPaperrev.1.pdf>. Acesso em: 12/5/2011.

DIRGO, R. **Look Forward Beyond Lean and Six Sigma**. Aircraft Braking Systems Corporation, USA. J. Ross Publishing. 2006.

DUPONT, A. C. **Proposição de um Método para Concepção da Estratégia de Produção: uma abordagem a partir do conceito de Subunidades Estratégicas de Negócios**. Dissertação de Mestrado. Unisinos, São Leopoldo. 2011.

EDWARD D. A.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and Six Sigma **The TQM Magazine**, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.

EHIE, I.; SHEU, J. 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.

FERDOWS, K.; De MEYER, A. Lasting improvements in manufacturing: in search of a new theory. **Journal of Operations Management**. Vol. 9, n. 2, 1990, p. 168-184.

FINE, C. H.; HAX, A. C. Manufacturing strategy: a methodology and an illustration. **Interfaces**, v. 15, n. 6, p. 28-46, 1985.

FISCHMANN, A.; DOS SANTOS, S. Uma Aplicação de UEN's – Unidades Estratégicas de Negócios: na formulação do planejamento estratégico. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 5-20, 1982.

FLYN, B.B.; SAKAKIBARA, S.; SCHROEDER, R.G. Relationship between JIT and TQM: practices and performance. **Academy of Management Journal**, v.38, n 5, p.1325-60, 1995.

FLYNN, B.B., SCHROEDER, R.G.; FLYN, E.J. World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation. **Journal of Operations Management**, Vol. 17, pp. 249-69, 1999.

FRANCHETTI, M. ; ROTH, N. Process improvement for printing operations through the DMAIC Lean Six Sigma approach. **International Journal of Lean Six Sigma**. Vol. 1 No. 2, pp. 119-133. 2010.

FUSCO, J. P. A. Unidades estratégicas de negócios-uma ferramenta para gestão competitiva de empresas. **Gestão & Produção**, v. 4, n. 1, p. 36-51, abr. 1997

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-In-Time**. Caxias do Sul: Ed. Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GIBBONS, P.M. ; BURGESS, S.C. Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability. **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 1 No. 2, pp. 134-156, 2010.

GIFFI, C.; ROTH, A.V.; SEAL, G.M., 1990, **Competing in World-Class Manufacturing: America's 21st Century Challenge**, Business One Irwin, Homewood, IL.

GIJO, E.V.;RAO, T. Six Sigma implementation-hurdles and more hurdles. **Total Quality Management**, v.16:721–725, 2005.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GODINHO FILHO, M. & FERNANDES, F. C. F. Manufatura Enxuta: uma Revisão que Classifica e Analisa os Trabalhos Apontando Perspectivas de Pesquisas Futuras. **Revista Gestão & Produção**. Vol. 11, n. 1, p. 1-19, jan. - abr. 2004.

GOLDRATT, E. M. **A síndrome do Palheiro: Garimpando informações num oceano de dados**. São Paulo: Educator, 1991.

GOLDRATT, E M. ; COX, J.F. **A Meta**. 1.ed. São Paulo. Nobel, 1984.

GOLDSTEIN, M. Six Sigma Program Success Factors. **Six Sigma Forum Magazine**, No. 9, pp. 36-45, 2001

GRUNWALD, H.; STRIEKWOLD, T.E.P; WEEDA, P.J A framework for quantitative comparison of production control concepts. **International Journal of Production Research**. v 27, No.2, 281-292, 1989.

GUPTA,M.;SNYDER, D. Comparing TOC with MRP and JIT:a literature review. **International Journal of Production Research**. Vol. 47, No. 13, 1 3705–3739, 2009.

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. 138p. Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

HAIR Jr, J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H. ; SAMOUEL, P. **Métodos de pesquisa em Administração**. Porto Alegre. Editora Bookman. 2005.

HAIR Jr, J. F.; BLACK, W. C. ; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**.6 ed. Porto Alegre. Editora Bookman. 2009.

HALL, R. W. **Attaining Manufacturing Excellence – Just in Time, Total Quality, Total People Involvement**. Dow Jones-Irwin, Homewood, Illinois, 1987.

HARMON, R. ; PETERSON, L.D. **Reinventando a Fábrica - Conceitos Modernos de Produtividade Aplicados a Indústria**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1991.

HAYES, R.; WHEELWRIGHT, S. **Restoring our competitive edge: competing through manufacturing**. New York : John Wiley e Sons, 1984.

HAYES, R. H. ;CLARK, K. B. **Exploring the sources of productivity differences at the factory level**, New York: Wiley. 1985.

HAYES, R. H.; PISANO, G. Manufacturing Strategy: at the intersection of two paradigm shifts. **Production and Operations Management**, v. 5, n. 1, p. 25-41, 1996.

HAYES, R. ; PISSANO, G. ; UPTON, D.; WHEELWRIGHT, S. **Em Busca da Vantagem Competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HEVNER, A. et al. Design science in information systems Research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. To pull or not to pull: what is the question? **Manufacturing and Service Operations Management** v. 6 n.2, 133–148, 2004.

HUSBY,P. Competition or Complement: Six Sigma and TOC. **Material Handling Management**. pp.51-55, 2007.

INMAN, R. A.; SALE, M. L. ; W. GREEN Jr, K. W. **Analysis of the relationships among TOC use, TOC outcomes, and organizational performance**. International Journal of Operations e Production Management, Vol. 29 Iss: 4, pp.341 – 356, 2009.

JACOB, D. ; BERGLAND, S. ; COX, J. **Velocity**. Free Press. 2010.

JEYARAMAN, K ; TEO, L.K. A conceptual framework for critical success factors of lean Six Sigma. **International Journal of Lean Six Sigma**. Vol. 1 No. 3, pp. 191-215, 2010.

JIN,K.J.; HYDER,A.R.; ELKASSABGI,Y.; ZHOU,H.;HERRERA. A. Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement. **Proceedings of world academy of science, engineering and technology**, Vol. 37, 2009.

JUNG, C. F. ; CATEN, C. S. T. ; RIBEIRO, J. L. D. A Method of R&D Electronic Product for Application by Independent Engineers, Designers and Inventors. **Brazilian Journal of Operations and Production Management**, v. 7, p. 153-173, 2010.

KANJI, G.K Reality check of six sigma for business excellence. **Total Quality Management**. 19:575–582,2008.

KATHURIA, R. Competitive priorities and managerial performance: a taxonomy of small manufacturers.**Journal of Operations Management**, Vol. 18 No. 6, pp. 627-41, 2000.

- KÖCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia Científica**. Petrópolis: Editora Vozes.2006.
- KONING, H. ; DOES, R.J.M.M ; GROEN, A. ; KEMPER, B.P.H. Generic Lean Six Sigma project definitions in publishing. **International Journal of Lean Six Sigma**. Vol. 1 No. 1, pp. 39-55, 2010.
- KOTTER, J. P. **Liderando mudança**. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- KRUGER, D. J. ; RANDASS, J. K. Assessment of the Reasons for Failure and Critical Success Factors Implementing CI Projects: Case Study Results from the South African Apparel and Manufacturing Industry. **IEEE**. 2010.
- KWAK, Y.H.L; ANBARI, F. T. Benefits, Obstacles, and Future of Six Sigma Approach, **Technovation**, Vol. 26, pp. 708-715, 2006.
- LACERDA, D.; RODRIGUES, L. H. **Compreensão, aprendizagem e Ação: A abordagem do Processo de Pensamento da Teoria das Restrições**. SEGeT, Resende-RJ, 2007.
- LACERDA, D. P.; RODRIGUES, L. H.; CASSEL, R. A. Service process analysis using process engineering and the theory of constraints thinking process. **Business Process Management Journal**, v. 16, p. 264-281, 2010..
- LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A., 2008, **Fundamentos da Metodologia Científica**, São Paulo: Atlas.
- LEA, BIH-RU. ; MIN, H. Selection of management accounting systems in Just-In-Time and Theory of Constraints-based manufacturing. **International Journal of Production Research**,vol. 41, no. 13, 2879–2910, 2003.
- LEE, K. Critical Success Factors of Six Sigma Implementation and the Impact on Operations Performance. Ph.D Dissertation, Cleveland State University.2002.
- LEONG, G.K.; SNYDER, D.L.; WARD, P.T. Research in the process and content of manufacturing strategy. **Omega**, v. 18, n. 2, p. 109-122, 1990.
- LEPORE, D. ; COHEN, O. **Deming and Goldratt**. The north river press. 1999.
- LIKER, J. & MEYER, D. **Modelo Toyota - Manual de Aplicação: Um Guia Prático Para a Implementação dos 4Ps da Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- LIKER, J. **O modelo Toyota, 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 6, p. 568-595, 2003.
- MANOEL JR., M. L.; ANTUNES JR, J. A. V.; PANTALEAO, L. H; PIERETTI, R. **A velocidade para alavancar a competitividade da empresa**. ANAIS XVI SIMPEP, 2009, Bauru. 2009 - XVI SIMPEP, 2009.
- MARILYN, H. ; CHAD, P. Comprehensive criteria to judge validity and reliability of qualitative research within the realism paradigm. **Qualitative Market Research: An International Journal** , v. 3, n. 3, pp. 118-126, 2000.

MEISEL, M.R ; BABB, S.J ; MARSH, F.S ; SCHLICHTING, J. P. The executive guide to understanding and implementing Lean Six Sigma: the financial impact. American Society for Quality. **Quality Press**. 2007.

MEREDITH, J.R.; McCUTCHEON, D.M.; HARTLEY, J. Enhancing competitiveness through the newmarket value equation, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 14 No. 11, pp. 7-22,1994.

MIKA, G. Six Sigma isn't lean. **Manufacturing Engineering**, Vol. 137 No. 1, 2006.

MILLER, J.G.; ROTH, A.V. A taxonomy of manufacturing strategies. **Management Science**.Vol. 40 No. 3, pp. 285-304, 1994.

MILLS, J.;PLATTS, K.; NEELY, A.; RICHARDS, H.; BOURNE, M. **Creatin a business winning formula**. Cambridge: Cambridge, 2002.

MILTENBURG, J. Comparing JIT, MRP and TOC, and embedding TOC into MRP **International Journal of Production Research**. v35, N 4, 1147-1169, 1997.

MILTENBURG, J. Setting manufacturing strategy for a factory-within-a-factory. **International Journal of Production Economics**, 113, pp. 307-323, 2008.

MINTZBERG, H. The Design School: Reconsidering the basic premises of strategic management. **Strategic Management Journal**. Vol 11, n 3, p. 171-195, 1990.

MONTGOMERY D.C. A modern framework for achieving enterprise excellence International, **Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 1 No. 1, pp. 56-65, 2010.

MOORE,R.;SCHEINKOPF,L. **Theory of constraints and lean manufacturing: friends or foes**, 1998.

MORITA, M. ; FLYNN, E.J.: The Linkage Among Management Systems, practices and behavior in successful Manufacturing Strategy. **International Journal of Production Management**, vol. 17, n.º 9 e 10, 1997.

NACHIAPPAN, R.M. ; ANATHARAMAN, N. ; MUTHUKUMAR, N. Integrated Approach to Total Productive Lean Six Sigma (TPLSS) Implementation in a Manufacturing Industry, 2009.

NAVE, D. How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. **Quality Progress**,pp. 73-79,2002.

NANFANG, C.; KAIJUN, L.; WENDY, T. Rapid response with TOC methodology. Service Systems and Service Management, **International Conference on Proceeding of IEEE**, 2008.

NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J.T. **A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial**. São Paulo: Educador, 1996. 184 p.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bokmann, 1997.

OLIVEIRA, M. ; FREITAS, H.M.R de. Focus group – pesquisa qualitativa: resgatando a teoria, instrumentalizando seu planejamento. **RAE**, SP. V33, n.3,p.83 91, julho/setembro, 1998.

PAIM, R.; CAULLIRAUX, H. M.; CARDODO, R. Process management tasks: a conceptual and practical view. **Business Process Management Journal**, v. 14, p. 694-723, 2008.

PAIVA, E. L; CARVALHO JÚNIOR, J. M; FENTERSEIFER, J. **Estratégia de produção e de operações**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PEPPER M.P.J. ; T.A. SPEDDING. The evolution of lean Six Sigma. **International Journal of Quality e Reliability Management**, Vol. 27 No. 2, pp. 138-155, 2010.

PERALES, W. Classificações dos Sistemas de Produção. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (XXI ENEGEP), 21, 2001. Salvador, BA. **Anais...** 2001.

PETTERSEN, J. Defining lean production: some conceptual and practical issues. **The TQM Journal**. Vol. 21 No. 2, pp. 127-142, 2009.

PIRASTEH, R.M. ; FARAH, K.S. Continuous improvement trio. **APICS Magazine**. May, 2006. Pp 31-33

PIRASTEH, R.M. ; HORN, SCOTT. The many sides of TLS. **APICS Magazine**. May/June 2009. pp 40-43

PIRASTEH, R.M. ; FOX, R.E. **Profitability with no boundaries**. Quality press. 2010

PITCHER, M. The Challenge of Overcoming Success March. **ASQ Magazine**, pp. 1-4, 2010.

PLENERT, G. Bottleneck Allocation Methodology: An Integrated Manufacturing Management Model: A Systems Study. **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, 12, 81–101, 2000.

POJASEK, B.R. Lean, Six Sigma, and the Systems Approach: Management Initiatives for Process Improvement. **Environmental Quality Management**, 2003.

POPPER, K. **A Lógica da Pesquisa Científica**, São Paulo: Editora Cultrix, 2006.

POPPER, K. **Philosophy of science: a personal report**. In: Mace, C.A. (Ed.), *British Philosophy in Mid-Century*, 1957.

PORTER, M. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1980.

REIS, G. M.; JUNIOR RIBEIRO, J. I. **Comparação de testes paramétricos e não paramétricos aplicados em delineamentos experimentais**. III SAEPRO, UF, 2007.

ROESCH, S.M.A. **Projetos de Estágio e de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ROTHER, M. e JOHN, S. **Aprendendo a Enxergar: Mapeamento do Fluxo de Valor para adicionar valor e eliminar os desperdícios**. São Paulo-SP, Lean Institute Brasil, 1998.

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, 2010, p. 249-274.

SALE, M. L. ; INMAN, R. A. Survey-based comparison of performance and change in performance of firms using traditional manufacturing, JIT and TOC. **International Journal of Production Research**, vol. 41, no. 4, 829–844, 2003.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais. **Produção**, v. 20, n. 1, p. 42-53, 2010.

SCHWAIN, K.D. **Priorization and integration of Lean initiatives with theory of constraint and lean**. Master of Science in Mechanical Engineering and Master of Business Administration. MIT.2004.

SCHOROEDER, R.G., FLYNN, E.J., FLYNN, B., HOLLINGWORTH, D. Manufacturing performance tradeoffs: an empirical investigation, 3rd International **Conference of the European Operations Management Association**, London, June, pp. 605-10.1996.

SCHONBERGER, R., **World Class Manufacturing**, Free Press, New York, 1990.

SHAH, R.; WARD, P.T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, Vol. 25 No. 4, pp. 785-805, 2007.

SHARMA, U. Implementing Lean principles with the six sigma advantage: how a battery company realized significant improvements. **Journal of organizational Excellence**. Summer, **2003**.

SHEINKOPF, L. ; MOORE, R. **Theory of Constraints and Lean Manufacturing; Frien or Foes?** Chesapeake Consulting. 1998.

SHELTON, M. **TI improvement: a survey and analysis of process improvement methodologies and their application on TI**. Masters of Science Degree in Management Information Systems. Bowie State University. Maryland in Europe. April 2007.

SHEN, L. J; CHUA, K.H. Key constraint analysis: achieve lean process with the application of TOC. **Construction Research Congress**, 2005.

SHINGO, S. A Revolution in Manufacturing: **The SMED System**. Productivity Press, Cambridge, MA, 1985.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da engenharia de produção**. Bookman, 1996.

SIMON, H. A. (1969). **As ciências do artificial**. Coimbra: Armênio Amado Editor, 1985.

SILVA, É. R. P. **Método para revisão e mapeamento sistemático da literatura** (DEI-POLI/UFRJ). Trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Produção, 2009.

SILVEIRA, G. J. C.; FOGLIATTO, F. S. Modelo Acumulativo de Prioridades Competitivas: validação teórica e impacto em performance. **Produto & Produção**. Vol 6. N. 2, pp 01-11, jun. 2002.

SKINNER, W. Manufacturing – the missing link in corporate strategy. **Harvard Business Review**, May–June, 12–25, 1969.

SKINNER, W. The focused factory. **Harvard Business Review**, May–June 113–21, 1974.

SKINNER, W. Manufacturing strategy: The story of its evolution. **Journal of Operations Management**. 25, 328–335, 2007.

SLACK, N. **The manufacturing advantage: achieving competitive manufacturing operations**. 2nd ed. Cirencester: Management Books, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ed. ed. Atlas, 2009.

SNEE, R. D. Lean Six Sigma: getting better all the time. **International Journal of Lean Six Sigma**, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29, 2010.

SOUZA, Fernando Bernardi de. Do OPT à Teoria das Restrições: avanços e mitos. **Produção**, São Paulo, v. 15, n. 2, ago, 2005.

SPANYI, A.; WURTZEL, M. Six Sigma for the rest of us, Quality Digest, disponível em : www.qualitydigest.com/july03/articles/01_articles.html. Acesso em 4/5/2011.

SPECTOR, R.E. How constraints management enhances Lean and Six sigma. **Supply Chain Management Review**. pp 42-46. 2006.

SPROULL B. **The Ultimate Improvement Cycle**: Maximizing Profits Through the Integration of Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints – CRC Press, Taylor e Francis Group, Boca Raton, FL, 2009.

SRINIVASAN, M ; JONES, D. ; MILLER, A. Applying theory of constraints principles and lean thinking at the marine corps maintenance center. **Defense Acquisition Review Journal**. 2005.

STAMM, M.L.;NEITZERT, T.R.,DARIUS P.K. TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma – Evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism? **International Annual Euroma Conference-Gothenburg**, Sweden, 2009.

SUSAN, F.S. Achieving Breakthrough Improvements with the Application of Lean Six Sigma Tools and Principles Within Process Excellence **Labmedicine**. v.36, n 4. April 2005.

SWEENEY, M.T. ;SZWEJCZWSKI, M. Manufacturing strategy and performance: a study of the UK engineering industry, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 17 No. 1, pp. 25-40, 1996.

SWEENEY, M.T.; SZWEJCZWSKI, M. Generic manufacturing strategies among UK industries. **First World Conference on Production and Operations Management**, POMS, Sevilla, 2000.

SWINK, M.; WAY, M. H. Manufacturing strategy: propositions, current research, renewed directions. **International Journal of Operations e Production Management**, v. 15, n. 7, p. 4-26, 1995.

THOMAS, A. ; BARTON, R. ; OKAFOR, C. Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change. **Journal of Manufacturing Technology Management**. Vol. 20 No. 1, 2009. pp. 113-129

THOMPSON, S. W. Lean, TOC or Six Sigma: Which Tune Should a Company Dance To?? Society of Manufacturing Engineers. 2005. January 15, 2005. Disponível em:<<http://www.sme.org/cgi-bin/get-newsletter.pl?LEAN&20030811&1&>>.

TRANFIELD, D. DENYER, D. PALMINDER, S. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management** 14, 207–222, 2003.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER W. Design Research in information systems. Disponível em: <<http://www.isworld.org/ResearchDesign/drisISworld.htm>>. Acesso em: 22/3/2010.

UMBLE, M. M. ; SRIKANTH, M.L. **Synchronous Manufacturing: principles for world class excellence**. Cincinnati, South-Western, 1995.

VAN AKEN, J. Management research as a design science: articulating the research products of mode knowledge production in management. **British Journal of Management**, 2005.

VAN AKEN, J. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, 2004.

VICKERY, S.K. A theory of production competencies revisited. **Decision Science**, Vol. 24 No. 2, 1991.

VOSS, C. A. Alternative paradigms for manufacturing strategy. **International Journal of Operations e Production Management**, v. 15, n. 4, p. 5-16, 1995.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**, Porto Alegre, Bookman, 2ª edição. 2004.

MA YI-ZHONG, YUE GANG; WANG LI-LIN; REE, SANBOK. The Critical Success Factors of Six Sigma in China Manufacturing Industry. **The Asian Journal on Quality**. Vol. 9, No. 2 pp 39-56. 2007.

WACKER, J.G. A definition of theory: research guidelines for different theory-building research methods in operations management. **Journal of Operations Management**, n16, pg.361 – 385, 1998.

WACKER, J. G. A theory of formal conceptual definitions: developing theory-building measurement instruments, **Journal of Operations Management**, n.23 pg.629 – 650, 2004.

WARD, P.; BRICKFORD, D.J.; LEONG, G.K. Configurations of manufacturing strategy, business strategy, environment, and structure, **Journal of Management**, Vol. 22 No. 4, pp. 597-626, 1996.

WATSON, J.K ; PATTI, A. A comparison of JIT and TOC buffering philosophies on system performance with unplanned machine downtime. **International Journal of Production Research**, Vol. 46, No. 7, 1 April pp.1869–1885, 2008.

WHETTEN, D. A O que constitui uma contribuição teórica? Fórum desenvolvimento de teoria. ERA. Jul/set – 2003. p.69-73.

WOMACK, JAMES P. ; DANIEL, J. **A Mentalidade Enxuta**. Editora Campus, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WU, S ; WANG, S. ; BLOS, M.F. ; WEE, H.M. Can the big 3 overtake Toyota? **Journal of Advanced Manufacturing Systems** Vol. 6, No. 2 .145–157.2007.

ZIMMERMAN, J.P; WEISS, J. Six Sigma's seven deadly sins. Quality, January: 62–67. Disponível em: <http://www.qualitymag.com>. 2005. Acesso em 30/6/11.

APÊNDICE A – Pergunta aberta enviada aos sete especialistas TOC, sete Lean e sete Seis Sigma

Is a big pleasure contact you, I am Diego Pacheco a Masters Degree candidate . I am teacher in Bachelor Production Engineer and researcher in Operations Management. My University website is: www.unisinos.br and my academic page is: <http://lattes.cnpq.br/4781703358138277>.

I am making my tesis in Operations Management, ans it has the following steps: validation with experts (this step) =>global survey with experts=>hard statical analisys=>model. All final results of research will be send to experts after finish my work;

Now, I am consulting the big experts in Lean/TOC/Six Sigma to define the main Lean/TOC/Six Sigma practices and your opinion is very important to my thesis.

In your opinion are these the Current Mains Lean/TOC/Six Sigma Practices or are others? If in your opinion there are plus or less, please write in e-mail before answer me ;

Termo Coletivo	Conjunto de práticas
Just in time practices (100%) Production leveling (heijunka)	Pull system (kanban)
	Takted production
	Process synchronization
Resource reduction (100%)	Small lot production
	Waste elimination
	Setup time reduction
	Lead time reduction
	Inventory reduction
Human relations management (78%)	Team organization
	Cross training
	Employee involvement
Improvement strategies (100%)	Improvement circles
	Continuous improvement (kaizen)
	Root cause analysis (5 why)
Defects control (100%)	Autonomation (jidoka)
	Failure prevention (poka yoke)
	100% inspection
	Line stop (andon)
Supply chain management (78%)	Value stream mapping/flowcharting
	Supplier involvement
Standardization (100%)	Housekeeping (5S)
	Standardized work
	Visual control and management
Scientific management (100%)	Policy deployment (hoshin kanri)
	Time/work studies
	Multi manning
	Work force reduction
	Layout adjustments
	Cellular manufacturing
Bundled techniques (56%, 67%) control (SQC)	Statistical quality
	TPM/preventive maintenance

Fonte: Pettersen (2009).

Autor	Práticas Seis Sigma
Mehrjerdi (2011)	Ciclo DMAIC
	Ciclo DMADV
	Controle Estatístico de Processos
	Análise de Capabilidade de Processos
	Análise do Sistema de Medição
	Projeto de Experimentos
	Projeto Robusto
	QFD
	FMEA
	Análise de Regressão
	Análise de média e variância
	Teste de hipóteses
	Mapeamento de Processos

Fonte: Mehrjerdi (2011).

Autor	Práticas da TOC	
Inman et al. (2008)	Logística	5 etapas do Processo de Focalização
		Processo de Programação
		Tambor-Pulmão-Corda
		Gerenciamento de Buffer
		Análise VAT
	Sistema de Performance	Ganho, Inventário e Despesa Operacional
		Decisão do Mix de Produtos
		Ganho Dolar/dia e Inventário Dolar/dia
	Processo de Pensamento	Diagramas de Efeito-Causa-Efeito(ECE)
		Árvore da Realidade Atual
		Ramo Negativo
		Árvore da Realidade Futura
		Árvore dos Pré-requisitos
		Árvore de transição
		Auditoria (ECE)
Diagrama de nuvens		

Fonte: Inman, Sale e Green Jr. (2008).

Thank you for your help in my research and academic career.

You will receive my final thesis if wish, please let me know about it.

Best regards,

Diego A. de Jesus Pacheco

APÊNDICE B – Resultado consolidado das práticas validadas com especialistas a partir da análise dos estudos de Pettersen (2009) para Lean, Mehrjerdi (2011) para Seis Sigma e Inman, Sale e Green Jr. (2008) para TOC do APÊNDICE A.

<p>Conjunto de práticas atuais da TOC resultantes da validação com especialistas</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Scheduling process (DBR and S-DBR) 2.Critical Chain Project Management 3.TOC Replenishment for Distribution 4.Finance and Measurements 5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications) 6.TOC Thinking Process 7.Product mix decision (T,I and OE analysis) 8.I-V-A-T Analysis 9.Dynamic Buffer Management 10.Strategic Planning
<p>Conjunto de práticas atuais Lean resultantes da validação com especialistas</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization) 2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction) 3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, involvement) Employee 4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis , Kaizen events) 5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control) 6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement) 7.Standardization (Housekeeping and 5S, Standardized work, Visual control and management) 8.Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3) 9.Product management (Product Development Lean) 10.TPM (Total Productive Maintenance) 11.SMED 12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)
<p>Conjunto de práticas atuais do Seis Sigma resultantes da validação com especialistas</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Cicle DMAIC 2.Statistical process control 3.Cicle DMADV 4.Process capability analysis 5.Measurement system analysis(MSA) 6.Design of experiments(DOE) 7.QFD 8.FMEA 9.Regression analysis 10.Analysis of mean and variances 11.Hypothesis testing 12.Process mapping

APÊNDICE C – Formulário para especialistas TOC em inglês.

Experts validation - Master thesis: analysis Theory of Constraints(TOC) best practices x Manufacturing strategy

Dear,

Thanks again for your support of this Master thesis that seeks develop a model of continuous improvement to support the manufacturing strategy.

To advance in the search request your help to validate the understanding of the following questions about TOC best practices and their relationship with the competitive dimensions according Slack (2000): SLACK, N. The Manufacturing Advantage: Achieving Competitive Manufacturing Operations. 2ª ed. Cirencester: Management Books, 2000.

If you want to receive the final version of my thesis, please let me know by e-mail:

profdaip@gmail.com

Your opinion is very important for this research;
best regards, Prof. Diego Pacheco

Question 1 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following TOC practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Quality: "ability to deliver products according with design specifications" (Slack, 2000).

1.Scheduling process (DBR and S-DBR)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2.Critical Chain Project Management

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3.TOC Replenishment for Distribution

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4.Finance and Measurements

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)

1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

6.TOC Thinking Process

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

7.Product mix decision (T,I and OE analysis)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

8.I-V-A-T Analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9.Dynamic Buffer Management

8.I-V-A-T Analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9.Dynamic Buffer Management

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10.Strategic Planning

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 3 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following TOC practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Reliability: "fulfill the promises of delivery" (Slack, 2000).

1.Scheduling process (DBR and S-DBR)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2.Critical Chain Project Management

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3.TOC Replenishment for Distribution

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4.Finance and Measurements

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

6.TOC Thinking Process

0 1 2 3 4 5 6 7

5. Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

6. TOC Thinking Process

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

7. Product mix decision (T,I and OE analysis)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

B.I-V-A-T Analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9. Dynamic Buffer Management

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10. Strategic Planning

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 5 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following TOC Practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Costs: "offer products at lower costs than competitors" (Slack, 2000).

1. Scheduling process (DBR and S-DBR)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2. Critical Chain Project Management

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3. TOC Replenishment for Distribution

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3.TOC Replenishment for Distribution

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4.Finance and Measurements

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

6.TOC Thinking Process

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

7.Product mix decision (T,I and OE analysis)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

8.I-V-A-T Analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9.Dynamic Buffer Management

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10.Strategic Planning

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 6 - Finally, list their TOC practices with the greatest potential to leverage the following competitive dimensions.

	Quality	Velocity	Reliability	Flexibility	Costs
1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	<input type="radio"/>				
2.Critical Chain Project Management	<input type="radio"/>				
3.TOC Replenishment for Distribution	<input type="radio"/>				
4.Finance and Measurements	<input type="radio"/>				
5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)	<input type="radio"/>				
6.TOC Thinking Process	<input type="radio"/>				
7.Product mix decision (TJ and OE analysis)	<input type="radio"/>				
B.I-V-A-T Analysis	<input type="radio"/>				
9.Dynamic Buffer Management	<input type="radio"/>				
10.Strategic Planning	<input type="radio"/>				

Write here your comments or suggestions to the researcher on issues to be considered in the course of this research, regards.

Enviar

APÊNDICE D – Formulário para especialistas TOC em português

Validação com Especialistas: análise Theory of Constraints (TOC) best practices x Estratégia de Manufatura

Prezado,

Obrigado novamente por seu apoio a essa pesquisa de Mestrado que busca desenvolver um modelo de melhoria contínua para suportar a estratégia da manufatura.

Para avançar na pesquisa solicito sua ajuda para validar a compreensão das seguintes questões sobre as melhores práticas da TOC e sua relação com as dimensões competitivas segundo Slack (2000): SLACK, N. The Manufacturing Advantage: Achieving Competitive Manufacturing Operations. 2ª ed. Cirencester: Management Books, 2000.

Se desejar receber a versão final da minha dissertação, por favor me informe através do e-mail:

profdaip@gmail.com

um abraço,

Prof. Diego Pacheco

Questão 1 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas da TOC na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Qualidade: "capacidade de oferecer produtos em conformidade com as especificações de projeto" (SLACK, 2000).

1.Scheduling process (DBR and S-DBR)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

2.Critical Chain Project Management

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

3.TOC Replenishment for Distribution

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

4.Finance and Measurements

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

6.TOC Thinking Process

0 1 2 3 4 5 6 7

5. Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

6. TOC Thinking Process

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

7. Product mix decision (T,I and OE analysis)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

8. I-V-A-T Analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

9. Dynamic Buffer Management

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

10. Strategic Planning

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

Questão 3 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas da TOC na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Confiabilidade: " cumprir as promessas de prazo de entrega" (SLACK, 2000).

1. Scheduling process (DBR and S-DBR)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

2. Critical Chain Project Management

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

3. TOC Renenishment for Distribution

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
4.Finance and Measurements									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
6.TOC Thinking Process									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
7.Product mix decision (T,I and OE analysis)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
8.I-V-A-T Analysis									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
9.Dynamic Buffer Management									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
10.Strategic Planning									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
<p>Questão 4 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas da TOC na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Flexibilidade: " capacidade de adaptar ou reconfigurar a operação sempre que necessário e com rapidez adequada para atender às mudanças de demanda ou necessidades do sistema produtivo" (SLACK, 2000).</p> <p>1.Scheduling process (DBR and S-DBR)</p>									
	0	1	2	3	4	5	6	7	

Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
2.Critical Chain Project Management									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
3.TOC Replenishment for Distribution									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
4.Finance and Measurements									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
6.TOC Thinking Process									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
7.Product mix decision (T,I and OE analysis)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
8.I-V-A-T Analysis									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
9.Dynamic Buffer Management									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
10.Strategic Planning									

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

9.Dynamic Buffer Management

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

10.Strategic Planning

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

Questão 6 – Finalizando, relacione as respectivas práticas da TOC com maior potencial de alavancagem das seguintes dimensões competitivas.

	Qualidade	Velocidade	Confiabilidade	Flexibilidade	Custos
1.Scheduling process (DBR and S-DBR)	<input type="radio"/>				
2.Critical Chain Project Management	<input type="radio"/>				
3.TOC Replenishment for Distribution	<input type="radio"/>				
4.Finance and Measurements	<input type="radio"/>				
5.Marketing and Sales (Mafia Offer connected to other applications)	<input type="radio"/>				
6.TOC Thinking Process	<input type="radio"/>				
7.Product mix decision (T,I) and OE analysis)	<input type="radio"/>				
8.I-V-A-T Analysis	<input type="radio"/>				
9.Dynamic Buffer Management	<input type="radio"/>				
10.Strategic Planning	<input type="radio"/>				

Deixe aqui seus comentários ou sugestões ao pesquisador sobre questões a serem consideradas no andamento dessa pesquisa. Obrigado.

Enviar

APÊNDICE E – Formulário para especialistas *Lean Manufacturing* em inglês.

Experts validation - Master thesis: analysis Lean best practices x Manufacturing strategy

Dear,

Thanks again for your support of this Master thesis that seeks develop a model of continuous improvement to support the manufacturing strategy.

To advance in the search request your help to validate the understanding of the following questions about Lean best practices and their relationship with the competitive dimensions according Slack (2000): SLACK, N. The Manufacturing Advantage: Achieving Competitive Manufacturing Operations. 2^a ed. Cirencester: Management Books, 2000.

If you want to receive the final version of my thesis, please let me know by e-mail:

profdajp@gmail.com

Your opinion is very important for this research;
best regards, Prof. Diego Pacheco

Question 1 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following Lean best practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Quality: "ability to deliver products according with design specifications" (Slack, 2000).

1. Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2. Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3. Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4. Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis , Kaizen events)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5. Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon, Statistical Quality Control)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

6. Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

7. Standardization (Housekeeping and 5S, Standardized work, Visual control and management)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

8. Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9. Product management (Product Development Lean)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10.TPM (Total Productive Maintenance)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

11.SMED

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 2 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following Lean best practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Velocity: "make the time between placing an order and product delivery to the customer less than the time of their competitors"(Slack, 2000).

1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis, Kaizen events)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5.Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)

0 1 2 3 4 5 6 7

7. Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

8. Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9. Product management (Product Development Lean)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10. TPM (Total Productive Maintenance)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

11. SMED

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

12. Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 5 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following Lean best practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Costs: "offer products at lower costs than competitors" (Slack, 2000).

1. Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2. Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3. Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis, Kaizen events)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5.Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon Statistical Quality Control)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

8.Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9.Product management (Product Development Lean)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10.TPM (Total Productive Maintenance)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

11.SMED

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 6 - Finally, list their Lean practices with the greatest potential to leverage the following competitive dimensions.

	Quality	Velocity	Reliability	Flexibility	Costs
1..Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	<input type="radio"/>				
2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	<input type="radio"/>				
3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	<input type="radio"/>				
4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis , Kaizen events)	<input type="radio"/>				
5.Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon, Statistical Quality Control)	<input type="radio"/>				
6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	<input type="radio"/>				
7.Standardization (Housekeeping /5S, Standardized work, Visual control and management)	<input type="radio"/>				
8.Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)	<input type="radio"/>				
9.Product management (Product Development Lean)	<input type="radio"/>				
10.TPM (Total Productive Maintenance)	<input type="radio"/>				
11.SMED	<input type="radio"/>				
12.Flow improvements(Waste elimination, Lead time reduction)	<input type="radio"/>				

Write here your comments or suggestions to the researcher on issues to be considered in the course of this research, regards.

Enviar

APÊNDICE F – Formulário para especialistas *Lean Manufacturing* em português.

Validação com Especialistas: análise Lean Manufacturing best practices x Estratégia de Manufatura

Prezado,

Obrigado novamente por seu apoio a essa pesquisa de Mestrado que busca desenvolver um modelo de melhoria contínua para suportar a estratégia da manufatura.

Para avançar na pesquisa solicito sua ajuda para validar a compreensão das seguintes questões sobre as melhores práticas Lean e sua relação com as dimensões competitivas segundo Slack (2000): SLACK, N. *The Manufacturing Advantage: Achieving Competitive Manufacturing Operations*. 2ª ed. Cirencester: Management Books, 2000.

Se desejar receber a versão final da minha dissertação, por favor me informe através do e-mail:

profdaip@gmail.com

um abraço,

Prof. Diego Pacheco

*Obrigatório

Questão 1 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas Lean na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Qualidade: "capacidade de oferecer produtos em conformidade com as especificações de projeto" (SLACK, 2000). *

1. Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

2. Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

3. Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Altíssima prioridade

4. Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis , Kaizen events)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

5. Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon, Statistical Quality Control)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

6. Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
7.Standardization (Housekeeping and 5S, Standardized work, Visual control and management)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
8.Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
9.Product management (Product Development Lean)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
10.TPM (Total Productive Maintenance)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
11.SMED									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
Questão 2 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas Lean na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Velocidade: " tornar o tempo entre a colocação de um pedido e a entrega do produto ao cliente menor do que o tempo dos concorrentes" (SLACK, 2000).									
1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	

Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis, Kaizen events)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
8.Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
9.Product management (Product Development Lean)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
10.TPM (Total Productive Maintenance)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

11.SMED

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

Questão 3 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas Lean na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Confiabilidade: " cumprir as promessas de prazo de entrega" (SLACK, 2000).

1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takted production, Process synchronization)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis, Kaizen events)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

5.Defects control(Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon,Statistical Quality Control)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

6.Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

7.Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
8.Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
9.Product management (Product Development Lean)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
10.TPM (Total Productive Maintenance)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
11.SMED									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
Questão 4 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas Lean na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Flexibilidade: " capacidade de adaptar ou reconfigurar a operação sempre que necessário e com rapidez adequada para atender às mudanças de demanda ou necessidades do sistema produtivo" (SLACK, 2000).									
1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)									

12. Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

Questão 5 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas Lean na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Custos: " oferecer produtos a custos mais baixos do que os concorrentes" (SLACK, 2000).

1. Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takted production, Process synchronization)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

2. Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

3. Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

4. Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis, Kaizen events)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

5. Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon, Statistical Quality Control)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

6. Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

7. Standardization (Housekeeping/5S, Standardized work, Visual control and management)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

8. Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
9.Product management (Product Development Lean)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
10.TPM (Total Productive Maintenance)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
11.SMED									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
12.Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
Questão 6 – Finalizando, relacione as respectivas práticas Lean com maior potencial de alavancagem das seguintes dimensões competitivas.									
	Qualidade	Velocidade	Confiabilidade	Flexibilidade	Custos				
1.Just in time practices (Heijunka, Pull system, Takt production, Process synchronization)	<input type="radio"/>								
2.Inventory reduction (Small lot production, Inventory reduction)	<input type="radio"/>								
3.Human relations management (Gemba Walk, Team organization, Cross training, Employee involvement)	<input type="radio"/>								
4.Improvement strategies (Improvement circles, Continuous improvement philosophy, Root cause analysis , Kaizen events)	<input type="radio"/>								
5.Defects control (Jidoka, Poka Yoke, 100% inspection, Line stop/andon, Statistical	<input type="radio"/>								

	Qualidade	Velocidade	Confiabilidade	Flexibilidade	Custos
Quality Control)					
6. Lean Supply Chain Management (Value stream mapping / flowcharting, Supplier involvement)	<input type="radio"/>				
7. Standardization (Housekeeping /5S, Standardized work, Visual control and management)	<input type="radio"/>				
8. Strategic management (Policy deployment, Hoshin Kanri, A3)	<input type="radio"/>				
9. Product management (Product Development Lean)	<input type="radio"/>				
10. TPM (Total Productive Maintenance)	<input type="radio"/>				
11. SMED	<input type="radio"/>				
12. Flow improvements (Waste elimination, Lead time reduction)	<input type="radio"/>				

Deixe aqui seus comentários ou sugestões ao pesquisador sobre questões a serem consideradas no andamento dessa pesquisa. Obrigado.

7.FMEA

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

8.Regression analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9.Analysis of mean and variances

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10.Hypothesis testing

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

11.Process mapping

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

12.Cicle DMADV

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 2 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following Six Sigma practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Velocity: "make the time between placing an order and product delivery to the customer less than the time of their competitors"(Slack, 2000).

1.Cicle DMAIC

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2.Statistical process control

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3.Process capability analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4.Measurement system analysis (MSA)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5.Design of experiments (DOE)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

6.QFD

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

7.FMEA

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

8.Regression analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

9.Analysis of mean and variances

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10.Hypothesis testing

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

11.Process mapping

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

12.Cicle DMADV

0 1 2 3 4 5 6 7

9. Analysis of mean and variances

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

10. Hypothesis testing

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

11. Process mapping

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

12. Cycle DMADV

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 4 - Indicate the priority should be given in the implementation of the following Six Sigma practices in manufacturing, for the company to improve its performance in the competitive dimension Flexibility: "ability to adapt or reconfigure the Operation whenever necessary and with appropriate speed to meet the rapid changes demands or needs of the productive system" (Slack, 2000).

1. Cycle DMAIC

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

2. Statistical process control

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

3. Process capability analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

4. Measurement system analysis (MSA)

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

5. Design of experiments (DOE)

11. Process mapping

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

12. Cycle DMADV

0 1 2 3 4 5 6 7

No priority Highest priority

Question 6 - Finally, list the Six Sigma practices with the greatest potential to leverage the following competitive dimensions.

	Quality	Velocity	Reliability	Flexibility	Costs
1. Cycle DMAIC	<input type="radio"/>				
2. Statistical process control	<input type="radio"/>				
3. Process capability analysis	<input type="radio"/>				
4. Measurement system analysis (MSA)	<input type="radio"/>				
5. Design of experiments (DOE)	<input type="radio"/>				
6. QFD	<input type="radio"/>				
7. FMEA	<input type="radio"/>				
8. Regression analysis	<input type="radio"/>				
9. Analysis of mean and variances	<input type="radio"/>				
10. Hypothesis testing	<input type="radio"/>				
11. Process mapping	<input type="radio"/>				
12. Cycle DMADV	<input type="radio"/>				

Write here your comments or suggestions to the researcher on issues to be considered in the course of this research, regards.

7.QFD

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

8.FMEA

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

9.Regression analysis

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

10.Analysis of mean and variances

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

11.Hypothesis testing

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

12.Process mapping

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

Questão 2 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas do Six Sigma na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Velocidade: " tornar o tempo entre a colocação de um pedido e a entrega do produto ao cliente menor do que o tempo dos concorrentes" (SLACK, 2000).

1.Cicle DMAIC

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

2.Statistical process control

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

3.Cicle DMADV

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
4.Process capability analysis									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
5.Measurement system analysis(MSA)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
6.Design of experiments(DOE)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
7.QFD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
8.FMEA									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
9.Regression analysis									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
10.Analysis of mean and variances									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
11.Hypothesis testing									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

12.Process mapping									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
Questão 3 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas do Six Sigma na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Confiabilidade: " cumprir as promessas de prazo de entrega" (SLACK, 2000).									
1.Cicle DMAIC									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
2.Statistical process control									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
3.Cicle DMADV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
4.Process capability analysis									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
5.Measurement system analysis(MSA)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
6.Design of experiments(DOE)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
7.QFD									
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							
8.FMEA									
	0	1	2	3	4	5	6	7	

5.Measurement system analysis(MSA)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

6.Design of experiments(DOE)

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

7.QFD

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

8.FMEA

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

9.Regression analysis

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

10.Analysis of mean and variances

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

11.Hypothesis testing

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

12.Process mapping

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

Questão 5 - Indique a prioridade que deveria ser dada na implantação das seguintes práticas Six Sigma na manufatura, para que a empresa melhore seu desempenho na dimensão competitiva Custos: " oferecer produtos a custos mais baixos do que os concorrentes" (SLACK, 2000).

1.Ciclo DMAIC

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

2.Statistical process control

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

3.Cicle DMADV

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

4.Process capability analysis

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

5.Measurement system analysis(MSA)

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

6.Design of experiments(DOE)

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

7.QFD

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

8.FMEA

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

9.Regression analysis

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma prioridade	<input type="radio"/>	Mais alta prioridade							

10. Analysis of mean and variances

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

11. Hypothesis testing

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

12. Process mapping

0 1 2 3 4 5 6 7

Nenhuma prioridade Mais alta prioridade

Questão 6 – Finalizando, relacione as respectivas práticas Six Sigma com maior potencial de alavancagem das seguintes dimensões competitivas.

	Qualidade	Velocidade	Confiabilidade	Flexibilidade	Custo
1. Cycle DMAIC	<input type="radio"/>				
2. Statistical process control	<input type="radio"/>				
3. Cycle DMADV	<input type="radio"/>				
4. Process capability analysis	<input type="radio"/>				
5. Measurement system analysis (MSA)	<input type="radio"/>				
6. Design of experiments (DOE)	<input type="radio"/>				
7. QFD	<input type="radio"/>				
8. FMEA	<input type="radio"/>				
9. Regression analysis	<input type="radio"/>				
10. Analysis of mean and variances	<input type="radio"/>				
11. Hypothesis testing	<input type="radio"/>				
12. Process mapping	<input type="radio"/>				

Deixe aqui seus comentários ou sugestões ao pesquisador sobre questões a serem consideradas no andamento dessa pesquisa. Obrigado.

Enviar

APÊNDICE J – Caracterização detalhada da Tabela 4, referente à amostra pesquisada pelo Survey.

Especialistas Nacionais

Abordagem	Perfil	Amostra	Total
TOC	Mestre	10	32
	Doutor	21	
	Pós Doutor	1	
Lean	Mestre	4	71
	Doutor	59	
	Pós Doutor	8	
Seis Sigma	Mestre	3	80
	Doutor	72	
	Pós Doutor	5	

TOC		Lean		Seis Sigma	
Insituição	Qt	Insituição	Qt	Insituição	Qt
FEG-UNESP	2	PUC-PR	4	PUCPR	1
FGV	3	UENF	3	PUC-RIO	2
UENF	1	UFF	2	UENF	2
UFCAR	3	UFPE	1	UFF	6
UFMG	1	UFRGS	7	UFOP	1
PUC-RS	1	UFRJ	3	UFPE	1
UFRJ	4	UFSC	6	UFRGS	8
UFMG	1	UFSCAR	11	UFRJ	1
UFRJ	1	UNESP	2	UFSC	6
UNIMEP	3	UNIFEI	1	UFSCAR	10
UNINOVE	3	UNINOVE	3	UFSM	4
UNISINOS	7	UNIP	2	UNESP	4
UNILASALE	1	UNISINOS	3	UNIFEI	4
USP	1	USP	12	UNIMEP	3
		USP-SAO CARLOS	5	UNINOVE	3
		UFSM	3	UNIP	1
		UNIMEP	1	UNISC	2
		UFF	2	UNISINOS	4
				USP	17
Total	32		71		80

**Especialistas Internacionais: Localização dos artigos publicados pelos autores
para os quais a Survey foi enviada.**

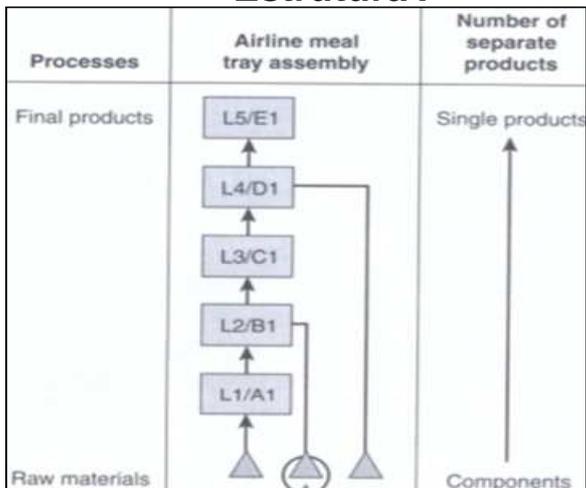
TOC	Quantidade
Journal of Operations Management	15
International Journal of Production Research	12
Expert Systems with Applications	9
International Journal of Operations & Production Management	9
TOC Group Consulting	9
2010 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization	7
International Journal of Productivity and Performance Management	6
Int. J. Production Economics	4
Business Horizons	3
Business Strategy and the Environment	3
Inter J Adv Manuf Technol	3
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	3
Journal of Materials Processing Technology	3
Key engineering materials	3
Production Planning & Control	3
2009 IEEE	2
Front. Mech. Eng. China	2
Human Systems Management	2
International Conference on Transportation Engineering 2007	2
MANUFACTURING & SERVICE OPERATIONS MANAGEMENT	2
2007 IEEE	1
2010 IEEE	1
BULLETIN OF THE POLISH ACADEMY OF SCIENCES	1
Business Process Management Journal	1
IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT	1
International Journal of Accounting and Information Management	1
International Journal of Industrial Engineering	1
J Intell Manuf	1
J. Shanghai Jiaotong Univ.	1
Journal of Advances in Management Research	1
Research . Technology Management	1
The Asian Journal on Quality	1
	114

Lean	Quantidade
Int. J. Production Economics	13
Journal of Operations Management	13
Journal of Manufacturing Technology Management	8
Lean Enterprise Institute	7
International Journal of Production Economics	6
International Journal of Production Research	5
Journal of Advanced Manufacturing Systems	5
European Journal of Operational Research	3
International Journal of Lean Six Sigma	3
Decision Sciences	2
International Journal of Operations & Production Management	5
MANUFACTURING & SERVICE OPERATIONS MANAGEMENT	2
2010 Northeast Decision Sciences Institute Proceedings	1
37 th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference	1
Int. J. Production Economics	1
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	1
Management Research News	1
Omega	1
Supply Chain Management: An International Journal	1
The Icfai University Journal of Operations Management	1
The International Journal of Logistics Management	1
The TQM Journal	1
	82

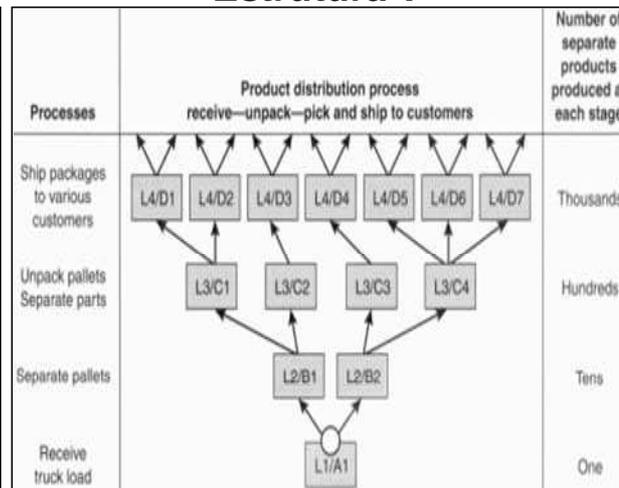
Seis Sigma	Quantidade
Journal of Operations Management	12
International Journal of Production Economics	12
International Journal of Lean Six Sigma	7
Total Quality Management	5
International Journal of Operations & Production Management	4
International Journal of Quality & Reliability Management	4
Journal of Operations Management	4
Six Sigma Expert Consulting	4
International Journal of Production Research	3
Quality and Reliability Engineering International	3
Expert Systems with Applications	2
Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage	2
International Journal of Productivity and Performance Management	2
Journal of High Technology Management Research	2
Journal of Manufacturing Technology Management	2
Journal of Modeling in Management	2
TECHNOVATION	2
The TQM Magazine	2
Computers & Industrial Engineering	1
International Journal of Project Management	1
International Journal of Quality & Reliability Management	1
Journal of Management Development	1
Qual. Reliab. Engng. Int.	1
	79

APÊNDICE H – Pontos de controle para análise IVAT segundo Pirasteh e Fox (2010).

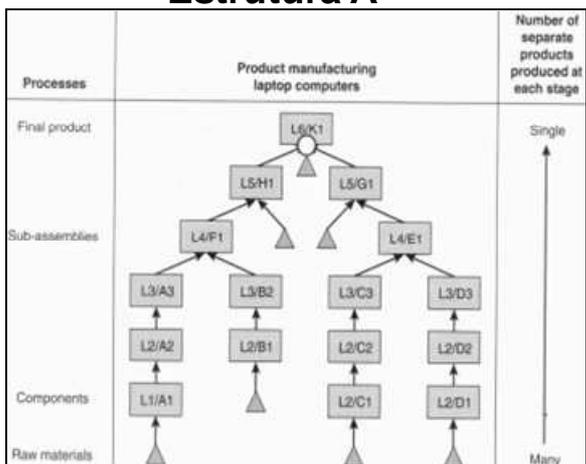
Estrutura I



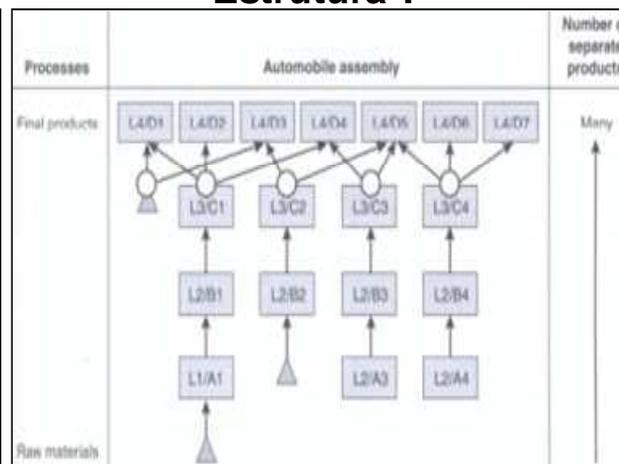
Estrutura V



Estrutura A



Estrutura T



○ Ponto de Controle

▲ Matéria-prima